



**Cleberton Correia Santos**  
(Organizador)

---

**Estudos Interdisciplinares  
nas Ciências e da Terra  
e Engenharias 4**

---

Cleberton Correia Santos  
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências  
Exatas e da Terra e Engenharias 4

Atena Editora  
2019

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

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

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

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

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

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

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

### **Conselho Técnico Científico**

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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 4 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 4)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-622-5 DOI 10.22533/at.ed.225191109</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</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

O livro “Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 4º volume 37 capítulos com temáticas voltadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCOS DE INUNDAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE PONTE NOVA – MG	
Anderson Nascimento Milagres Gian Fonseca dos Santos Danilo Segall César Yann Freire Marques Costa Klinger Senra Rezende Alixandre Sanquetta Laporti Luppi Adonai Gomes Fineza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
MUTAGÊNESE DA LEVEDURA <i>Candida viswanathii</i> PARA A PRODUÇÃO DE ENZIMAS LIPOLÍTICAS	
Luiz Renato Lima Silva Miranda Nayra Morgana Lima De Oliveira Erika Carolina Vieira Almeida Adriana Augusta Neto Alex Fernando De Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
A RELAÇÃO ENTRE PROGRAMAS DE DESENVOLVIMENTO DE LIDERANÇA E O CAPITAL SOCIAL NAS ORGANIZAÇÕES	
Bruno Henriques Watté Márcio Vieira de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>34</b>
BRUNIMENTO FLEXÍVEL DE CILINDROS DE BLOCOS DE COMPRESSORES HERMÉTICOS: AVALIAÇÃO DO EFEITO DA GRANULOMETRIA E DO NÚMERO DE GOLPES DA FERRAMENTA NO PARÂMETRO DE RUGOSIDADE $R_p$	
Guilherme Henrique Caetano Barros Rosenda Valdés Arencibia Luciano José Arantes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>41</b>
ANÁLISE DA ACELERAÇÃO POR EXTRAPOLAÇÃO DA FONTE DE FISSÃO CONSIDERANDO A TEORIA DE DIFUSÃO DE NEUTRONS EM REATORES NUCLEARES	
Andrey Silva Pontes Henrique Matheus Ferreira da Silva Lenilson Moreira Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911095</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>51</b>
ANÁLISE DE DESEMPENHO E AVALIAÇÃO DOS PROTOCOLOS DE REDES DE SENSORES SEM FIO EM <i>SMART GRIDS</i>	
Álison De Oliveira Alves	
Felipe Denis Mendonça De Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911096</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>64</b>
SÍNTESE DE COMPOSTOS HÍBRIDOS PERILIL-DIHIDROPIRIMIDINONAS ATRAVÉS DA REAÇÃO DE HUISGEN COM FORMAÇÃO DE ANÉIS 1,2,3-TRIAZÓLICOS	
Vinícius Vendrusculo	
Dennis Russowsky	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911097</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>74</b>
ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICAS DA CASTANHOLA	
Jonas Soares de Mesquita	
Davi Pereira Araújo	
Maria Carolina Martins da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911098</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>81</b>
USO DE CATALISADORES DE NÍQUEL PARA A RESOLUÇÃO CINÉTICA DINÂMICA DE AMINAS PRIMÁRIAS	
Fernanda Amaral de Siqueira	
Natália Cavallaro Martins de Sousa	
Sania Maria de Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911099</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>92</b>
AVALIANDO EM MATEMÁTICA: UM ESTUDO DE CASO NO CENTRO-OESTE MINEIRO	
Patrícia Milagre de Freitas	
Leandro Teles Antunes dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110910</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>102</b>
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO EM TRABALHADORES DA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Andre Luis Martins De Souza	
Renata Evangelista	
Alexandre Bueno	
Ronaldo Marques	
Serigne Ababacar	
Felipe Rogério	
Hudson Luis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110911</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 111**

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE UM SOLO RESIDUAL DE GNAISSE MADURO ESTABILIZADO COM LAMA DE CAL

Danilo Segall César  
Yann Freire Marques Costa  
Anderson Nascimento Milagres  
Gian Fonseca dos Santos  
Eduardo Souza Candido  
Klinger Senra Rezende  
Adonai Gomes Fineza

**DOI 10.22533/at.ed.22519110912**

**CAPÍTULO 13 ..... 122**

AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS: ESTUDO DE CASO COM PILHAS ALCALINAS

Pedro Luiz Dias Barroso  
Julia Santos Caetano  
Jean Pierre Sayago  
Joeci Ricardo Godoi  
Rodrigo Souza Banegas  
Letícia Flohr

**DOI 10.22533/at.ed.22519110913**

**CAPÍTULO 14 ..... 132**

CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE FILMES DE PAADDA/PSS E PDDA/PSS PREPARADOS POR LAYER-BY-LAYER

Samanta Costa Machado Silva  
Jorge Amim Júnior  
Ana Lucia Shiguihara

**DOI 10.22533/at.ed.22519110914**

**CAPÍTULO 15 ..... 144**

COMPOSIÇÃO QUÍMICA, FENÓIS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DAS FOLHAS DE *Simaba ferruginea*

Jessica Sara de Sousa Macêdo Oliveira  
Lucivania Rodrigues dos Santos  
Adonias Almeida Carvalho  
Renato Pinto de Sousa  
Gerardo Magela Vieira Júnior  
Ruth Raquel Soares de Farias  
Mariana Helena Chaves

**DOI 10.22533/at.ed.22519110915**

**CAPÍTULO 16 ..... 157**

DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS ALCALINAMENTE ATIVADOS PARA MITIGAÇÃO DA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO: AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS, FÍSICAS E QUÍMICAS

Jocélio Jairo Vieira Filho  
Kelly Cristiane Gomes  
Williamns Tadeu de Oliveira Lins Belo

