

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

2

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

2

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª 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  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. 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. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
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  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **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. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª 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  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª 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  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
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  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
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. Lillian 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. Dr. 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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Emely Guarez  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

E57    Engenharia: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar 2 / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-561-7

DOI 10.22533/at.ed.617200911

1. Engenharia. 2. Metodologias e Práticas. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.

CDD 620

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Para isso o mesmo foi dividido em dois volumes, sendo que o volume 1 apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica, química e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

Já o volume 2 traz, temas correlacionados a engenharia civil e de minas, apresentando estudos sobre os solos e obtenção de minérios brutos, bem como o estudo de construções civis e suas patologias, estando diretamente ligadas ao impacto ambiental causado e ao reaproveitamento dos resíduos da construção.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **PROPOSTA DE TELHA SOLAR PLANA INCORPORADA À CONSTRUÇÃO**

Maria Magdalena Farina Martinez

Ronald Moises Hug Rojas

Matheus Vinicius Brandão

Oswaldo Barbosa Loureda

Oswaldo Hideo Ando Junior

**DOI 10.22533/at.ed.6172009111**

### **CAPÍTULO 2..... 15**

#### **APLICAÇÃO DE LAJES STEEL DECK EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS ANDARES**

Elaine Garrido Vazquez

Renata Gonçalves Faisca

Stela Regina Magaldi Guimarães

**DOI 10.22533/at.ed.6172009112**

### **CAPÍTULO 3..... 26**

#### **ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA MARQUISE – ESTUDO DE CASO**

Amanda de Moraes Alves Figueira

Carlos Fernando Gomes do Nascimento

Cynthia Jordão de Oliveira Santos

Débora Cristina Pereira Valões

Eliana Cristina Barreto Monteiro

Lucas Rodrigues Cavalcanti

Mariana Santos de Siqueira Bentzen

Paula Gabriele Vieira Pedrosa

Vanessa Kelly Freitas de Arruda

**DOI 10.22533/at.ed.6172009113**

### **CAPÍTULO 4..... 42**

#### **PROPOSIÇÃO DO PLANO DE MOBILIDADE URBANA AO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS – AMAZONAS, BRASIL**

Iraúna Maiconã Rodrigues de Carvalho

Jussara Socorro Cury Maciel

**DOI 10.22533/at.ed.6172009114**

### **CAPÍTULO 5..... 53**

#### **ETANOL – COMBUSTÍVEL RENOVÁVEL EM MOTORES DO CICLO DIESEL – ESTUDO DE VIABILIDADE EM USINAS**

Flávio Nunes do Prado

João Eduardo Rocha dos Santos

Edson Roberto da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.6172009115**

**CAPÍTULO 6..... 61**

**AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE METODOLOGIAS DE DESMONTE SECUNDÁRIO PARA UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS**

Sílas Leonardo Dias Vasconcelos  
Suelen Silva Rocha  
Júlio César de Souza  
Bruno Cordeiro Cerqueira das Neves

**DOI 10.22533/at.ed.6172009116**

**CAPÍTULO 7..... 71**

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE UM PROJETO DE MINERAÇÃO DE AGREGADOS ATRAVÉS DA TÉCNICA DE FLUXO DE CAIXA DESCONTADO**

Raíza da Silva Juvenal  
Jorge Luiz Valença Mariz  
Artur Ângelo Alcântara de Assis  
Suelen Silva Rocha  
Júlio César de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.6172009117**

**CAPÍTULO 8..... 88**

**EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DE VIDA ÚTIL DE PROJETOS MINEIROS EM FASE INCIPIENTE CONSIDERANDO A REGRA DE TAYLOR E SUA ADERÊNCIA ÀS MINAS BRASILEIRAS**

Jorge Luiz Valença Mariz  
Rodrigo de Lemos Peroni  
Carlos Otávio Petter  
Júlio César de Souza  
Jorge Dariano Gavronski

**DOI 10.22533/at.ed.6172009118**

**CAPÍTULO 9..... 103**

**PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO DE UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS EM JABOATÃO DOS GUARARAPES - PE**

Andressa Ilana Soares Galdino  
Jorge Luiz Valença Mariz  
Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros  
Suelen Silva Rocha  
Robson Ribeiro Lima

**DOI 10.22533/at.ed.6172009119**

**CAPÍTULO 10..... 119**

**AVALIAÇÃO DO DESMONTE DE ROCHAS COM USO DE EXPLOSIVOS EM UMA MINA DE AGREGADOS ATRAVÉS DE ABORDAGEM SISTÊMICA**

Jorge Luiz Valença Mariz  
Willams Bernardo de Lima Souza  
Iury Araújo da Costa Leite  
Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros  
Marinésio Pinheiro de Lima

**DOI 10.22533/at.ed.61720091110**

**CAPÍTULO 11..... 133**

**COMPARAÇÃO DE COORDENADAS DE PONTOS LEVANTADOS POR METODOS TOPOGRÁFICO E GEODÉSICOS**

Claudia Regina Grégio d'Arce Filetti  
Adriano Antonio Tronco  
Bianca Ferraz  
Pedro Lonnie Inácio Salvador  
Roney Berti de Oliveira  
Marcelo Luis Chicati

**DOI 10.22533/at.ed.61720091111**

**CAPÍTULO 12..... 145**

**INFLUÊNCIA DO PORTE DA ESCAVADEIRA NA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS**

Marília Silva Cavalcante  
Jorge Luiz Valença Mariz  
Artur Ângelo Alcântara de Assis  
Suelen Silva Rocha  
Júlio César de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.61720091112**

**CAPÍTULO 13..... 159**

**ELABORAÇÃO DE UM MAPA DE RISCO DO TRABALHO EM UMA MINA DE AGREGADOS**

Débora Gomes Figueiredo  
Jorge Luiz Valença Mariz  
Robson Ribeiro Lima  
Suelen Silva Rocha  
Romildo Paulo Silva Neto

**DOI 10.22533/at.ed.61720091113**

**CAPÍTULO 14..... 174**

**VIRTUALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO: APLICAÇÕES NA GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO**

Adriano Macedo Silva  
Carolina Martinez Vendimiati  
Ricardo Egídio dos Santos Junior

