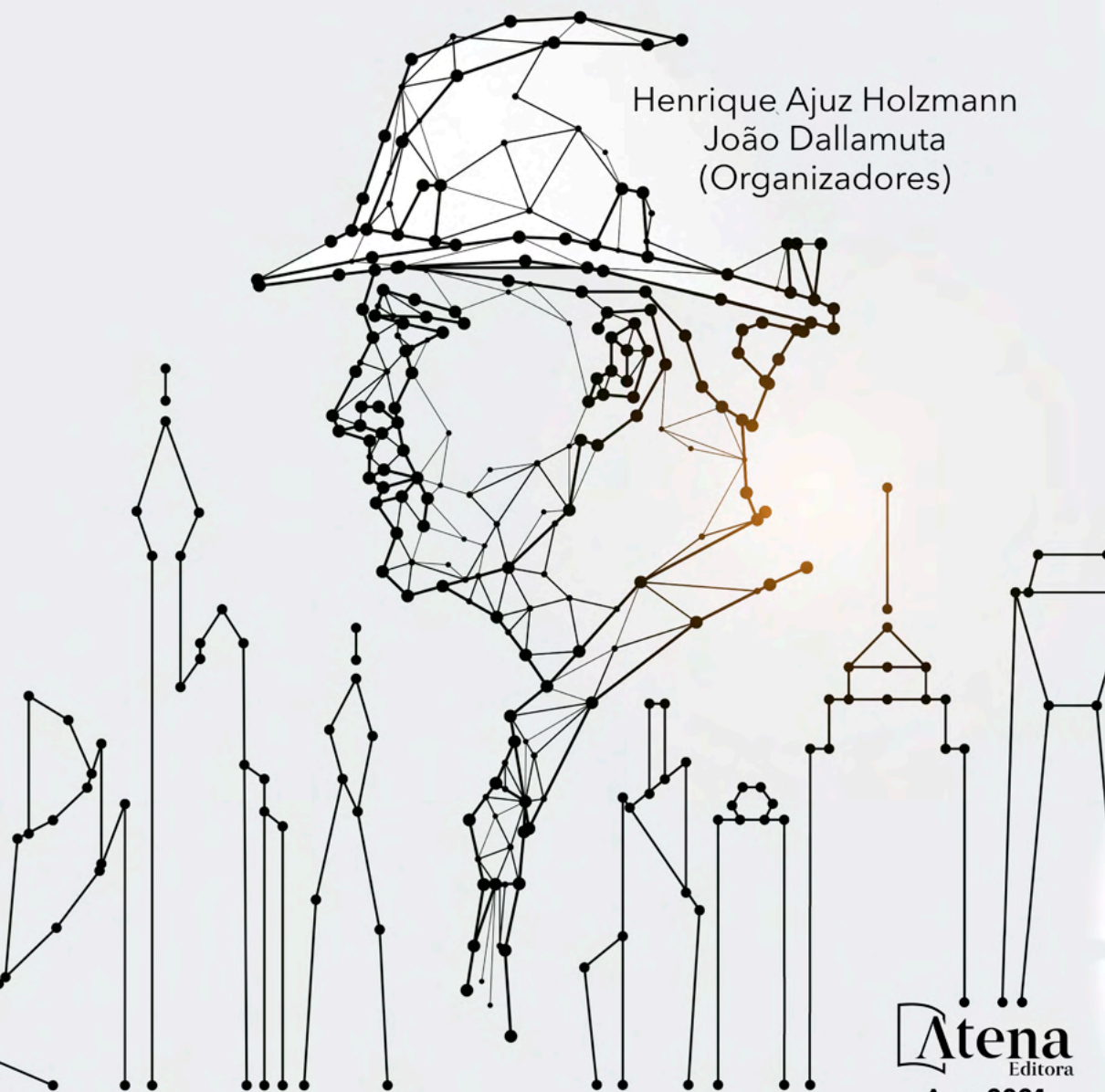


Engenharias:

da genialidade à profissão e
seu desenvolvimento

2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora

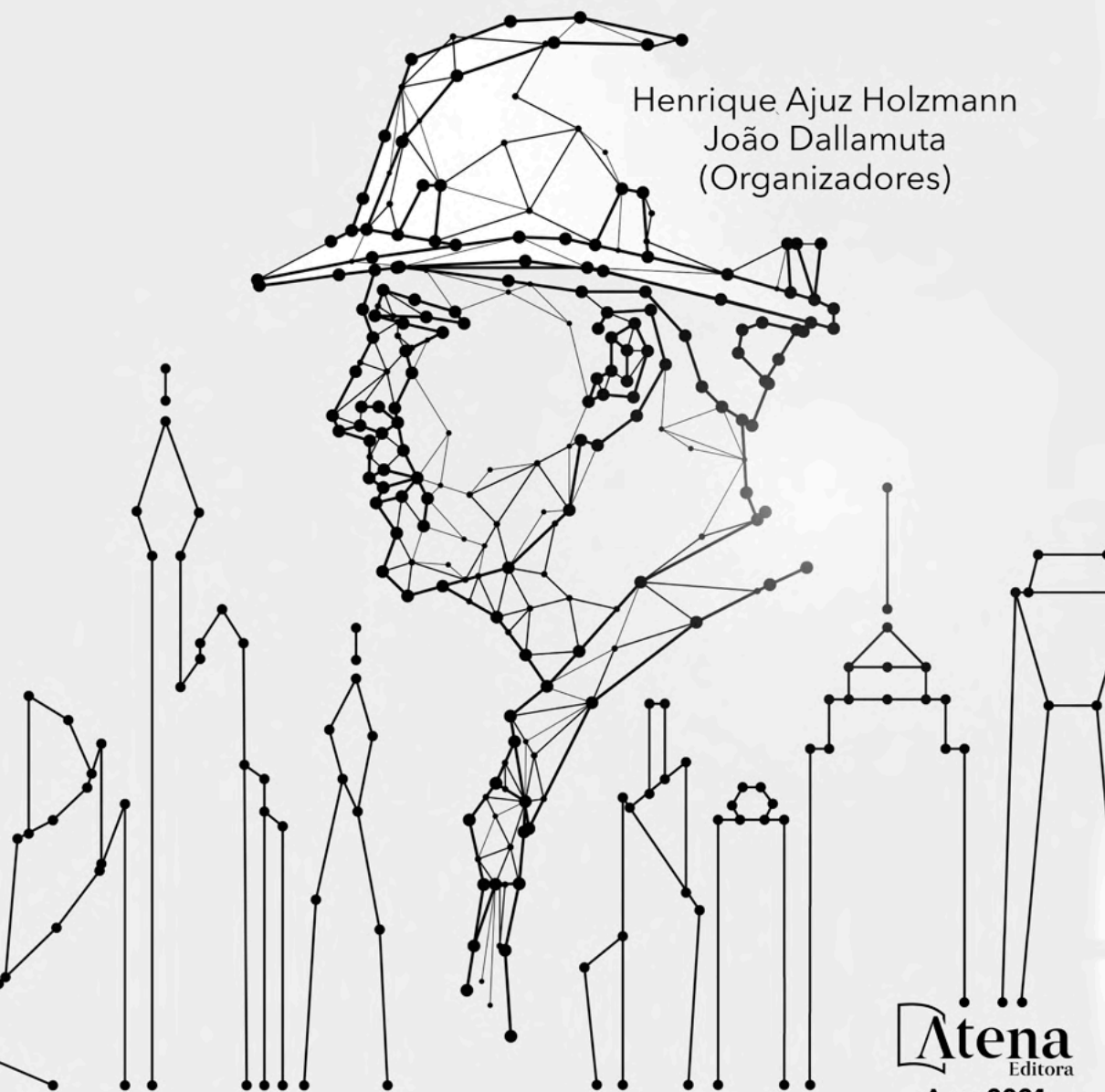
Ano 2021

Engenharias:

da genialidade à profissão e
seu desenvolvimento

2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
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. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Engenharias: da genialidade à profissão e seu desenvolvimento 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Bruno Oliveira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: da genialidade à profissão e seu desenvolvimento 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 978-65-5983-624-6
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.246211811>

1. Engenharia. 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
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

O ramo das engenharias veem ganhando cada vez mais espaço no decorrer dos anos, sendo hoje um dos principais pilares para o setor empresarial. Analisar os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa desta área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria continua de processos.

Desta forma estudar temas relacionados a engenharia é de grande importância, pois desta maneira pode-se aprimorar os conceitos e aplicar os mesmos de maneira mais eficaz. O aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral. Além disso a busca pela otimização no desenvolvimento de projetos, leva cada vez mais a simulação de processos, buscando uma redução de custos e de tempo.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de engenharia, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. 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. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE MODAL E REPRESENTAÇÃO MUSICAL APLICADAS AO DESIGN DE ESTÚDIOS DE PRODUÇÃO FONOGRÁFICA

José Augusto Mannis

Tiago Ferreira Mattos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118111>


CAPÍTULO 2..... 33

A REVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 E OS PASSOS PARA SUA APLICAÇÃO NA MINERAÇÃO

Rafaela Baldi

Karina Livia Ribeiro Vieira


Mariana Ivo Machado Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118112>

CAPÍTULO 3..... 44

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DAS ROCHAS ENCAIXANTES DA CAMADA DE CARVÃO BARRO BRANCO DA BACIA CARBONÍFERA SUL-CATARINENSE

Clovis Gonzatti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118113>

CAPÍTULO 4..... 73

REAPROVEITAMENTO DE FINOS DE PEDREIRAS: A UTILIZAÇÃO DO PÓ DE ROCHA COMO REMINERALIZADOR DE SOLO

Ana Olivia Barufi Franco-Magalhães

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118114>

CAPÍTULO 5..... 80

BIODIGESTÃO DE POME COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA E AMBIENTAL EM PLANTA DE PRODUÇÃO DE ÓLEO DE PALMA

Daniel Dominguez Carvajal


Ana Marcela Mosquera Mena

John Alejandro Ruiz

Francisco José Molina Pérez

Carlos Alberto Peláez Jaramillo

Mariana Peñuela Vásquez


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118115>







CAPÍTULO 6..... 88



AULA PRÁTICA DE MONTAGEM DE UMA UNIDADE SANITÁRIA DE PLÁSTICO RECICLADO RELATO DE EXPERIÊNCIA

Maria Aridenise Macena Fontenelle

Thaís Russiely Guedes Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118116>