**DOI 10.22533/at.ed.22519110916**

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>183</b>
ESTRUTURA AXIOMÁTICA DO ORIGAMI: UMA ABORDAGEM DOS POLIEDROS REGULARES NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA	
Anita Lima Pimenta Eliane Scheid Gazire	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110917</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>193</b>
ESTUDO DO EFEITO DOS PARÂMETROS DE PROJETO DE BICOS EXTRUSORES EM BIOIMPRESSÃO UTILIZANDO FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL	
Patrícia Muniz de Oliveira Isabela Poley Estevam Barbosa Las Casas Marina Spyer Las Casas Janaina Dernowsek	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110918</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>205</b>
IMPACTO DA RESOLUÇÃO HORIZONTAL NA SIMULAÇÃO DOS JATOS DE BAIXOS NÍVEIS NA AMÉRICA DO SUL USANDO O MODELO GLOBAL DO CPTEC	
Dayana Castilho de Souza Paulo Yoshio Kubota Silvio Nilo Figueroa Enver Manuel Amador Ramirez Gutierrez Caio Augusto dos Santos Coelho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110919</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>218</b>
<i>LESSON STUDY</i> : UMA ADAPTAÇÃO PARA O BRASIL	
Renata Camacho Bezerra Maria Raquel Miotto Morelatti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110920</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>226</b>
MICROSCOPIA DE DESFOCALIZAÇÃO COMO UMA FERRAMENTA DE ESTUDO DE PROPRIEDADES MORFOLÓGICAS E MECÂNICAS DE ERITRÓCITOS	
Paula M. S. Roma Luiza C. Mourão Marcelo P. Bemquerer Erika M. Braga Ubirajara Agero	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110921</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>232</b>
PENSAMENTO ALGÉBRICO E SUA APLICAÇÃO EM EQUAÇÕES LINEARES	
Fábio Mendes Ramos Fabricia Gracielle Santos Daniel Martins Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110922</b>	

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>243</b>
ENSINO DE QUÍMICA VERSUS TICs: RETRATO DE PUBLICAÇÕES BRASILEIRAS	
Eleonora Celli Carioca Arenare	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110923</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>253</b>
PREPARAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE BLENDS DE PHB/PC	
Francielle Schmitz	
Carolina de Andrade	
Ivonete Oliveira Barcellos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110924</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>267</b>
RESINAS DE POLIÉSTER INSATURADO E SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE EMBARCAÇÕES EM FIBERGLASS	
Patricia Reis Pinto	
Sérgio da Silva Feitosa	
Alaíde de Sá Barreto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110925</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>277</b>
APLICAÇÃO DO MÉTODO DA PENALIZAÇÃO ROBUSTA PARA ANÁLISE DE PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO MULTI-OBJETIVO	
Gustavo Barbosa Libotte	
Fran Sérgio Lobato	
Francisco Duarte Moura Neto	
Gustavo Mendes Platt	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110926</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>289</b>
SÍNTESE DE FASE SÓLIDA HÍBRIDA MOLECULARMENTE IMPRESSA PARA EXTRAÇÃO DE CAFEÍNA EM AMOSTRAS ÁGUA SUPERFICIAL	
Fabiana Casarin	
Camila Santos Dourado	
Ana Cristi Basile Dias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110927</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>302</b>
SOLUÇÃO ANALÍTICA DE PROBLEMA BIDIMENSIONAL DE CONDUÇÃO DE CALOR UTILIZANDO FUNÇÕES DE GREEN	
José Aguiar dos Santos Junior	
José Ricardo Ferreira Oliveira	
Eduardo Peixoto de Oliveira	
Guilherme Ramalho Costa	
Jefferson Gomes Do Nascimento	
Alisson Augusto Azevedo Figueiredo	
Gilmar Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110928</b>	

**CAPÍTULO 29 ..... 310**

TAXAS DE FREQUÊNCIA E GRAVIDADE DOS ACIDENTES OCORRIDOS EM UM GRUPO DE PROPRIEDADES CAFEEIRAS CERTIFICADAS

Rafael Augusto Silva Souza  
Geraldo Gomes de Oliveira Júnior  
Armando Mendes Nogueira  
Raphael Nogueira Rezende  
Agda Silva Prado Oliveira  
Adriano Bortolotti da Silva  
Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho

**DOI 10.22533/at.ed.22519110929**

**CAPÍTULO 30 ..... 315**

UM SISTEMA COLABORATIVO DE INCENTIVO A DOAÇÃO DE SANGUE

Alúcio José Pereira  
Fábio Abrantes Diniz  
Elder Gonçalves Pereira  
Francisco Paulo de Freitas Neto  
Elissandra Cheu Pereira do Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.22519110930**

**CAPÍTULO 31 ..... 329**

UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE NÚMEROS DECIMAIS NO 5º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Cristiana Monique Feltes Sivert  
Cassiano Scott Puhl

**DOI 10.22533/at.ed.22519110931**

**CAPÍTULO 32 ..... 339**

ESTUDO DA VIABILIDADE NO DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM CULTIVOS DE ORGANISMOS AQUÁTICOS: APLICAÇÃO INICIAL EM VIVEIROS ESCAVADOS

Wilmar Borges Leal Junior  
Fabiano Medeiros Tavares  
Ítalo Cordeiro Silva Lima  
Delfim Dias Bonfim  
Lucyano Campos Martins  
Nailson Martins Dantas Landim  
Haryson Huan Arruda da Silva Santos  
Douglas Ferreira Chaves

**DOI 10.22533/at.ed.22519110932**

**CAPÍTULO 33 ..... 349**

REGRESSÃO POLINOMIAL E REDES NEURAS ARTIFICIAIS NA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS

Carlos Augusto Zilli  
Luiz Fernando Palin Droubi  
Norberto Hochheim

**DOI 10.22533/at.ed.22519110933**

**CAPÍTULO 34 ..... 363**

ANALISE DE RECALQUES NO CONTORNO RODOVIÁRIO DA GRANDE FLORIANÓPOLIS

Wagner de Sousa Santos  
Amanda Morlos

**DOI 10.22533/at.ed.22519110934**

<b>CAPÍTULO 35 .....</b>	<b>376</b>
SIMULAÇÃO DA ESTABILIDADE DE UM TÚNEL EM MACIÇO ROCHOSO	
Yann Freire Marques Costa	
Danilo Segall César	
Gian Fonseca dos Santos	
Anderson Nascimento Milagres	
Klinger Senra Rezende	
Adonai Gomes Fineza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110935</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>387</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>388</b>

## SIMULAÇÃO DA ESTABILIDADE DE UM TÚNEL EM MACIÇO ROCHOSO

### **Yann Freire Marques Costa**

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa.