**DOI 10.22533/at.ed.61720091114**

**CAPÍTULO 15..... 196**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA ABERTURA DE UMA EMPRESA JÚNIOR NA ÁREA DE GEOTECNIA NO CEFET-MG UNIDADE VARGINHA**

Emerson Ricky Pinheiro  
Gustavo Ribeiro Paulino  
Henrique Comba Gomes  
Kezya Milena Rodrigues Pereira  
Maria Rafaela da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.61720091115**

<b>CAPÍTULO 16.....</b>	<b>211</b>
<b>PRÁTICA PROFISSIONAL SUPERVISIONADA: FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM PROFISSIONAL TÉCNICA DE NÍVEL MÉDIO</b>	
Érica de Oliveira Araújo Nélio Ranieli Ferreira de Paula José Elias de Almeida José Vanor Felini Catânio Wagner Viana Andreatta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.61720091116</b>	
<b>CAPÍTULO 17.....</b>	<b>223</b>
<b>UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE EVENTOS EXTREMOS HIDROCLIMÁTICOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO</b>	
Maria Emanuela Lima Souza Cardoso Hernande Pereira da Silva Layane Maria Gomes de Lima Queylla Aparecida de Barros Oliveira Maria Aline Lopes da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.61720091117</b>	
<b>CAPÍTULO 18.....</b>	<b>237</b>
<b>SYSTEMS CONCURRENT ENGINEERING TECHNIQUES APPLIED TO MAP AND TO MONITOR BRAZILIAN SHORE CORAL REEF BY USING A SATELLITE MISSION</b>	
Isomar Lima da Silva Geilson Loureiro José Wagner da Silva Andreia Sorice Genaro Samara de Toledo Damião	
<b>DOI 10.22533/at.ed.61720091118</b>	
<b>CAPÍTULO 19.....</b>	<b>254</b>
<b>A ARTE DE ENGENHEIRAR NO PERÍODO DA PANDEMIA DE COVID-19</b>	
Maria Aridenise Macena Fontenelle Vinícius Navarro Varela Tinoco Leonardo Morais Silva Leandro Nogueira Valente	
<b>DOI 10.22533/at.ed.61720091119</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>265</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>266</b>

## PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO DE UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS EM JABOATÃO DOS GUARARAPES - PE

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 15/09/2020

### **Andressa Ilana Soares Galdino**

Departamento de Engenharia de Minas –  
Universidade Federal de Pernambuco  
Recife – PE  
<http://lattes.cnpq.br/0852577066941547>

### **Jorge Luiz Valença Mariz**

Depto. de Engenharia de Minas – Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/4225383677086672>

### **Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros**

Departamento de Engenharia de Minas –  
Universidade Federal de Pernambuco  
Recife – PE  
<http://lattes.cnpq.br/9359442968222654>

### **Suelen Silva Rocha**

Departamento de Engenharia de Minas –  
Universidade Federal de Pernambuco  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/9112697423226628>

### **Robson Ribeiro Lima**

Departamento de Engenharia de Minas –  
Universidade Federal de Pernambuco  
Recife – PE  
<http://lattes.cnpq.br/1359820723738659>

**RESUMO:** O estudo de um projeto envolve, geralmente, três estágios, que são os estudos conceitual, de pré-viabilidade e de viabilidade; entretanto, desde a segunda fase já é necessário que sejam conhecidas algumas características do corpo mineral para que seja vislumbrado, ao menos, os métodos de lavra que podem ser aplicados à extração de determinado depósito mineral, sendo necessário também modelar as possíveis cavas de operação e cavas finais ideais para cada cenário proposto. Este estudo de caso teve como propósito, através de utilização de *softwares* especializados, elaborar o planejamento a longo prazo de uma mina de rochas graníticas que será lavrada a céu aberto através de bancadas múltiplas em encosta, tendo como objetivo a produção de agregados para a construção civil. A metodologia consistiu em obter o modelo da cava final considerando a máxima extração dos recursos inseridos na poligonal de interesse, além de suas respectivas etapas intermediárias, através do *software Datamine Studio 3*, com o auxílio do *software AutoCAD 2013*.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lavra a céu aberto, Planejamento de lavra, Sequenciamento de lavra, Mineração de agregados.

### LONG TERM PLANNING OF AN AGGREGATES MINING IN JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE

**ABSTRACT:** The study of a project usually involves three stages, which are the conceptual, pre-feasibility and feasibility studies; however, since the second phase it is already necessary that some characteristics of the mineral body be

known so that at least the mining methods that can be applied to the extraction of a particular mineral deposit can be glimpsed, it is also necessary to model the possible operation caves and for each proposed scenario. The purpose of this case study was the use of specialized softwares to prepare the long-term planning of a granite rock mine to be built in the open through multi-slope benches, with the purpose of producing aggregates for construction civil. The methodology consisted in obtaining the final cava model considering the maximum extraction of the resources inserted in the polygon of interest, in addition to its respective intermediary stages, through Datamine Studio 3 software, with the help of AutoCAD 2013 software.

**KEYWORDS:** Open pit mining, Mining planning, Mining scheduling, Aggregates mining.

## 1 | INTRODUÇÃO

A mineração tem papel fundamental no desenvolvimento da humanidade desde os tempos pré-históricos, onde os minerais eram utilizados nas mais diversas atividades. À medida que novas tecnologias foram sendo assimiladas, também foram desenvolvidas novas metodologias de exploração dos recursos minerais, chegando-se ao atual cenário em que se tem a informatização de processos que antes requeriam maior tempo e menor confiabilidade. Ainda assim, um desafio global nos próximos anos será o aproveitamento ambientalmente amistoso e atrativo financeiramente dos recursos minerais para atender à demanda crescente da sociedade cada vez mais consumista, sendo um dos setores de maior demanda o de agregados para construção civil. Atualmente, a mineração a céu aberto contribui significativamente na produção de bens minerais (SHISHVAN e SATTARVAND, 2015).

O planejamento de lavra envolve, geralmente, três estágios (LEE, 1984), que são o estudo conceitual, onde as ideias iniciais de um projeto serão esboçadas, o estudo preliminar de pré-viabilidade, onde será determinado se o projeto apresenta atratividade suficiente para justificar um maior investimento e, por fim, o estudo de viabilidade, que fornecerá as bases técnicas e considerações de diversas naturezas, tais como ambientais, legais e comerciais, fornecendo subsídios para a tomada de decisão de levar adiante ou não o projeto (MARIZ, 2018). As duas fases finais do planejamento de lavra já vislumbram, entretanto, a confecção de cavas e o sequenciamento da lavra.