CAPÍTULO 7	98
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA LAGOA DO COLOSSO, MUNICÍPIO DE FORTALEZA, CEARÁ: CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO INSTITUTO FEDERAL DO CEARÁ - IFCE	
Georgia Kelly Terto Galvao	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118117	
CAPÍTULO 8	104
MEASUREMENTS OF GAMMA, NEUTRONS, RAINFALLS, AND POSSIBLE CORRELATIONS IN TROPICAL REGION OF BRAZIL	
Inacio Malmonge Martin	
Mauro Angelo Alves	
Marcelo Pêgo	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118118	
CAPÍTULO 9	111
APLICAÇÃO DO DESACOPLAMENTO ENTRE MALHAS DE CONTROLE EM REATOR CONTÍNUO DE TANQUE AGITADO (CSTR)	
Mário Luiz Pereira Souza	
Emilly Damiani Nunes Prates	
Saulo Fernando dos Santos Vidal	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2462118119	
CAPÍTULO 10	126
GESTÃO DE FADIGA DE OPERADORES DE CAMINHÕES FORA DE ESTRADA: ESTUDO DE CASO EM UMA MINA A CÉU ABERTO	
Pedro Henrique Evangelista Porto	
Samuel Lourival Diamantino	
Leandro Geraldo Canaan Silveira	
Eduardo Augusto Malta	
Juliano Alves dos Reis	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24621181110	
CAPÍTULO 11	136
CHARACTERISTICS OF Pb ²⁺ DOPED CsI MATRIX UNDER GAMMA AND NEUTRON EXCITATIONS	
Maria da Conceição Costa Pereira	
Tufic Madi Filho	
José Roberto Berretta	
Lucas Faustino Tomaz	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24621181111	
CAPÍTULO 12	148
OTIMIZAÇÃO DO SABOR DE UMA BEBIDA UTILIZANDO O MÉTODO DE TAGUCHI	
Matheus Sousa Garreto	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24621181112	

CAPÍTULO 13.....	161
INTERLIGANDO O CICLISMO	
Alexandre Passos Pagin	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24621181113	
CAPÍTULO 14.....	165
PERCEÇÃO DOS EGRESSOS SOBRE A QUALIDADE DOS CURSOS DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE – UPM	
Leila Figueiredo de Miranda	
Terezinha Jocelen Masson	
Antonio Hortêncio Munhoz Jr.	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24621181114	
SOBRE OS ORGANIZADORES	178
ÍNDICE REMISSIVO.....	179

CAPÍTULO 10

GESTÃO DE FADIGA DE OPERADORES DE CAMINHÕES FORA DE ESTRADA: ESTUDO DE CASO EM UMA MINA A CÉU ABERTO

Data de aceite: 01/11/2021

Pedro Henrique Evangelista Porto
Vale S.A.

Samuel Lourival Diamantino
Vale S.A.

Leandro Geraldo Canaan Silveira
Vale S.A., Universidade Federal de Ouro Preto.

Eduardo Augusto Malta
Vale S.A.

Juliano Alves dos Reis
Vale S.A.

RESUMO: Os profissionais que trabalham em regimes de turno, como na mineração, têm o seu ciclo circadiano bastante alterado, podendo ser conduzidos a um estado de fadiga. Nessa condição há uma maior propensão à tomada de decisões erradas ou tardias, que comumente são causas de acidentes. Nesse contexto, este trabalho visa verificar a efetividade da aplicação do sistema de gerenciamento de fadiga OptAlert®, que mede a sonolência de operadores de caminhão fora de estrada, em uma mina a céu aberto. Três fases de teste, sob distintas condições de tratativa de fadiga, durante o período de seis semanas cada foram realizadas com vinte e quatro operadores. Os resultados mostraram que a implantação de um sistema de gerenciamento capaz de quantificar a sonolência de operadores e estabelecer procedimentos e tratativas específicas é efetiva no aumento do

nível de alerta dos operadores, podendo assim ser útil para redução do risco de acidentes.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de fadiga; sonolência; caminhão fora de estrada; risco de acidente.

FATIGUE MANAGEMENT OF TRUCK OPERATORS WHEN OFF WORK : CASE STUDY IN AN OUTSIDE MINE

ABSTRACT: Shift workers, as in mining, have their circadian cycle greatly altered, and may be led to a state of fatigue. In this condition, there is a greater propensity to make wrong or late decisions, which are commonly causes of accidents. In this context, this work aims to verify the effectiveness of the application of the OptAlert® fatigue management system, which measures the drowsiness of off-road truck operators, in an open pit mine. Three test phases, under different fatigue management conditions, during a period of six weeks each were performed with twenty-four operators. The results have shown that the implementation of a management system capable of quantifying the sleepiness of operators and establishing specific procedures and treatments is effective in increasing the operator's alertness level, thus being able to be useful for reducing the risk of accidents.

KEYWORDS: Fatigue management; drowsiness, off-road truck, risk of accident.

INTRODUÇÃO

A fadiga representa um grande desafio no seguimento da mineração. Dependendo

da ocupação específica e da configuração operacional, os trabalhos do setor podem ter uma quantidade razoável de tarefas intensas, monótonas e repetitivas. Combinado com as cumprimentos da jornada de trabalho e horários de turno, a aparição de fadiga nos colaboradores é algo esperado, como descrito por Bauerle, Dugdale e Poplin [1]

É prática comum que operações mineiras adotem regimes de trabalho em turnos, de maneira a atender as demandas de mercado, sempre em acordo com as regulamentações trabalhistas locais. Os regimes de trabalho adquirem diversas formas, desde a adoção de sistema *fly-in/fly-out* aos regimes de turno em diferentes configurações. Boivin e Boudreau [2] estudaram os impactos na saúde de trabalhadores e os distúrbios do sono associados ao trabalho em regimes de turno. Os autores concluíram que o trabalho sob estes regimes aumenta o risco de erros e acidentes no ambiente de trabalho.

A fadiga é um fenômeno que interessa várias áreas de estudos da sociedade em geral. Por isso, não se obtém uma unanimidade de definição em seu conceito. Para este estudo se adotará a definição de Everitt [3], que diz que a fadiga pode ser inferida por meio de várias características observáveis e monitoráveis. Segundo Shen, Barbera e Shapiro [4], a fadiga se manifesta, principalmente, por meio de quatro fatores: psicológico (cansaço, falta de motivação, ações induzidas pelo estresse), fisiológico (perda de força e resistência, consumo de energia), cognitivo (tempo de reação retardado, esquecimento) e comportamental (fechamento da pálpebra ou aceno de cabeça, fala mais lenta, diminuição da produtividade).