Viçosa – Minas Gerais

### **Danilo Segall César**

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa.

Viçosa – Minas Gerais

### **Gian Fonseca dos Santos**

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa.

Viçosa – Minas Gerais

### **Anderson Nascimento Milagres**

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa.

Viçosa – Minas Gerais

### **Klinger Senra Rezende**

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa.

Viçosa – Minas Gerais

### **Adonai Gomes Fineza**

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa.

Viçosa – Minas Gerais

**RESUMO:** O processo de escavação de um túnel é uma etapa de grande importância e responsabilidade para se dar a sequência na construção, já que durante o processo de remoção do material presente no interior do túnel, ocorre um alívio de tensões nas paredes ao entorno do local perfurado, o que conseqüentemente pode desestabilizar o material que ainda se mantém intacto nas paredes laterais e na porção superior do túnel.

Sendo assim, o processo de estabilização deste maciço é de grande importância para a questão de segurança dos funcionários e futuros usuários. O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise de estabilidade em túnel fictício, de acordo com dados pré-definidos referente aos parâmetros do maciço rochoso. Para se realizar o estudo de estabilidade, foi utilizado o software Unwedge 3.0 do pacote Rocscience, onde o programa utilizado gerou 10 combinações distintas das regiões instáveis, cada combinação possuindo 3 juntas, de 5 utilizadas no trabalho; sendo possível criar uma análise entre estas combinações, para definir qual a melhor estrutura de contenção necessária para solucionar o problema e redefinir a estabilidade do maciço. Após a análise dos locais instáveis, foram definidos dois mecanismos para gerar a estabilidade da região, como opção de cravamento de tirantes de aço no corpo do material rochoso e a utilização de camadas de concreto projetado. Com a utilização destes dois métodos de obras de contenção, pode-se observar que os locais que se encontravam instáveis se tornaram estáveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto projetado, escavação, geotecnia, rocscience, tirantes.

SIMULATION OF THE STABILITY OF A

**ABSTRACT:** The process of excavating a tunnel is a stage of great importance and responsibility to give a sequence in the construction, since during the process of removal of the material not inside the tunnel, there is a relief of tensions in the walls surrounding the perforated site. This can consequently destabilize the material that is still held intact in the side walls and in the upper portion of the tunnel. Therefore, the stabilization process of this massif is of great importance for the safety issue of employees and futures. The present work has as objective to perform a stability analysis in a fictitious tunnel, according to previous data concerning the parameters of the rocky massif. In order to perform the stability study, we used the Unwedge software of the Rocscience package, where the program used generated 10 different combinations of the unstable regions, each type of composition that has 3 joints, of 5 in no work; It is difficult to create an analysis between these combinations to define the best containment structure needed to solve the problem and redefine the stability of the massif. After analysis of the unstable sites, two mechanisms were defined to generate the stability of the region, as an option for crimping of non-body steel rods of the rock material and a use of layers of projected concrete. With a use of the two methods of containment works, it can be seen that the sites that were unstable became stable.

**KEYWORDS:** Bolt, excavation, geotechnics, rocscience, shotcrete.

### 1 | INTRODUÇÃO

Na engenharia civil, a construção de túneis e obras subterrâneas sempre foi particularmente afetada por incidentes, nomeadamente colapsos com consequências trágicas, a que nos últimos anos se tem dado uma maior importância. O elevado grau de incerteza que caracteriza este tipo de obra, devido à variável e complexa envolvente geológica, pode muitas vezes sujeitá-la a problemas que colocam em risco a sua estabilidade e conseqüentemente a sua segurança e sustentabilidade econômica. A análise destes incidentes e a preocupação de mitigar as suas consequências conduziu a que, organizações internacionais, particularmente as grandes empresas seguradoras, dirigissem a sua atenção para o problema, a ponto de desenvolverem procedimentos adequados à gestão dos riscos que estas obras envolvem (GOMES, 2012).

Segundo de Carvalho (1995), a construção de um túnel provoca perturbações no maciço modificando o estado de tensões naturais, e conseqüentemente, originando deslocamentos na região circunvizinha a este. O estudo de padrões de deslocamento visa a melhor compreensão do comportamento do maciço durante e após a escavação, verificando os principais fatores de influência e desenvolvendo métodos para a previsão de deslocamentos. A intensidade e a forma destas perturbações serão diretamente influenciadas pelas características do maciço, geometria de escavação, qualidade de construção e as condições de contorno.

As características do maciço normalmente não podem ser escolhidas, pois os túneis geralmente são locados em função do traçado, podendo acarretar em condições geológicas pouco favoráveis. Entretanto, nas últimas décadas têm-se experimentado um grande desenvolvimento nas técnicas de estabilização e reforço das condições do maciço a ser escavado. A geometria da escavação, geralmente de grande porte em obras do sistema viário, deve considerar o estado de tensões in-situ do maciço, buscando formas que evitem concentrações de tensões. O método de escavação, o sistema de parcialização e a velocidade de avanço são fatores determinantes na qualidade da construção, influenciando o grau de deslocamento no maciço. A profundidade relativa do eixo do túnel, a condição de água subterrânea, a presença nas proximidades de superestruturas ou outras obras subterrâneas, constituirão importantes condições de contorno, as quais deverão ser consideradas no projeto do túnel (DE CARVALHO, 1995).

Um dos processos mais importantes na construção de túneis é a definição do método que será utilizado para o desmonte de rocha que está presente no interior de maciço rochoso, a fim de conseguir liberar área para o traçado desejado. Com o objetivo de escavação dos túneis, ainda predominam as técnicas da metodologia tradicional, denominada mundialmente como metodologia D&B – *Drill and Blast* (perfuração e detonação). Este método é subdividido entre: plano de fogo, perfuração da rocha, carregamento dos explosivos e controle de vibração/sismografia.