Mineração em bancadas múltiplas é um método de lavra a céu aberto através do qual o depósito é acessado por meio da escavação de uma abertura na superfície, chamada da cava ou *pit*, para exposição do minério. A operação deste método de lavra inicia com uma pequena cava que se desenvolve para cavas maiores que envolvem as anteriores em sequência. Tais sequências de cavas são chamadas de *pushbacks* e desenvolvem-se até que seja alcançada uma configuração de cava chamada cava final (RODRIGUES, 2018).

O sequenciamento da produção ou *scheduling* é uma importante etapa do planejamento de mina, que consiste na determinação das matérias-primas a serem produzidas anualmente ao longo da vida da mina, avalia o valor de operação do

empreendimento, e contribui para a utilização sustentável dos recursos minerais. Determinar um sequenciamento de lavra ótimo é uma tarefa complexa que envolve grandes conjuntos de dados e várias restrições (LAMGHARI, DIMITRAKOPOULOS e FERLAND, 2015).

O setor de agregados, apesar de ter grande expressão no desenvolvimento urbano por oferecer os insumos mais usados na construção civil, apresenta dificuldades com relação à fase inicial de avaliação de recursos minerais por questões como altos custos para realização de levantamentos topográficos convencionais e dificuldade de acesso a ferramentas de informatização, o que dificulta a etapa posterior de planejamento da programação da produção que poderiam tornar seus processos mais eficientes, devido ao seu alto custo de aquisição (CARMO, 2013).

Com relação à gestão dos recursos e reservas minerais, assim como a modelagem das cavas, tal problemática pode ser minimizada através da utilização de ferramentas computacionais tais como o *software Studio 3*, da *Datamine*, que oferece diversas aplicações e fornece os mais variados produtos no planejamento de lavra. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo efetuar a modelagem geológica espacial, através do *software Studio 3* da *Datamine*, de uma jazida de um maciço rochoso no município de Jaboaão dos Guararapes localizado em uma área dotada de poligonal com portaria de lavra, bem como o sequenciamento da lavra desse maciço, sendo por fim definida a cava final considerando os limites da poligonal e também determinada a vida do empreendimento a partir de uma taxa de produção específica condizente com o mercado consumidor.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização do empreendimento

A Mineração Megaípe Eireli – ME tem como atividade econômica a extração e beneficiamento de rochas graníticas para aplicação direta na construção civil. Em suas instalações são encontradas o prédio administrativo, a planta de britagem e os acessos/estradas. Apesar de já possuir a Portaria de Lavra, as operações de lavra ainda não foram iniciadas, estando o empreendimento ainda em fase de planejamento. A figura 1 apresenta uma vista da britagem e do acesso à pedreira partindo do maciço rochoso modelado neste estudo.



Figura 1 – Vista da pedreira

Fonte: GALDINO (2018)

O empreendimento mineiro está localizado à Rodovia BR 101 Novo Traçado, S/N, Km 92 Sul, no bairro da Muribeca, no município de Jaboatão Dos Guararapes – PE, nas coordenadas geográficas  $8^{\circ}12'11.7''S$   $34^{\circ}59'26.5''W$ . Tem proximidade com os municípios de Moreno e Recife, ao norte, do Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca ao sul, e de Vitória de Santo Antão a oeste, com acesso a estas cidades através de largo sistema rodoviário (figura 2), sendo a via mais próxima a BR-101.

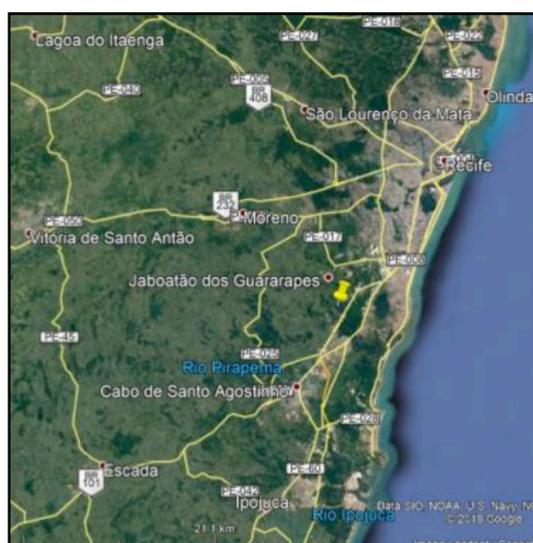


Figura 2 – Rede de estradas de ligação às cidades vizinhas ao empreendimento

Fonte: GOOGLE EARTH (2018)

A Portaria de Lavra aqui estudada consta no Processo da Agência Nacional de Mineração (ANM) 840.255/2006, concedido à empresa Cone S. A. e arrendado pelo prazo de 15 anos para a Mineração Megaípe Eireli, cujas informações podem ser verificadas no cadastro mineiro de livre acesso da ANM. A figura 3 apresenta a representação gráfica do polígono delimitador da área, devidamente georreferenciado, plotada dentre os demais processos ANM.

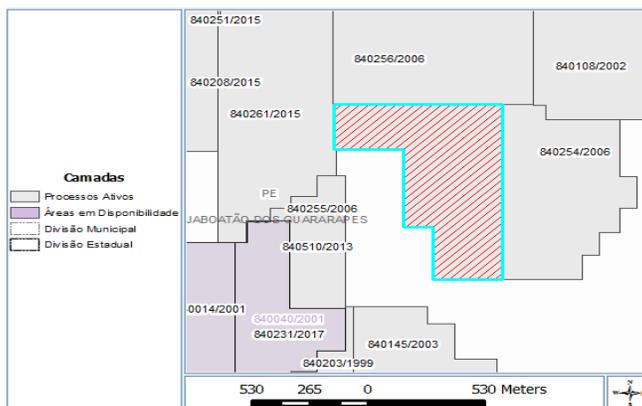


Figura 3 – Representação gráfica do processo ANM 840.255/2006

Fonte: ANM (2018)

## 2.2 Levantamento da área

O desenho da poligonal foi obtido através da plotagem dos pontos das coordenadas dos vértices no software AutoCAD 2013, sendo antes necessária a conversão das coordenadas geográficas para o sistema de entrada do AutoCAD, o UTM (*Universal Transversa de Mercator*). Após localizar devidamente a área, fez-se necessário efetuar o levantamento topográfico do maciço que seria efetivamente lavrado. Uma equipe terceirizada foi contratada com esta finalidade, tendo efetuado ao longo de uma semana a coleta de coordenadas através do uso de uma estação total e de alvos distribuídos sobre o maciço rochoso.