Um estudo publicado em 2007 pela Caterpillar Global Mining [5] estimou que até 65% dos acidentes de transporte de materiais em minerações a céu aberto foram relacionados à fadiga dos operadores. Pelders e Nelson [6] investigaram os fatores chave que contribuem para a fadiga em operadores em quatro minas de ouro e em uma mina de platina na África do Sul. Qualitativamente, a fadiga pôde ser atribuída ao regime de trabalho de turno, bem como às questões cotidianas, como problemas pessoais de cada indivíduo.

Johns *et al.* [8] propuseram uma escala (JDS ou *Johns Drowsiness Scale*) derivada de uma análise de regressão múltipla *stepwise backward*, validada estatisticamente, para medição de sonolência através de uma combinação ponderada de variáveis oculares por oculografia de refletância de infravermelho. Essa escala foi proposta através de um estudo que consistiu na análise de falhas de desempenho em dois diferentes testes de tempos de reação (tempo de reação e tempo de decisão) e também em testes de condução simulada de veículos. Trinta e um voluntários saudáveis participaram dos dois testes de tempo de reação por quinze minutos, com e sem privação de sono (27 ~ 33 horas). Em ambos cenários, a sonolência deles foi medida pela escala JDS (0 – 10) a cada minuto. Como resultado, o experimento concluiu que após a privação de sono o tempo de reação cresceu e os erros de omissão (falha em responder ao estímulo em até 2 segundos) ocorreram com mais frequência nos dois tipos de teste. Saídas de pista também aumentaram consideravelmente de acordo com o aumento da pontuação da escala e o risco por

minuto cresceu progressivamente. Portanto, o risco da falha em estado de sonolência pode ser amplamente associado às altas pontuações na escala JDS, refletindo mudanças nas características de movimentação de pálpebra durante as piscadas. Foram ainda identificadas três faixas de interesse na escala JDS, a saber: o risco de falha começava a aumentar apenas levemente à medida que a pontuação ultrapassa o valor de 3 (risco baixo); para pontuações de 4,5 até 5 (risco médio) o risco aumentava substancialmente e acima de 5 (risco alto) o risco de falha de desempenho era tão alto que o indivíduo era instruído que estava sonolento demais para continuar a dirigir.

Em um experimento conduzido por Aidman *et al.* [8] foi realizado o monitoramento de condutores de veículos leves utilizando o sistema de monitoramento de fadiga OptAlert em rodovias, que usa a escala JDS. Esse grupo foi supervisionado por alguns dias com o sistema funcionando em dois cenários: no primeiro cenário o sistema apenas monitorava e não gerava nenhum alerta de sonolência ao condutor. No segundo cenário, os condutores eram comunicados sempre que o sistema alertava e gerava alarme de sonolência. Os resultados obtidos foram expressivos e verificados através das variações do JDS. Deste modo, verificou-se que no segundo cenário as pontuações de JDS foram menores do que no primeiro. Conseqüentemente, verificou-se que o sistema corroborou para um maior nível de alertar dos condutores.

Nesse contexto, este trabalho visa verificar a efetividade da aplicação do sistema de gerenciamento de fadiga OptAlert no aumento do nível de alerta dos operadores de caminhão fora de estrada em uma mina a céu aberto, contribuindo, conseqüentemente, na redução do risco de acidentes relacionados à fadiga.

METODOLOGIA

Foram selecionados aleatoriamente vinte e quatro operadores de caminhões fora de estrada, que trabalham em regime de turno, para avaliação do sistema de monitoramento de fadiga. A mina em estudo opera vinte e quatro horas por dia, sete dias por semana, com os turnos configurados da seguinte maneira:

- Noturno: 01:00 às 07:00h;
- Diurno: 07:00 às 16:00h;
- Tarde: 16:00 às 01:00;

Durante o experimento os operadores trabalharam em escala fixa em seis caminhões, no quais foram instalados os kits do sistema OptAlert®. Os operadores foram avisados do início do experimento e treinados no funcionamento do sistema.

O período de avaliação foi de cinco meses, superando a ordem de onze mil horas monitoradas. O experimento foi dividido em três fases de seis semanas cada, conforme Figura 1.

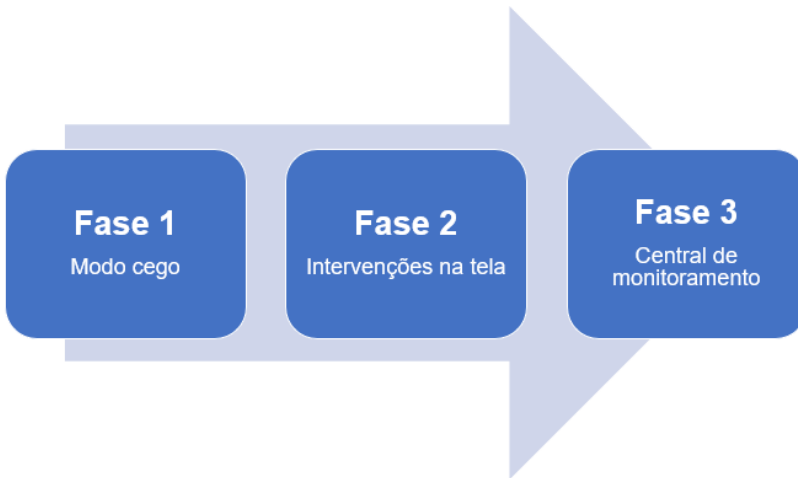


Figura 1: Fases do experimento.