Sendo realizado o processo de escavação, o novo arranjo de estabilidade do maciço está completamente ligado ao modelo de orientação, direção de mergulho dos planos de atitude da rocha e das descontinuidades presentes na estrutura. Fontinhas (2009), diz que são essas descontinuidades que governam em regra o comportamento mecânico do maciço, pois são as estruturas menos resistentes, designadas nas situações de ruptura relacionadas com deslizamentos verificados ao longo de superfícies de anisotropia bem definidas.

A avaliação da atitude das descontinuidades, que é normalmente definida por esses dois parâmetros (*strike e dip*), permite identificar as famílias de descontinuidades singulares, que são determinantes no estudo dos problemas de estabilidade. (Fiori & Carmignani 2009).

Segundo França (2006) *apud* Rocha (2006), a abertura de um túnel em um maciço previamente em equilíbrio, submetido a um estado inicial de tensões, pode ser entendida como a remoção das tensões existentes no contorno da escavação realizada. Essa remoção acarreta em um rearranjo do estado de tensões do maciço, que busca uma nova situação de equilíbrio. O equilíbrio estabelecido poder ser alcançado com a adoção de um sistema auxiliar de suporte, se tratando nesse caso de um maciço classificado com autoportante; ou, ocorre na maioria dos casos, com o auxílio de um sistema de suporte, por exemplo, a adoção de uma estrutura de concreto projetado no contorno da escavação para conter as deformações do maciço.

## 2 | DESENVOLVIMENTO

A realização deste projeto teve como base a análise de um conjunto de informações geológico-geotécnicas a partir de um conjunto fictício de dados, informações dos parâmetros de resistência da rocha, pressão da água, orientação e propriedades das juntas; a fim de possuir dados suficientes para gerar a estabilidade através do programa Unwedge 3.0, do pacote da Rocscience, como mostra o exemplo na Figura 1. A partir destes dados, foi realizada a análise de estabilidade do maciço através de cunhas formadas pelo encontro de discontinuidades existentes no trecho considerado. Sendo assim, com a estabilidade definida referente a este determinado trecho analisado, foi determinada qual medida de contenção será a mais segura e eficaz a ser aplicada.

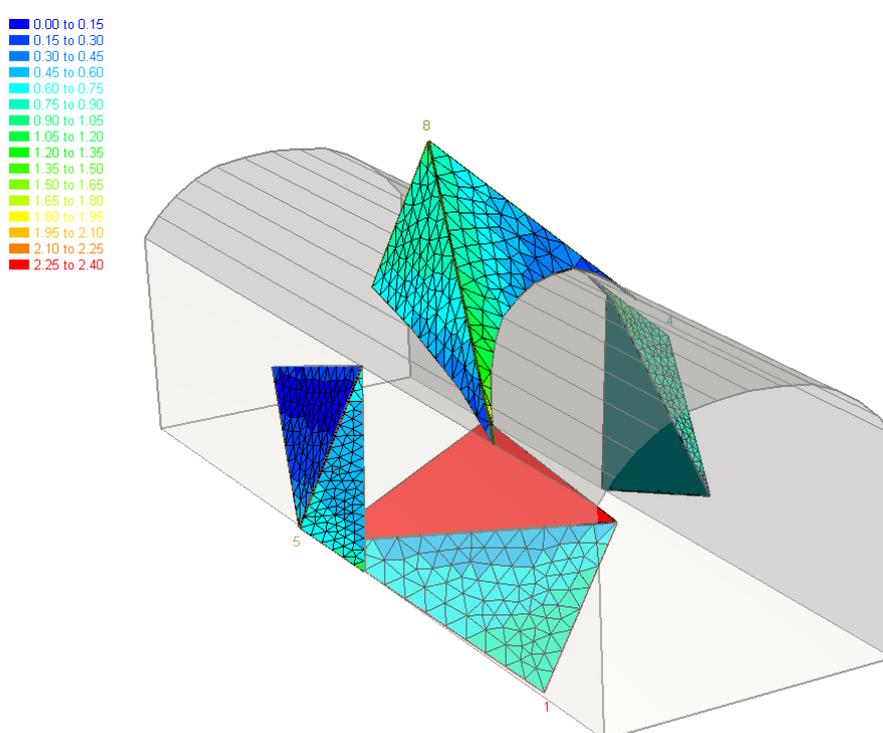


Figura 1 - Análise de estabilidade de uma seção de um túnel, utilizando o programa Unwedge. Imagem puramente ilustrativa.

Fonte: *Software Unwedge*.

### 2.1 Dados Utilizados

Estes parâmetros foram utilizados para a realização do estudo de estabilidade do maciço rochoso presente dentro do túnel, mostrado na Figura 2 e Figura 3, a fim de manter as porções de rocha estáveis dentro do túnel, garantindo a segurança do projeto.

Como se trata de um projeto de grandes proporções, utilizou-se, com base na NBR 11682, o Fator de Segurança mínimo de 1,5, considerando seu grau de segurança necessário ao local sendo classificado como alto.

- Direção do Túnel (*Trend*) – 90°
- Mergulho do Túnel (*Plunge*) – 0°
- Fator de Segurança Requerido Para o Túnel – 1.5
- Peso Específico do Maciço Rochoso – 3.0 t/m<sup>3</sup>
- Peso Específico da Água – 0.981 t/m<sup>3</sup>

The image shows a software window titled "Input Data" with three tabs: "General", "Joint Orientations", and "Joint Properties". The "General" tab is active and contains the following settings:

- Tunnel Axis Orientation:** Trend is set to 90° and Plunge is set to 0°.
- Design Factor of Safety:** Set to 1.5. A note below states: "NOTE: used for optimization and filtering of wedges only ( has no effect on the results of the analysis )".
- Unit Weight:** Rock is set to 3 t/m<sup>3</sup> and Water is set to 0.981 t/m<sup>3</sup>.
- Seismic Force:** A checkbox is unchecked. The "Direction" dropdown is set to "Sliding" and the "Seismic coefficient" is set to 0.

At the bottom of the window are three buttons: "Apply", "OK", and "Cancel".

Figura 2 - Propriedades gerais do túnel utilizada no *Unwedge*.

Fonte: *Software Unwedge*.