## 2.3 Modelagem geométrica da jazida

A simulação computacional foi feita através da compilação dos dados topográficos obtidos, combinando-se os softwares AutoCAD versão 2013 e Studio 3D da Datamine. Neste contexto, o volume da reserva medida de minério foi obtido através da avaliação do modelo geométrico construído e da cava final determinada a partir dos dados coletados, possibilitando desta forma a modelagem espacial do corpo de minério.

Após o trabalho *in loco*, foi fornecido à empresa um arquivo em formato .DWG contendo as curvas de nível deste maciço rochoso, sobre o qual foram efetuados ajustes no software *AutoCad 2013* e exportado para o *Studio 3D* em formato .DXF. Após as alterações, o arquivo .DXF foi carregado no *Datamine Studio 3D* da seguinte forma:

1. Foi aberto o *Studio 3D* > *Create Project* > “Nome do Projeto” > *Finish*;
2. *File* > *Add to Project* > *Imported From Data Source* > *CAD* > *AutoCAD (strings)*;
3. *Data* > *Load* > *Strings* > Selecionou-se nome do arquivo > *Ok*.

A partir das *strings* obtidas foi gerada uma *wireframe* através dos comandos:

1. *Wireframes* > *Interactive DTM Creation* > *Make DTM*;
2. Nomeou-se a *DTM* como “montanha”;
3. O arquivo do tipo *strings* foi selecionado > *Next* > *Finish*.

A partir de então obteve-se a *wireframe* representativa do maciço rochoso em avaliação.

## 2.4 Determinação da cava final e sequenciamento de lavra

Para delinear a cava, a princípio, foi considerada a posição do maciço em relação aos acessos já existentes, a disposição da planta de britagem e o terreno arrendado. Ao analisar a figura 4, onde está representado um esboço dos componentes do empreendimento, percebeu-se que a cava inicial deve estar situada na região sudoeste da jazida (representado pela cor roxa), local mais próximo da estrada (representada pela cor laranja) que dá acesso à planta de britagem (representado pela cor verde) e está contido nos limites do terreno arrendado (representado pela cor vermelha).

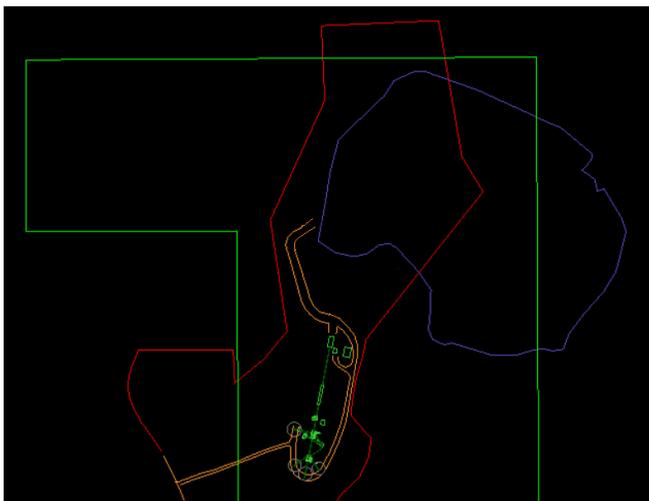


Figura 4 – Esboço dos elementos presentes no empreendimento

Fonte: GALDINO (2018)

Antes de começar o desenho da cava foi necessário determinar os parâmetros geométricos de controle da cava.

O sequenciamento da produção foi projetado para 4 (quatro) *pushbacks*, resultando em 4 (quatro) cavas operacionais, até chegar-se à configuração da cava final. As cavas intermediárias foram determinadas considerando-se situações específicas, tal como descrito a seguir:

- *Pushback 1*: considerou-se o momento inicial em que a mina estará em operação;
- *Pushback 2*: considerou-se o momento intermediário em que a lavra atingirá o limite do terreno arrendado;
- *Pushback 3*: considerou-se que as operações de lavra ocorrerão num terreno que será arrendado no futuro;
- *Pushback 4*: considerou-se o momento em que o minério será exaurido até o limite da poligonal, resultando na cava final.

#### 2.4.1 Determinação do Pushback 1

A cota do pátio da lavra definida foi 65 m. As etapas realizadas foram:

1. *Move Plane* até  $z = 65$ ;
2. *Design > Create Strings Object > New String*;
3. *Smooth String* no contorno para suavizar;
4. Foram afastados os pontos na lateral para desenhar a estrada de acesso através de *Move Points*;
5. *Applications > Open Pit > Set Face Angle > 60*;
6. *Applications > Open Pit > Set Berm Width > 15* (berma de operação);
7. *Applications > Open Pit > Road Segment > Selecionou-se a string da cava > 10 / 10 / 79* (Cota seguinte) > Ok;
8. Selecionou-se o ponto de início da estrada > Clicou-se no ponto para indicar a direção da estrada;
9. Selecionou-se a *string* do contorno da estrada > *Road Contour > 79* > Ok;
10. *Move Plan > 14* (para cota seguinte);
11. Seleciona *string* do contorno > *Applications > Open Pit > Road Berm*;
12. Foram afastados os pontos no acesso da estrada através de *Move Points*;
13. *Applications > Open Pit > Road Segment > Selecionou-se a string da cava > 10 / 10 / 93* (Cota seguinte) > Ok;
14. Foi realizado todo esse processo até chegar na cota 115.

### 2.4.2 Determinação do Pushback 2

Nesta etapa determinou-se a geometria do *Pushback 2*, seguindo-se as extremidades do terreno arrendado, onde as bermas foram consideradas como finais, e não operacionais, caso não seja possível efetuar um novo arrendamento após o esgotamento da cava do atual terreno arrendado. Esta cava foi construída de cima para baixo, a começar pela cota 115 e seguindo para a 107, depois a 93, e assim por diante, até alcançar a cota 65. Os comandos realizados no *software* Datamine *Studio* foram os mesmos utilizados na construção do *Pushback 1*.