- Fase 1: os operadores foram orientados a operar os equipamentos utilizando os óculos OptAlert®, mas sem receber nenhum tipo de aviso ou interferência sobre o estado de sonolência medido. A tela do dispositivo instalado na cabine do equipamento foi desabilitada, não informando o operador sobre os níveis de sonolência apresentados. Essa fase, chamada de “modo cego”, teve como objetivo estabelecer o padrão de alerta e sonolência da mina, de maneira a conhecer os níveis de sonolência da operação previamente à implementação do sistema, possibilitando análises e comparações futuras.
- Fase 2: os operadores passaram a receber, em tempo real, alertas visuais e sonoros através da tela do dispositivo instalada dentro da cabine do equipamento quando atingiam níveis de sonolência médios e altos. Nessa fase objetivou-se estabelecer o grau de eficiência do sistema, de maneira gradual, assim como a mudança comportamental dos operadores quando sujeitos a intervenções do sistema
- Fase 3: nessa fase, além dos alertas sonoros e visuais na cabine dos equipamentos presentes na fase 2, houve também a intervenção da equipe de monitoramento do sistema de gerenciamento de fadiga. A equipe de monitoramento foi responsável por monitorar, vinte e quatro horas por dia, o sistema de gestão de fadiga, acionando o procedimento estabelecido sempre que alarmes médios ou altos fossem recebidos por um operador. O procedimento preconiza que, caso o operador receba de um a quatro alarmes médios, deve-se paralisar o equipamento, realizar a ginástica laboral e/ou ingerir um lanche caso tenha se passado muito tempo desde a última ingestão de glicose. No caso de mais de quatro alarmes médios ou um alarme de nível alto, o operador deve parar o equipamento em local seguro e ser substituído naquele turno, como ilustrada na Figura 2.

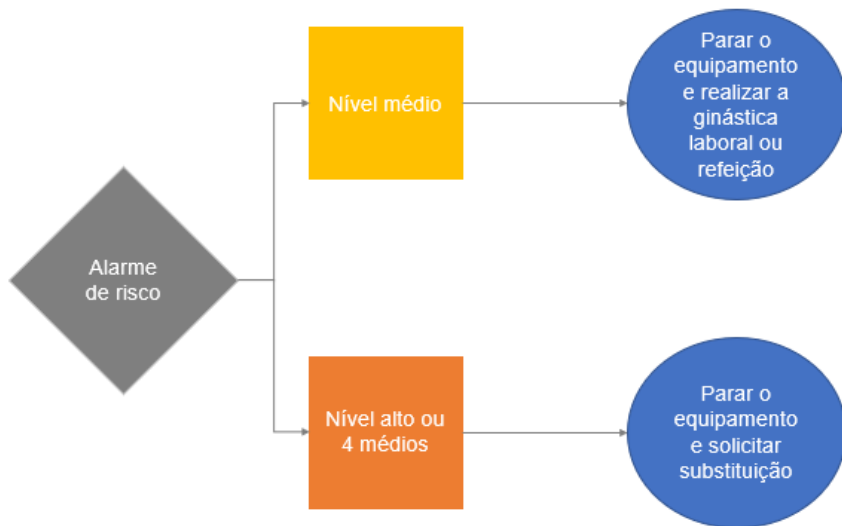


Figura 2: Procedimento operacional para alarmes de fadiga.

Vale ressaltar que na fase 3, foi designado um profissional habilitado para monitorar os resultados advindos do sistema e realizar as intervenções, quando necessário.

Durante todo o período do experimento os dados foram coletados pelo sistema OptAlert®, possibilitando análises sobre o nível de risco da mina antes e depois da implantação do sistema e das intervenções feitas no caso de alertas de risco.

DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Os dados foram analisados de maneira a verificar a efetividade da aplicação do sistema e das intervenções na redução do nível de risco dos operadores da operação. Inicialmente, analisou-se a pontuação média, medida em JDS, das fases do experimento. A Tabela 1 sumariza as principais estatísticas descritivas por fase, também ilustradas pelos boxplots da Figura 3, em que é possível observar a redução de cerca de 22% (1,70 para 1,32) na pontuação média entre as fases 1 e 3.

<i>Estatísticas Descritivas</i>	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2</i>	<i>Fase 3</i>
Média	1,70	1,47	1,32
Erro padrão	0,00301	0,00279	0,00282
Mediana	1,50	1,30	1,20
Desvio padrão	1,28	1,13	1,03
Variância da amostra	1,64	1,28	1,06
Mínimo	0,00	0,00	0,00

Máximo	7,90	7,00	6,90
n	180695	164136	132392

Tabela 1: Estatísticas da pontuação média nas três fases do experimento.

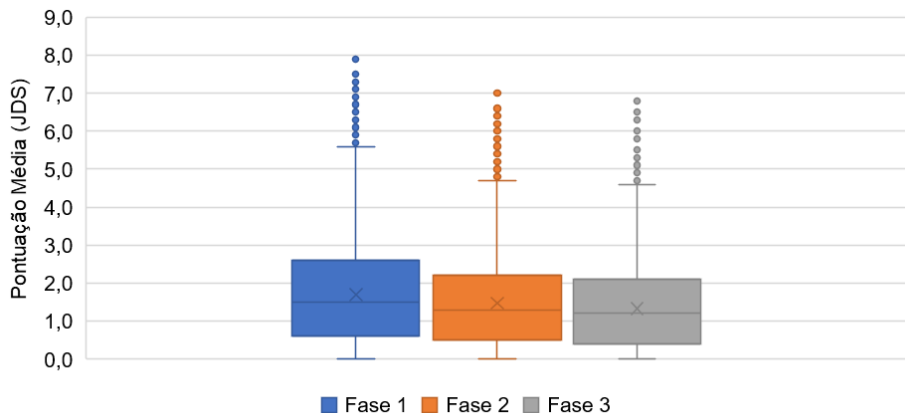


Figura 3: Boxplot da pontuação média por fase do experimento.