- Orientação das Juntas:

Junta 1 – 270/40

Junta 2 – 135/52

Junta 3 – 314/47

Junta 4 – 90/50

Junta 5 – 0/30

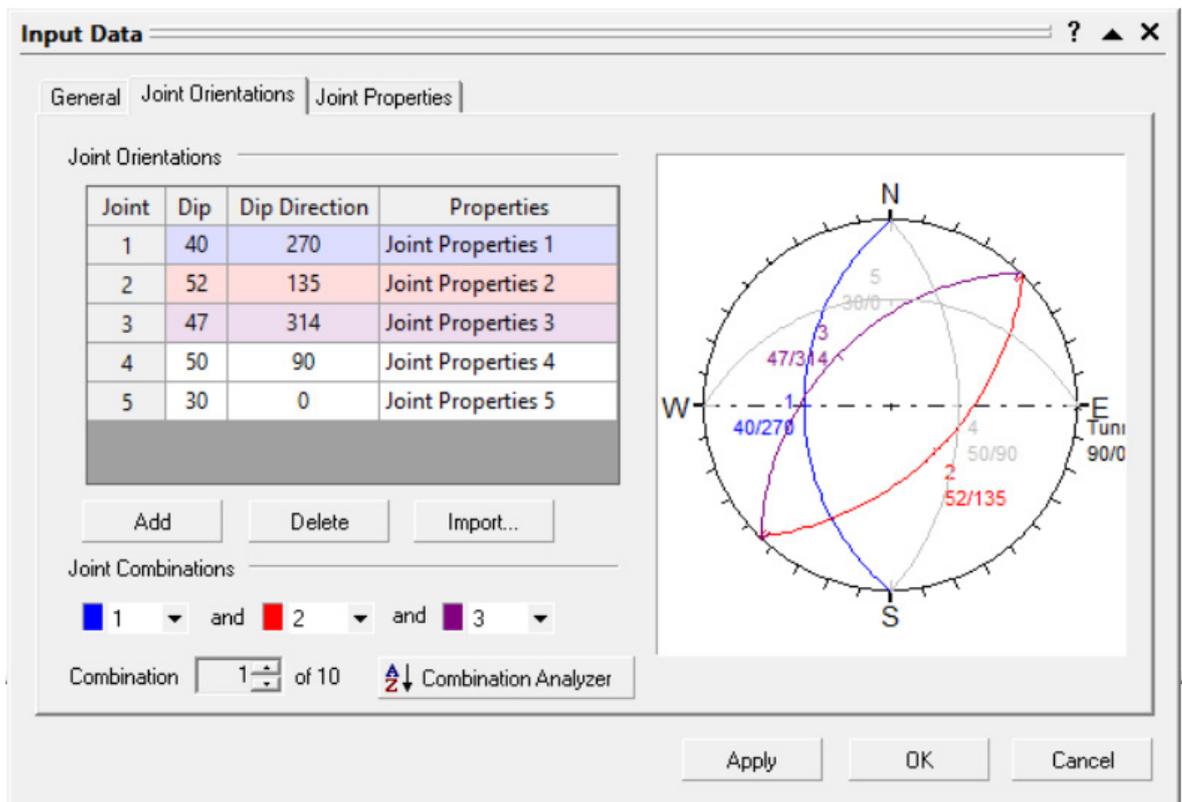


Figura 3 - Mergulho e direção de mergulho das juntas.

Fonte: Software Unwedge.

- Propriedades das Juntas:

- Junta 1 - Coesão =  $2 \text{ t/m}^2$   
 Ângulo de atrito = 400  
 Pressão de água =  $12 \text{ t/m}^2$   
 Resistência à Tração =  $0 \text{ t/m}^2$
- Junta 2 - Coesão =  $4 \text{ t/m}^2$   
 Ângulo de atrito = 300  
 Pressão de água =  $12 \text{ t/m}^2$   
 Resistência à Tração =  $0 \text{ t/m}^2$
- Junta 3 - Coesão =  $5 \text{ t/m}^2$   
 Ângulo de atrito = 300  
 Pressão de água =  $12 \text{ t/m}^2$   
 Resistência à Tração =  $0 \text{ t/m}^2$
- Junta 4 - Coesão =  $3 \text{ t/m}^2$   
 Ângulo de atrito = 350  
 Pressão de água =  $12 \text{ t/m}^2$   
 Resistência à Tração =  $0 \text{ t/m}^2$
- Junta 5 - Coesão =  $2 \text{ t/m}^2$   
 Ângulo de atrito = 500  
 Pressão de água =  $12 \text{ t/m}^2$

Resistência à Tração = 0 t/m<sup>2</sup>

- Seção do Túnel – Diâmetro igual a 20m e altura igual a 8m, representada na Figura 4.

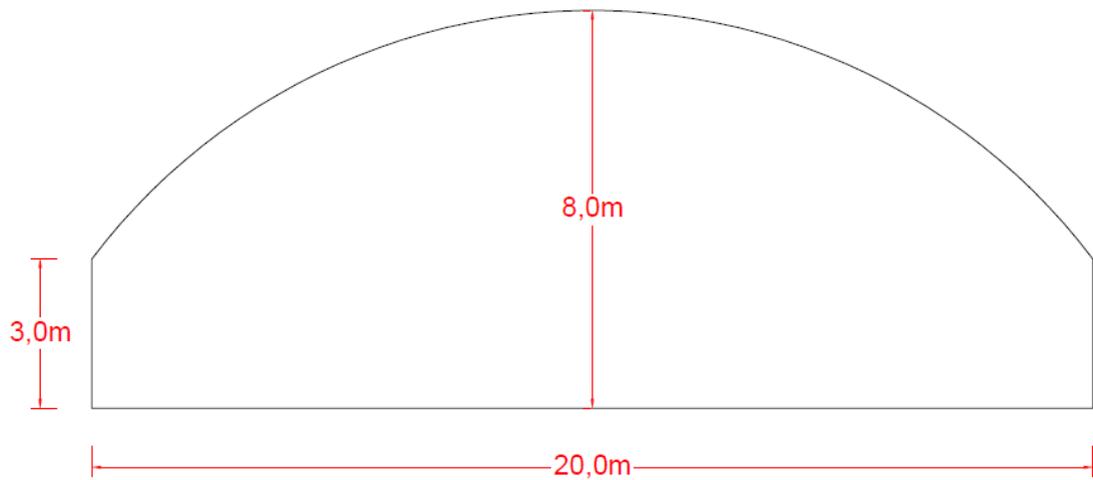


Figura 4 - Seção transversal do túnel.