### 2.4.3 Determinação do Pushback 3

Considerando que o terreno no entorno também foi arrendado, optou-se aqui por seguir com uma cava que apresentasse 3 (três) possibilidades de frentes de lavras: no sentido norte, leste e sul, configurando à mesma uma geometria quadrilátera.

### 2.4.4 Determinação do Pushback 4

Por fim, tem-se a fase final do projeto, apresentando o avanço total da lavra. Os parâmetros utilizados são os mesmos apresentados na fase anterior, sendo que mais uma vez as bermas são as finais de segurança, e não bermas operacionais.

## 2.5 Determinação das reservas minerais

O cálculo dos volumes das cavas foi realizado separadamente (1 a 1), seguindo-se os seguintes passos:

1 - Ativou-se a visualização das *wireframes* do maciço rochoso e da cava selecionada clicando na caixa ao lado de cada um dos objetos na barra de controle *Sheets*;

2 - Executou-se o comando *Wireframes | Boolean Operations | Extract Separate*, carregando as *wireframes* da etapa 1;

3 - Do processo anterior foram criados objetos *Extraction*, da qual eram de interesse somente as que representavam a cava e a topografia ao redor dela, sendo todas as outras descartadas;

4 - Foi usado o comando *Data | Object Operations | Combine Objects* para unir os *Extract* da etapa 3, tornando estes uma única *wireframe*.

5 - Executou-se o comando *Models | Evaluate | Wireframe*, com *DTM* como *type* selecionado e este calculou automaticamente o limite superior baseado na *wireframe* carregada.

6 - Um objeto chamado *RESULTS* foi criado e listado na barra de controle *Loaded Data*, contendo o volume de material.

Assim, foram determinadas as reservas minerais disponíveis na área, além de que foi obtido também o volume de material da cobertura do maciço rochoso, que constitui-

se material estéril. De posse dos volumes de minério e estéril presentes na área, foi determinada relação estéril-minério (REM) prevista para a lavra do maciço rochoso através da equação 1 a seguir:

$$REM(t/m^3) = \frac{\text{Volume de estéril}}{\text{Tonelagem de minério}} \quad (1)$$

## 2.6 Determinação das reservas minerais

O cálculo para a definição da vida útil da mina foi baseado na produção prevista e no valor da reserva mineral medida obtida através do modelo geológico do depósito mineral na área da cava final, considerando uma recuperação de 100% na lavra. Assim, a vida útil da mina foi determinada pela relação exposta na equação 2:

$$\text{Vida útil} = \frac{R_m \times F_t}{P_m} \quad (2)$$

sendo  $R_m$  a reserva geológica,  $F_t$  a recuperação na lavra e  $P_m$  a produção anual de minério.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Sequenciamento da produção e determinação da cava final

Na figura 5 tem-se o resultado do carregamento do arquivo proveniente do *software AutoCAD* no *Datamine Studio 3D*, no qual obteve-se a sobreposição da representação do maciço rochoso com o polígono delimitador do processo ANM 840.255/2006.

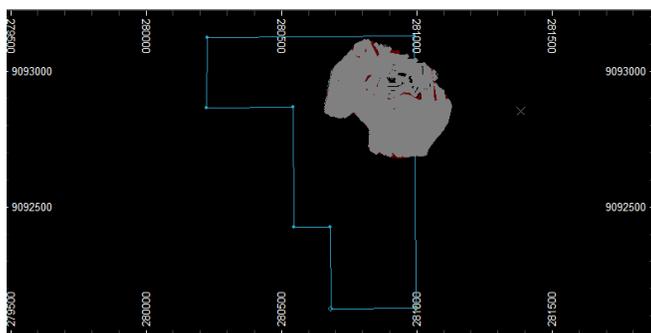


Figura 5 - *Strings* do maciço rochoso e poligonal carregados no *Datamine Studio 3D*

Fonte: GALDINO (2018)

Em seguida foi obtida a *wireframe* representativa do maciço rochoso avaliado, a partir das *strings* construídas. Logo após foram determinados os parâmetros geométricos operacionais (figura 6) para a posterior determinação da cava final da lavra do maciço rochoso, a saber:

- Altura de bancadas de 14 metros porque algumas vezes a perfuração de uma bancada de 15 metros (padrão) extrapola o planejado e as operações de desmonte são prejudicadas, já que os dispositivos não elétricos de coluna apresentam tamanho insuficiente;
- Largura de bancadas (bermas de operação) com 15 m, considerando que seja o espaço suficiente para movimentação de maquinários e as operações de carregamento e transporte ocorram de forma segura;
- Ângulo de face e de parede com  $60^\circ$  de inclinação, definido arbitrariamente, já que o empreendimento não teve acesso a análises geomecânicas do maciço;
- Largura das bermas de segurança de 3 metros;
- Rampas de acesso com 10 metros de largura e  $10^\circ$  de inclinação.

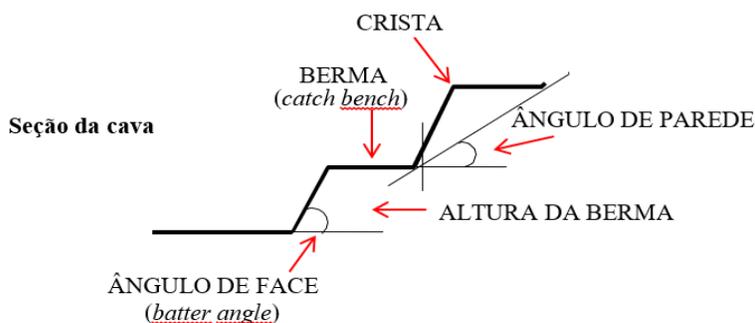


Figura 6 - Seção da cava e seus parâmetros

Fonte: GALDINO (2018)

Definidos os parâmetros operacionais, foram obtidos os *pushbacks* do sequenciamento da produção até a obtenção da cava final.