A Figura 4 avalia a evolução da pontuação média por hora do dia. Não se pode deixar de notar a gradual evolução do nível de sonolência ao longo dos turnos, em que o turno noturno apresenta um nível de sonolência médio maior que os outros turnos e que o turno diurno é o que apresenta o menor nível. Os picos de sonolência acontecem no final do turno da tarde (entre 22h e 0h) e próximos ao final do turno noturno (entre 04h e 06h). Esse comportamento sazonal ao longo do dia se repetiu independente da fase do experimento. Além disso, há clara diferença na pontuação média entre as 3 fases do experimento, em que a intervenção direta da central de monitoramento, na fase 3, resultou em menores níveis de sonolência por hora.

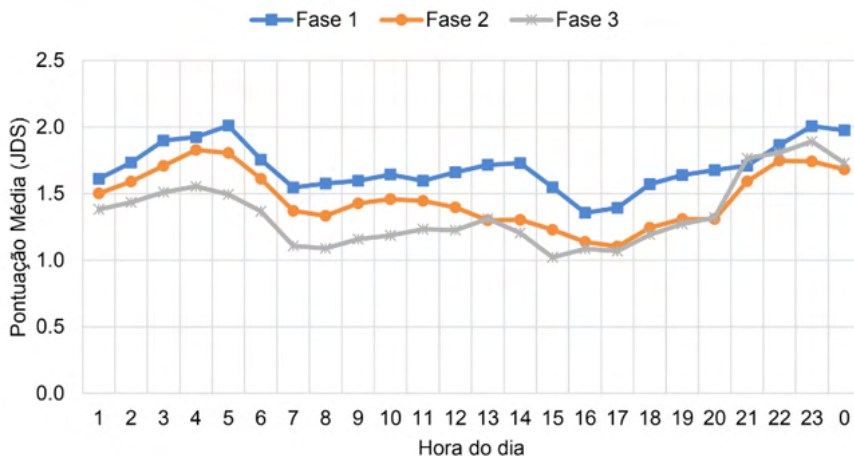


Figura 4: Pontuação média (JDS) por hora do dia em cada fase do experimento.

Outra análise se refere à quantidade de alarmes de risco gerados por hora do dia. Nesse sentido, a frequência média de alarmes por hora foi reduzida em cerca de 86% entre as fases 1 e 3, conforme Tabela 2. Na Figura 5 é possível observar que, além do evidente deslocamento de médias entre as fases do experimento, há redução na variabilidade dos resultados.

<i>Estatísticas Descritivas</i>	<i>Fase 1</i>	<i>Fase 2</i>	<i>Fase 3</i>
Média	0,67	0,26	0,10
Erro padrão	0,05077	0,02613	0,02328
Mediana	0,70	0,25	0,07
Desvio padrão	0,25	0,13	0,11
Variância da amostra	0,06	0,02	0,01
Mínimo	0,19	0,07	0,01
Máximo	1,09	0,50	0,53
n	24	24	24

Tabela 2: Estatísticas da frequência de alarmes por hora nas três fases do experimento.

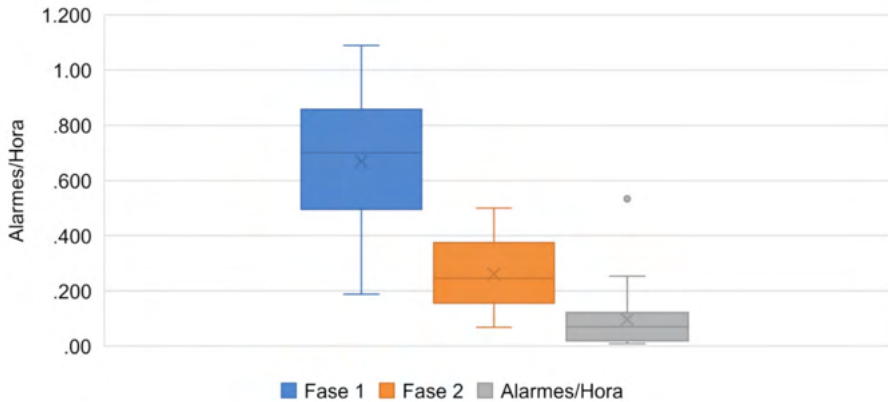


Figura 5: Frequência de alarmes por hora nas três fases do experimento.

A redução da frequência de alarmes por hora se deu tanto para alarmes de risco de nível médio quanto para os de nível alto, bem como nos diferentes turnos e horas do dia, como pode ser comparado na Figura 6, Figura 7 e Figura 8. Nota-se que, mesmo nas diferentes fases do experimento, a frequência de alarmes por hora aumenta ao longo dos turnos, se mantendo mais concentrada no final do turno da tarde e do turno noturno, em conformidade com o resultado analisado de média de pontuação por hora. Tais resultados corroboram com o ciclo circadiano humano, uma vez que os operadores do experimento estavam mais cansados ao final dos turnos que se passam no período noturno.