Fonte: Autor.

No momento em que foi feita a verificação de estabilidade da região escolhida, o programa *Unwedge* gerou 10 combinações com 3 juntas distintas em cada, a partir da análise das 5 juntas definidas inicialmente, o exemplo dessas combinações está sendo mostrada no estereograma da Figuras 5.

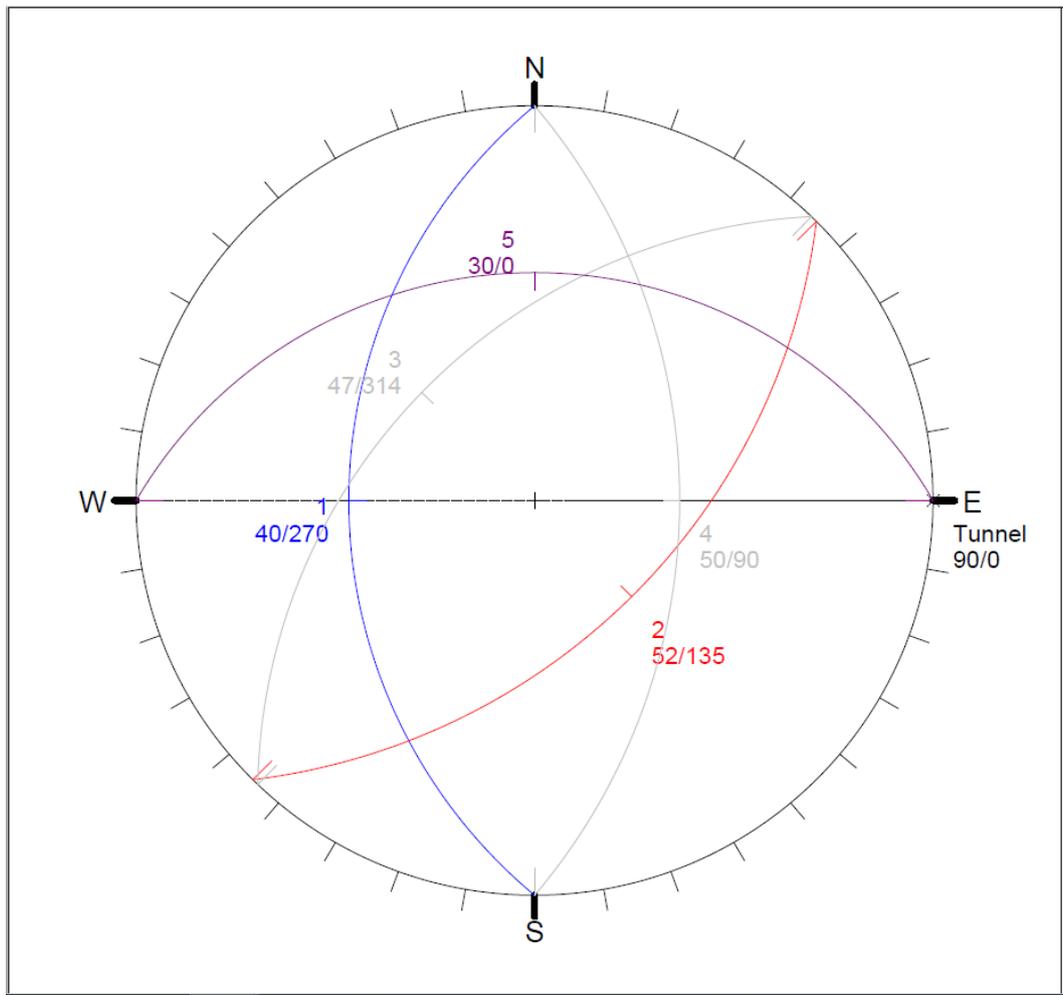


Figura 5 - Combinação 3, entre as juntas 1, 2 e 5.

Fonte: *Software Unwedge*.

## 2.2 Análise de estabilidade

Com as combinações das juntas definidas e analisadas, foi realizada as medidas de contenções das cunhas instáveis, para o aumento do fator de segurança, e para contenção utilizou-se tirantes e concreto projetado.

As análises de estabilidade das combinações entre juntas mostrada na Figura 6, como a combinação 3 referente as juntas 1, 2 e 5, na qual apresentou uma maior necessidade de obras de contenção. Sendo composta por 4 cunhas de volumes e posições variáveis, na qual se destacou a cunha 8 com o seu fator de segurança igual a 0,566, localizada na parte superior do túnel, sendo necessário uma obra de contenção mais robusta, a fim de estabilizar o volume de 15.032m<sup>3</sup> de rocha e seu peso de 45.095 toneladas.