Na determinação do *pushback* 1 estipulou-se a cota de 65 m para o pátio da lavra, sendo esta aproximadamente a mesma cota onde se encontra o britador primário da mina. As cristas das bancadas de 14 metros situam-se em 79, 93, 107 e 115 metros, pois o maciço tem um total de 117 metros de altura. Nesta fase, a cava 1 (figuras 7 e 8) foi projetada de baixo para cima, a começar da cota 65, com estradas flutuantes (para que a rocha seja

aproveitada de forma eficiente, a conter somente a berma final, sem estradas). Na figura 9 é possível ver uma rampa de acesso e frentes de lavra com bermas de operação medindo 15 metros.

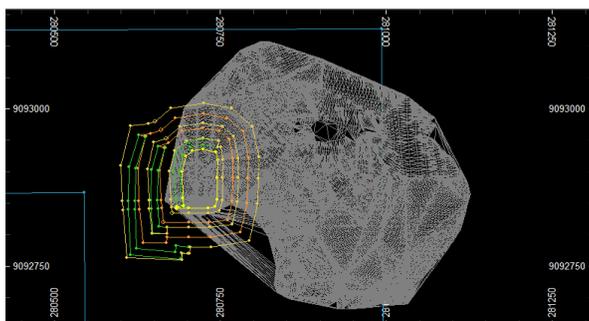


Figura 7 - Construção do *Pushback* 1

Fonte: GALDINO (2018)

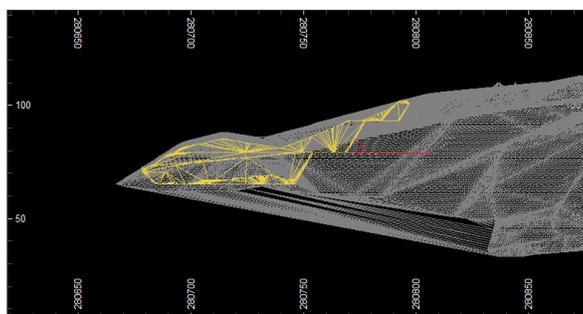


Figura 8 - *Pushback* 1 em vista lateral e indicação do ângulo de talude

Fonte: GALDINO (2018)

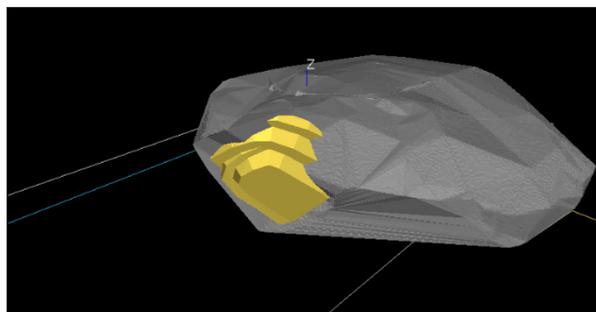


Figura 9 - Rampa para acesso ao *Pushback* 1

Fonte: GALDINO (2018)

O *Pushback 2* (figura 10) foi construído com bermas possuindo 3 m, pois esta é dada como uma mina em estágio final, sem operações, considerando os limites do terreno, caso não seja possível arrendar o terreno vizinho. As estradas seguiram flutuantes por todas as bancadas para que não fossem incorporadas a esta que possivelmente será uma cava final. O desenho da cava foi projetado seguindo-se o formato do terreno, como ilustra a figura 11.

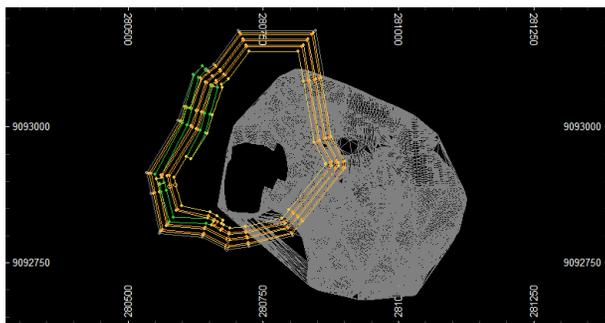


Figura 10 - Construção do *Pushback 2*

Fonte: GALDINO (2018)



Figura 11 – Geometria do *Pushback 2* acompanhando terreno arrendado

Fonte: GALDINO (2018)

O *Pushback 3* foi construído de modo que possibilitasse o avanço das frentes de lavras nos sentidos Norte, Leste e Sul, configurando à cava uma geometria quadrilátera como pode ser visto na figura 12. As rampas de acesso, que se encontram flutuantes, sofreram modificações na inclinação, a fim de fazê-las permanecer na porção esquerda do desenho. Entretanto, uma rampa de operação foi incorporada à cava para que ela aparentasse ser uma cava de operação real. A figura 13 apresenta o resultado do *Pushback 3* em ambiente tridimensional.

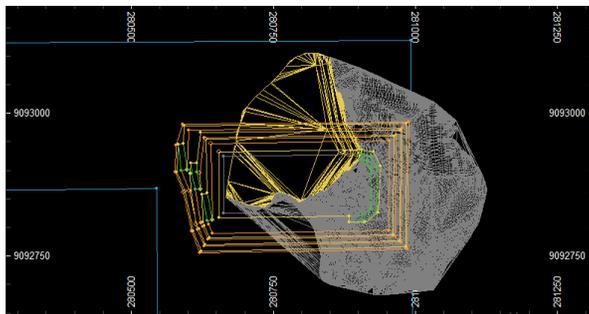


Figura 12 - Construção do *Pushback 3* com 3 frentes de lavra  
 Fonte: GALDINO (2018)

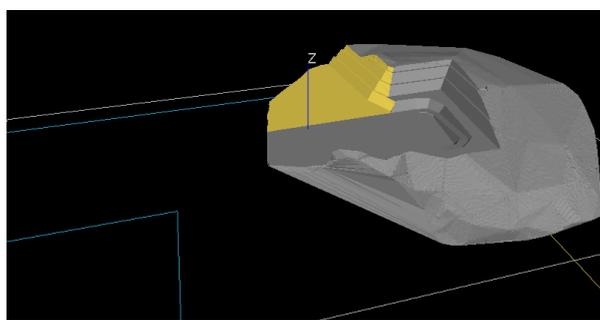


Figura 13 - *Pushback 3* com visualização em 3D  
 Fonte: GALDINO (2018)

A cava final teve sua geometria definida pelos limites da poligonal ANM 840.505/2012 abrangendo ao máximo o maciço rochoso, como apresentado nas 14 e 15.