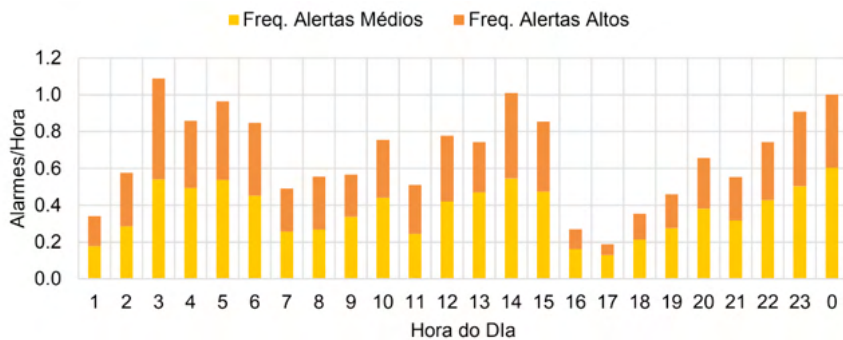


Figura 6: Frequência de alertas por hora do dia - Fase 1.



Figura 7: Frequência de alertas por hora do dia - Fase 2.

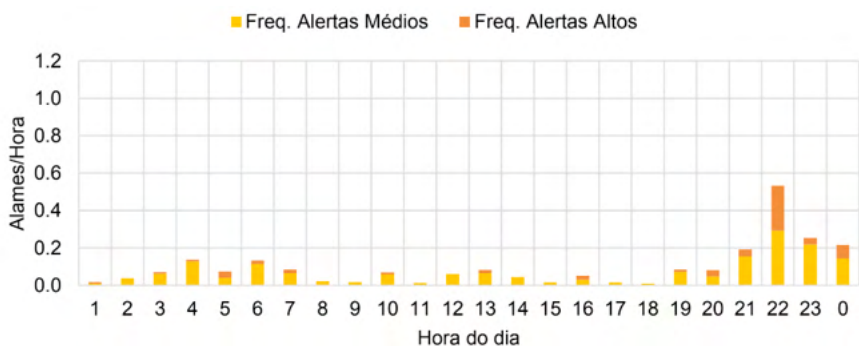


Figura 8: Frequência de alertas por hora do dia - Fase 3.

As análises mostram que a simples intervenção de alarmes sonoros e visuais na cabine dos equipamentos aumentaram o nível de alerta dos operadores e reduziram o nível de risco operacional, com uma redução de cerca de 61% na frequência de alarmes entre as fases 1 e 2. Já a intervenção direta de uma equipe responsável pelo monitoramento e gestão da fadiga dos operadores acarretou na uma redução ainda mais acentuada no perfil de risco da operação, visto que a frequência de alarmes entre as fases 1 e 3 foi reduzida em cerca de 85% e em 62% entre as fases 1 e 2.

CONCLUSÃO

Este estudo apresentou uma metodologia para verificar a efetividade de um sistema de gerenciamento de fadiga em aumentar o nível de alerta dos operadores de caminhão fora de estrada em uma mina a céu aberto e assim contribuir na redução de acidentes. Três etapas de teste, bem definidas, a saber: etapa “modo cego” (uso de óculos, porém sem alertas de sonolência na tela ou intervenções); etapa com alertas na tela e etapa com intervenção da central de monitoramento se fizeram necessárias para observar o aumento a evolução do nível de alerta dos operadores. Com base nos resultados e análises apresentados, concluiu-se que a implantação de um sistema de monitoramento e

gestão de fadiga capaz de determinar de maneira quantitativa a sonolência de operadores e estabelecer procedimentos e tratativas específicos é de grande valia e efetiva no que tange à gestão de riscos e pode ser útil na prevenção de acidentes em operações a céu aberto. Ademais, verificou-se que a intervenção através de uma central de monitoramento responsável pela gestão do sistema é de suma importância para o aumento do nível de alerta dos operadores e consequente redução do risco relacionado à fadiga.

REFERÊNCIAS

- [1] Bauerle, T., Dugdale, Z., Poplin, G. (2018). Mineworker fatigue: A review of what we know and future decisions, 70 (3), pp. 33-40
- [2] Boivin, D., Boudreau, P. (2014). Impacts on shift work on sleep and circadian rhythms. *Psychologie Biologie*, vol 62 (5), pp.292-301.
- [3] Everitt, B. An introduction to latent variable models. Chapman and Hall; London: 1984.107 pp.
- [4] Shen J, Barbera J, Shapiro C. Distinguishing sleepiness and fatigue: Focus on definition and measurement. *Sleep Medicine Reviews*. 2006;10:63–76. [PubMed]
- [5] Caterpillar Global Mining, Viewpoint. Operator Fatigue Detection Technology Review Caterpillar, Peoria, IL (2008).
- [6] Pelders e Nelson (2019) Contributors to Fatigue of MineWorkers in the South African Gold and platinum sector. 10:188-195.
- [7] Johns, M., Chapman, R., Crowley, K., Tucker, A. (2008) A new method for assessing the risks of drowsiness while driving. *Somnologie - Schlafforschung und Schlafmedizin*. 12, 66–74(2008)
- [8] Aidman, E., Chadunow, C., Johnson, K., Reece, J. Real-time driver drowsiness feedback improves driver alertness and self-reported driving performance. *Accident Analysis & Prevention*. 81: 8-13.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidente 96, 126

Acústica 1, 2, 3, 11, 18, 25

Agrominerais 73

Água 34, 35, 40, 48, 68, 91, 98, 99, 100, 101, 102, 154, 157, 158

Aplicativo 4, 5, 7, 20, 161, 162, 163, 164

Avaliação de curso 165, 166

B

Biogás 80, 81, 82, 83, 86

C

Caminhão fora de estrada 126, 128, 134

Caracterização geomecânica 44, 45, 46, 59, 69

Carvão 44, 45, 46, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Ciclismo 161, 163, 164

Cintilador 137

Conforto ambiental 1

Controle 5, 6, 18, 25, 32, 37, 40, 96, 111, 112, 113, 114, 115, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 148, 149, 150, 165