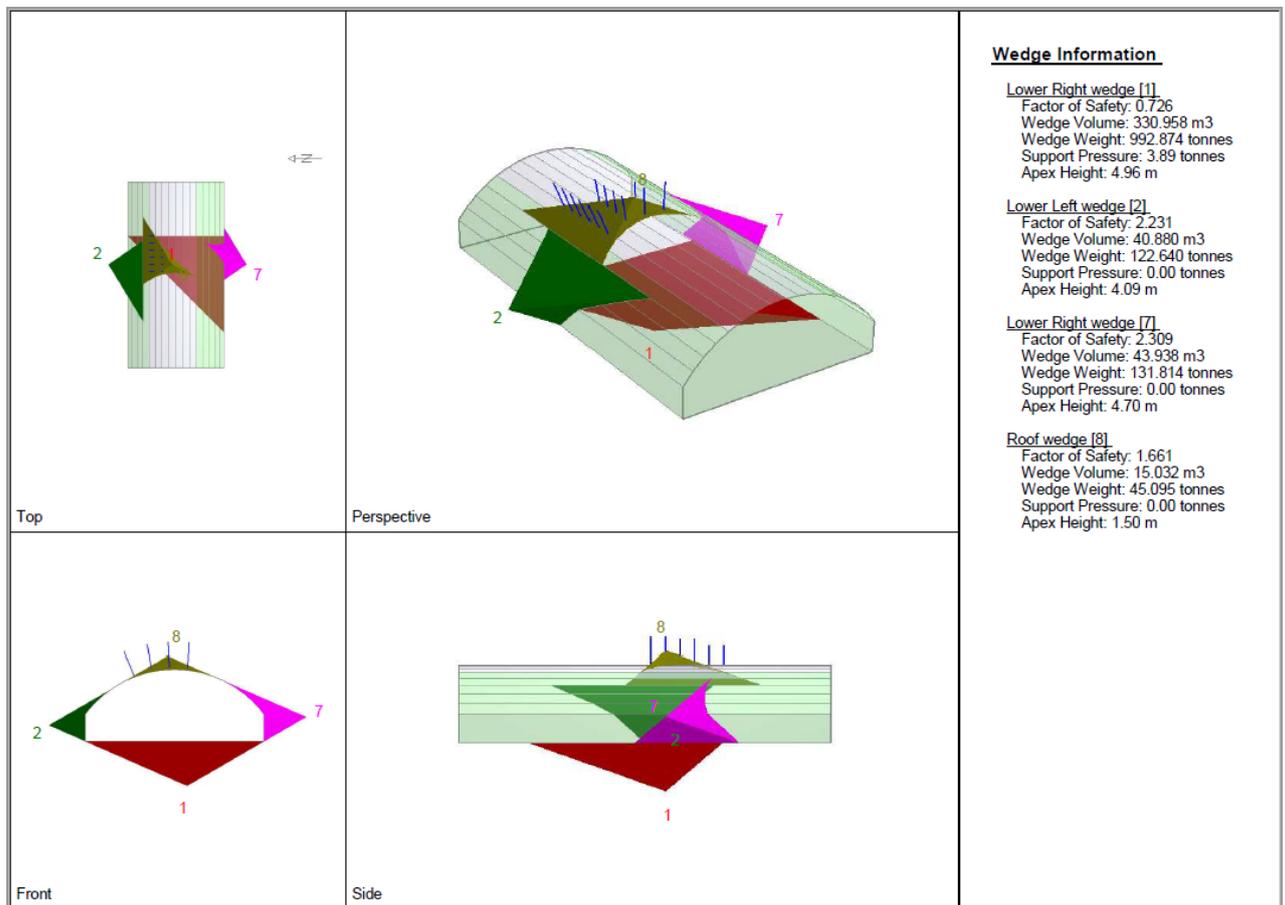


Figura 6 - Cunhas formadas pela combinação 3.

Fonte: *Software Unwedge*.

## 2.3 Meio de Estabilidade

Com o intuito de gerar uma estabilidade perante aos locais instáveis, foram necessárias a utilização de tirantes e a aplicação de concreto projetado nas paredes do túnel.

A utilização do atirantamento na rocha se deu por uma orientação normal na seção de abertura, com tirantes possuindo 3,00 m de comprimento e uma distribuição padrão das peças, com medidas no espaçamento transversal entre cada barra de 1,50 m e espaçamento longitudinal de 2,50 m. A ancoragem dos tirantes no maciço é do tipo mecânica, onde uma máquina específica crava as hastes de aço na rocha, sendo considerada algumas características de resistência do tirante, como: capacidade de tração de 100,00 ton, capacidade da placa de 75,00 ton e capacidade de ancoragem de 100,00 ton.

Para a aplicação do concreto projetado, foi necessário definir características para o material, de forma que atendesse as cargas aplicadas sobre o mesmo, sendo assim, a força de cisalhamento foi definida em 200 t/m<sup>2</sup>, a resistência do concreto em 2,4 t/m<sup>3</sup> e a espessura do material aplicado de 5 cm.

Como exemplo, na combinação 3 representada na Figura 7, para a contenção completa das cunhas formadas foram utilizados 13 tirantes, sendo estes todos

localizados na cunha 8, que suportam a carga de 45.095 toneladas da mesma; além de uma camada de concreto projetado de 5 cm de espessura.