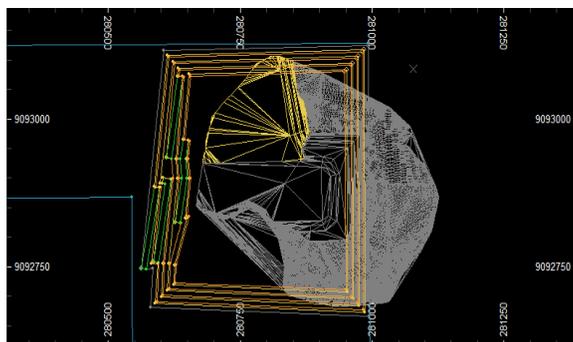


Figura 14 - Construção da cava final  
 Fonte: GALDINO (2018)

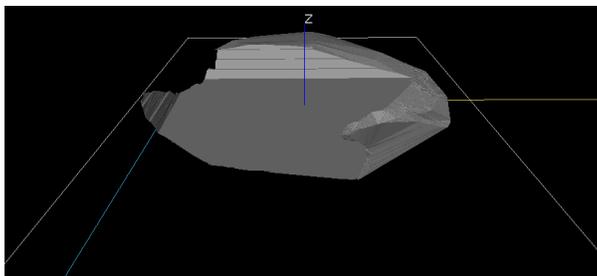


Figura 15 - Visualização da cava final em 3D

Fonte: GALDINO (2018)

### 3.2 Cubagem do maciço rochoso e determinação da reserva lavrável

Após a determinação das cavas operacionais do sequenciamento da produção, foram definidas a reserva do minério e a quantidade de estéril presentes na área, bem como a tonelagem de minério disponível considerando um granito com densidade de 2,7 t/m<sup>3</sup>. Os resultados dos volumes contidos encontram-se na tabela 1.

Cava operacional	Volume (m <sup>3</sup> ) <i>in situ</i>	Tonelagem
<i>Pushback 1</i>	115.753,2 m <sup>3</sup>	312.533,64 t
<i>Pushback 2</i>	977.784,3 m <sup>3</sup>	2.640.017,61 t
<i>Pushback 3</i>	1.371.209,1 m <sup>3</sup>	3.702.264,57 t
<i>Pushback 4</i>	2.141.955,7 m <sup>3</sup>	5.783.280,39 t
<b>Total minério</b>	<b>4.606.702,3 m<sup>3</sup></b>	<b>12.438.096,21 t</b>

Tabela 1 - Reserva mineral disponível na área

Fonte: GALDINO (2018)

Considerou-se para efeitos de cubagem o valor de 4.606.702,3 m<sup>3</sup> *in situ* como reserva lavrável do maciço rochoso, o que corresponde a 12.438.096,21 toneladas. Determinou-se também o volume de material estéril na cobertura existente na área de lavra, o que permitiu determinar a relação estéril/minério para a operação como indicado a seguir, sendo este correspondente a 199.347,10 m<sup>3</sup> considerando-se uma camada de material areno-argiloso com espessura de 1,5 m. Assim, a relação estéril/minério (REM) média prevista para a operação de lavra na área será de:

$$REM(t/m^3) = \frac{199.347,10}{12.438.096,21} = 0,02 \text{ m}^3/t$$

A taxa de produção mensal esperada neste momento inicial é de 25.000 m<sup>3</sup> de minério empolado, o que equivale à extração de 300.000 m<sup>3</sup> empolados por ano; se for considerado 1,5 como fator de empolamento, serão consumidos anualmente 200.000 m<sup>3</sup> *in situ*. Assim, a estimativa de vida útil para a jazida em avaliação, considerando uma recuperação de 100% do minério, será de:

$$Vida\ útil = \frac{12.438.096,21 \times 1}{200.000} = 62\ anos$$

## 4 | CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo efetuar o planejamento da lavra de um maciço rochoso de granito localizado no município de Jaboatão dos Guararapes, no estado de Pernambuco, destinado à produção de material para agregados do setor de construção civil.

Os dados obtidos através do levantamento topográfico possibilitaram a reprodução tridimensional do maciço rochoso na ferramenta computacional utilizada, o *Datamine Studio 3D* e, portanto, foi possível desenvolver as cavas intermediárias de produção, o desenho da cava final, a indicação da reserva lavrável do depósito mineral e a vida útil da jazida. A reserva lavrável calculada foi estimada em 4.606.702,3 m<sup>3</sup>, o que equivale à 12.438.096,21 t. Como o volume de material areno-argiloso (estéril) corresponde a 199.347,10 m<sup>3</sup>, obteve-se 0,02:1 m<sup>3</sup>/t na REM global. Considerando a produção de 25.000 m<sup>3</sup>/mês empolados, que correspondem a 200.000 m<sup>3</sup>/ano *in situ*, foi determinada a vida útil da mina em aproximadamente 62 anos.

Vale salientar que a taxa de produção e a vida útil do empreendimento foram estimadas levando em consideração a atual conjuntura do mercado de agregados para a construção civil na Região Metropolitana do Recife. Como o contrato inicial é de 15 anos, o cenário pode modificar-se por completo, sendo ideal que seja efetuado um estudo de viabilidade econômica considerando diversos cenários de produção e uma análise de risco.

## REFERÊNCIAS

CARMO, I. M. **Estudo Comparativo de Ferramentas Computacionais para Modelagem geométrica e Cubagem de Maciços Rochosos**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

GALDINO, A. I. S. **Projeto e sequenciamento de lavra do maciço rochoso da Mineração Megaípe**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Minas) – Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2018.

GOOGLE EARTH. **Estradas**. 2018.

LAMGHARI, A.; DIMITRAKOPOULOS, R.; FERLAND, J. A. A hybrid method based on linear programming and variable neighborhood descent for scheduling production in open-pit mines. **J Glob Optim**, v. 63, p. 555-582, 2015.

LEE, T. D. **Planning and mine feasibility study – And owners perspective**. In: Proceedings of the 1984 NWMA Short Course 'Mine Feasibility – Concept to Completion'. Spokane, WA, 1984.