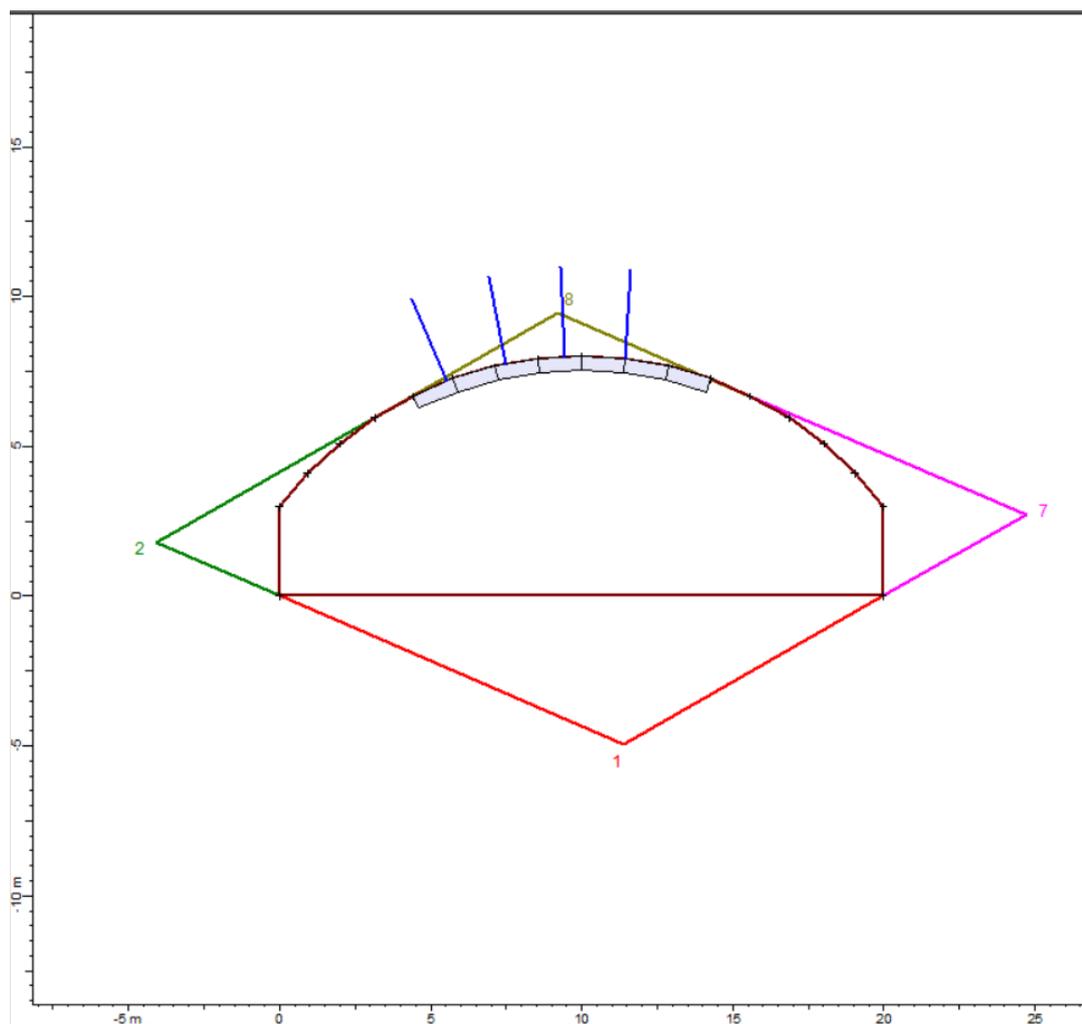


Figura 7 - Cunhas formadas pela combinação 3 e contenções necessárias.

Fonte: *Software Unwedge*.

### 3 | CONCLUSÕES

Este trabalho teve como o objetivo demonstrar uma análise de estabilidade do maciço rochoso presente no interior de um túnel fictício. A estabilização de inúmeras porções de rocha se deu pelo fato das mesmas estarem instáveis, com o grande risco de se deslocarem de seu local de origem e causar possíveis danos estruturais; podendo levar até ao desmoronamento do túnel.

Usando o Software Unwedge 3.0 da Rocscience, juntamente com o conhecimento prévio no assunto, foi realizada as análises de estabilidade necessárias, a fim de determinar que possíveis pontos no interior do túnel estavam completamente instáveis, o que causaria sérios problemas na construção. Com esses pontos localizados, foi determinado a utilização de tirantes e/ou o uso do concreto projetado; chegando assim ao fator de segurança igual ou maior do que 1,5, como definido em projeto, o

que caracteriza a estabilidade da região.

A aplicação dos meios de estabilização do maciço não é de forma tão simples, em vista a grande importância e responsabilidade presente no porte da construção. Sendo assim, os mecanismos de estabilização foram dimensionados com o objetivo de se tornarem um meio de elevar a segurança e garantir a estabilidade das porções de rocha que circundam e que compõem as paredes do túnel.

Portanto, conclui-se a partir deste trabalho que a utilização de tirantes e/ou concreto projetado de forma correta e coerente, demonstrou ser o suficiente para estabilizar os locais onde havia algum tipo de instabilidade; as variações entre as porções de rocha estabilizadas estão na quantidade de tirantes aplicados e na espessura da camada de concreto projetado que envolve o maciço de rocha.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, N., T.B. CELESTINO, T.B., KOSHIMA, A., TELLES, R.C.A. & ASSIS, A.P. **Túneis Rodoviários, Túneis do Brasil. Comitê Brasileiro de Túneis- ABMS**, São Paulo, 2006.

DE CARVALHO, Luciano Costa. **Análise de Estabilidade da Frente de Escavação e de Deslocamento do Túnel do Metrô/DF**. Universidade de Brasília – Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Dissertação de mestrado em geotecnia. Brasília/DF, 1995.

FIORI, ALBERTO PIO; CARMIGNANI, LUIGI. **Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas; Aplicações na estabilidade de taludes** – 2 ed. rev. e ampl.: Ed. UFPR, 2009. 604 p.

FRANÇA, PEDRO TEODORO. Estudo do Comportamento de Túneis – **Análise Numérica Tridimensional com Modelos Elasto-Plásticos**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia. São Paulo, 2006.

GOMES, David André Prata. **Gestão de Riscos na Construção de Túneis e Obras Subterrâneas**. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL). Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Área de Especialização em Estruturas. Lisboa, 2012.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CLEBERTON CORREIA SANTOS-** Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber\_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acidentes 109, 310, 311, 312, 313, 314

Aminas primárias 81, 84, 85

Atividade antioxidante 144, 146, 151, 152, 153, 155, 156

### B

Bioimpressão 193, 194, 195, 196, 199

### C

Castanhola 74, 75, 79

Compostos multifuncionais 64, 67

Compressores Herméticos 34, 35, 36, 39, 40

Construção Civil 102, 105, 112, 113, 157, 179, 363

CPTEC 205, 206, 207, 208, 217

### E

Equações lineares 45, 233, 236, 237, 238, 239, 240, 353

Estrutura axiomática 183, 186, 189

### F

Fonte de fissão 41, 42, 44, 45, 47, 48, 49

### G

Geoprocessamento 1, 2

### H

Hemocentro 317, 322, 323, 324, 326

Hibridização 64, 65, 67, 68, 69, 71

### L

Lesson Study 218, 219, 220, 221, 222, 224, 225

Leveduras 8

### M

Mapeamento 1, 2, 3, 4, 6, 7, 181, 280

Mecânicas de eritrócitos 226

Multi-objetivo 277, 278, 279, 281, 282, 283, 284, 287

Mutagênese 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18

## **P**

PHB/PC 253, 254, 257, 261, 262, 264

Protocolos de redes 52

## **R**

Redes neurais 349, 350, 351, 354, 356, 358, 359, 360, 361, 362

Risco de inundação 1, 3, 4, 5, 6, 7

## **S**

Smart Grids 51, 52, 53, 61

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-622-5