MARIZ, J. L. V. **Análise da aderência à realidade brasileira dos métodos de previsão da taxa de produção em fases prematuras de projeto**. 2018. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

RODRIGUES, H. C. **Análise comparativa dos métodos de lavra Terrace Mining e Strip Mining para mineração de gipsita**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

SHISHVAN, M. S.; SATTARVAND, J. Long term production planning of open pit mines by ant colony optimization. **European Journal of Operational Research**, v. 211, p. 184-197, 2015.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abordagem Sistêmica 119, 120, 121, 131

Agregados 12, 16, 61, 62, 69, 71, 72, 73, 79, 83, 85, 86, 87, 103, 104, 105, 117, 119, 121, 145, 148, 158, 159, 161

Agropecuária 211, 212, 213, 214, 217, 218, 219, 222

Análise de Risco 117, 145, 147, 150, 154, 157, 158

Arte 212, 254, 255, 256, 263, 264

### B

BIM 174, 175, 178, 179, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 262

### C

Células Fotovoltaicas 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8

Construção Civil 15, 16, 24, 25, 62, 63, 69, 72, 73, 79, 83, 85, 86, 87, 103, 104, 105, 117, 148, 150, 159, 161, 174, 181, 192, 254, 255, 258, 260, 262, 263

### D

Desmonte 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 83, 112, 119, 121, 122, 123, 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 152, 168, 169, 170

Dimensionamento 5, 69, 145, 147, 148, 157, 158, 196

### E

Economia 16, 18, 42, 58, 69, 72, 75, 76, 86, 131, 147, 172, 198, 212, 232, 259

Edificações 15, 16, 17, 28, 29, 40, 148, 175, 177, 178, 180, 181, 192, 194, 198

Empresa Junior 198, 199

Energia Solar 1, 2, 3, 14

Engenharia Civil 41, 133, 138, 185, 194, 197, 254, 256, 258, 263

Equipamentos 3, 29, 53, 55, 58, 59, 63, 64, 65, 69, 74, 75, 80, 81, 82, 84, 85, 119, 122, 133, 134, 135, 138, 145, 146, 147, 148, 149, 152, 153, 156, 157, 162, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 188, 189, 190, 199, 200, 203, 206, 207, 209

Etanol 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60

Eventos Extremos 223, 224, 225, 227, 228, 229, 230, 233, 234, 235

Explosivos 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 75, 119, 123, 131, 132, 164, 168, 170

## **F**

Fluxo de Caixa 71, 72, 73, 76, 77, 79, 84, 85, 86, 87, 90, 150

Formação Técnica 211, 213, 218

## **G**

Geodésico 133, 134, 135, 138

Geotecnia 12, 196, 197, 199, 200

Geotecnologias 223, 225, 235

Gestão de Projetos 174, 181

GNSS 133, 134, 135, 138, 139, 142, 143, 144

Granulometria 62, 119, 121

## **I**

Impactos Ambientais 53

Interdisciplinaridade 211, 213, 216, 217, 221, 222

## **L**

Lajes 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 28

Lavra 62, 69, 73, 74, 82, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 97, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 145, 146, 147, 149, 157, 158, 164, 166, 168, 170

## **M**

Macizo Rochoso 71, 72, 73, 80, 81, 85, 105, 107, 108, 110, 111, 112, 115, 116, 117, 121, 130

Manutenção 4, 27, 28, 29, 30, 39, 40, 53, 55, 56, 59, 64, 67, 122, 164, 165, 167, 170, 180, 185, 190, 191, 194, 199, 206, 207

Mapa de Risco 12, 159, 161, 165, 166, 170, 171, 172

Marquises 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 39, 40, 41

Mineração 12, 61, 62, 71, 72, 73, 74, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 91, 102, 103, 104, 105, 107, 117, 118, 120, 121, 132, 145, 148, 158, 159, 160, 165, 172, 173

Mineral 61, 69, 72, 73, 74, 75, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 94, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 111, 116, 117, 118, 158, 159, 160, 161, 171, 172, 173

Mobilidade Urbana 42, 43, 44, 45, 49, 51

## **O**

Otimização 1, 51, 119, 120, 121

## **P**

Pandemia 254, 256, 257, 258, 263

Pedagogia 222, 254, 255, 263

Pedreira 61, 63, 64, 65, 81, 84, 105, 106, 119, 122, 125, 127, 132, 148, 150, 152, 157, 159, 161, 164, 165, 166, 167, 168, 170, 171, 172

Planejamento 86, 88, 103, 104, 105, 117, 145, 160, 173, 176, 177, 178, 182, 185, 187, 212, 220, 225, 236, 256, 265

Poluentes 27, 53, 54, 55, 57, 59, 60

Posicionamento 18, 22, 123, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 187, 189

Prática 44, 78, 144, 172, 191, 192, 197, 198, 211, 212, 213, 214, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 256, 257, 258, 263

Processo Construtivo 15, 16, 20, 21, 24, 198

## **R**

Recursos Hídricos 223, 224, 225, 227, 235

Rochas 61, 62, 83, 94, 103, 105, 119, 121, 122, 131, 132, 168, 169, 171, 197

Rompedor 61, 63, 66, 67, 68, 69

## **S**

Saúde 12, 160, 161, 162, 172, 173, 174, 175, 176, 180, 181, 193, 194, 224, 233, 256

Secundário 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 93, 94, 98, 169, 170

Segurança no Trabalho 160, 175, 176

Semiárido 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

Sequenciamento 103, 104, 105, 108, 109, 111, 112, 116, 117

Solo 3, 44, 63, 164, 196, 197, 200, 204, 206, 209, 235, 236

Sondagem 196, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 209, 210

Suframa 42, 44, 45, 46, 51, 52

Sustentável 2, 14, 53, 54, 71, 73, 105

## **T**

Taylor 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 98, 102

Telha 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13

Teoria 74, 144, 211, 213, 216, 217, 222, 257

Topografia 63, 79, 110, 134, 135, 144, 148

## **V**

Viabilidade 12, 1, 24, 53, 54, 55, 59, 60, 64, 71, 72, 73, 74, 75, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 103, 104, 117, 145, 146, 148, 158, 179, 182, 186, 190, 191, 192, 196, 198, 199, 200, 208, 223

Vida Útil 4, 29, 34, 36, 53, 54, 64, 67, 71, 74, 79, 80, 81, 88, 89, 90, 91, 111, 117, 145, 146, 150, 175, 180, 206

## **W**

Waldorf 254, 255, 256, 263

## **Z**

Zona Rural 200

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

# 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](#) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

# 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](#) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 