Crescimento de cristal 137

D

Desacoplamento 111, 112, 114, 115, 119, 120, 121, 124

E

Educação 36, 88, 90, 97, 98, 111, 161, 165, 166, 175, 176, 177

Egresso 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176

Engenharia civil 45, 88, 89, 92, 94, 95, 96, 174

Engenharia de áudio 1

Ensaios de laboratório 44, 51, 66, 69

Estúdio 1, 28

G

Gerenciamento de fadiga 126, 128, 129, 134

I

Interligação 161, 162

M

Matriz ortogonal 148, 150, 152, 154, 160

Mercado de trabalho 160, 165, 167, 168, 169, 170, 175

Mineração 33, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 70, 73, 75, 79, 126

O

Otimização 35, 37, 40, 69, 112, 148, 151, 160

P

Pedreiras 73, 74, 79

Pó de rocha 73, 74, 75, 76

Produtividade 33, 34, 36, 38, 39, 40, 127, 148, 149, 150, 160

Q

Qualidade 11, 13, 21, 33, 34, 37, 41, 42, 46, 50, 51, 68, 69, 98, 99, 100, 112, 148, 150, 157, 160, 165, 166, 167, 168, 169, 173, 176, 177

R

Radiação de nêutrons 137

Radiação gama 104, 137

Reator 111, 112, 114, 115, 121, 124

Recursos hídricos 98, 99, 102

S

Sala de audição 1

Simulação 1, 3, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 24, 31, 35, 40, 41, 111, 112, 114, 115, 116

Sonolência 39, 126, 127, 128, 129, 131, 134, 135

T


Taguchi 148, 149, 150, 151, 152, 160


Engenharias:


da genialidade à profissão e
seu desenvolvimento

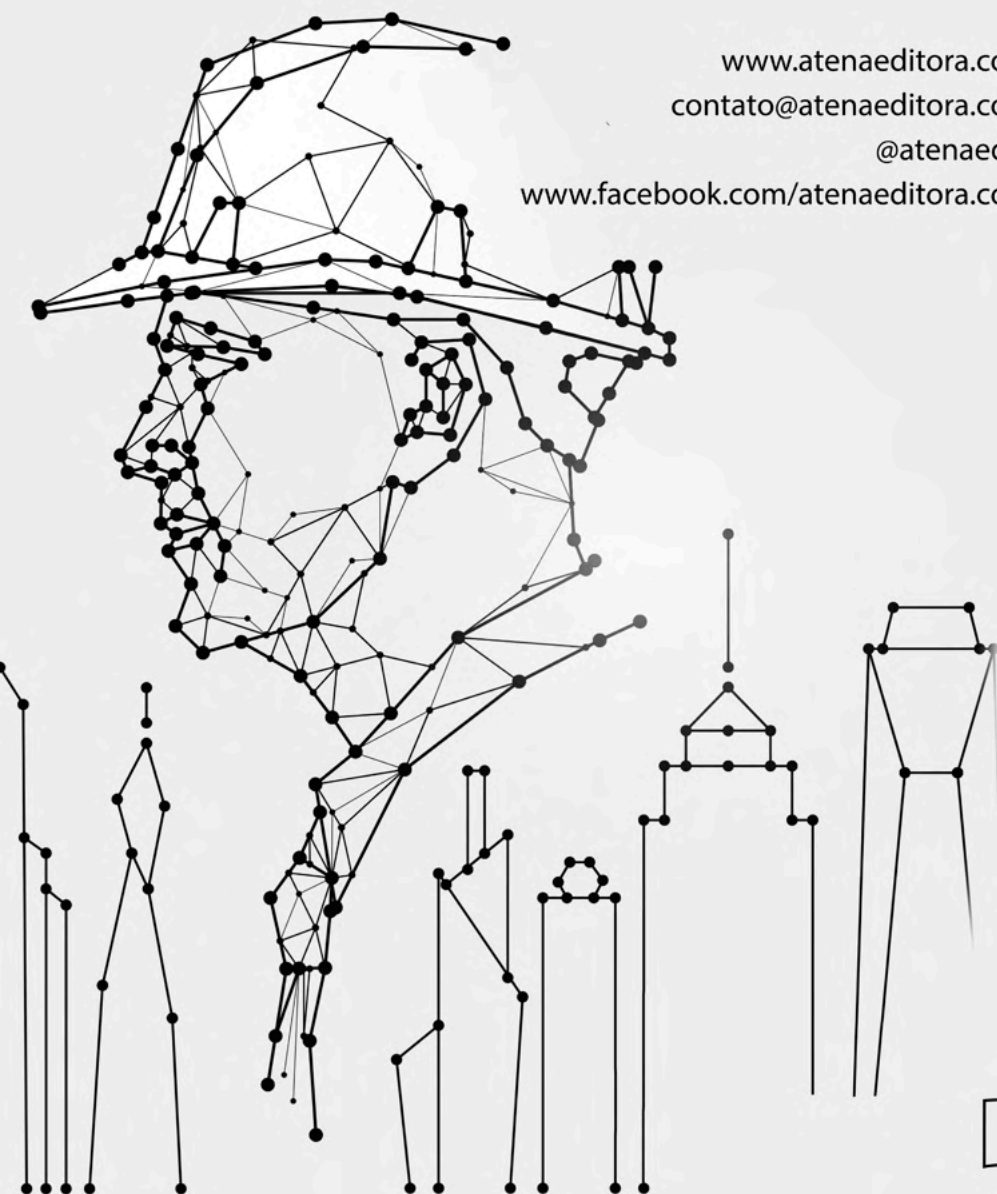
2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



Atena
Editora


Ano 2021


Engenharias:


da genialidade à profissão e
seu desenvolvimento

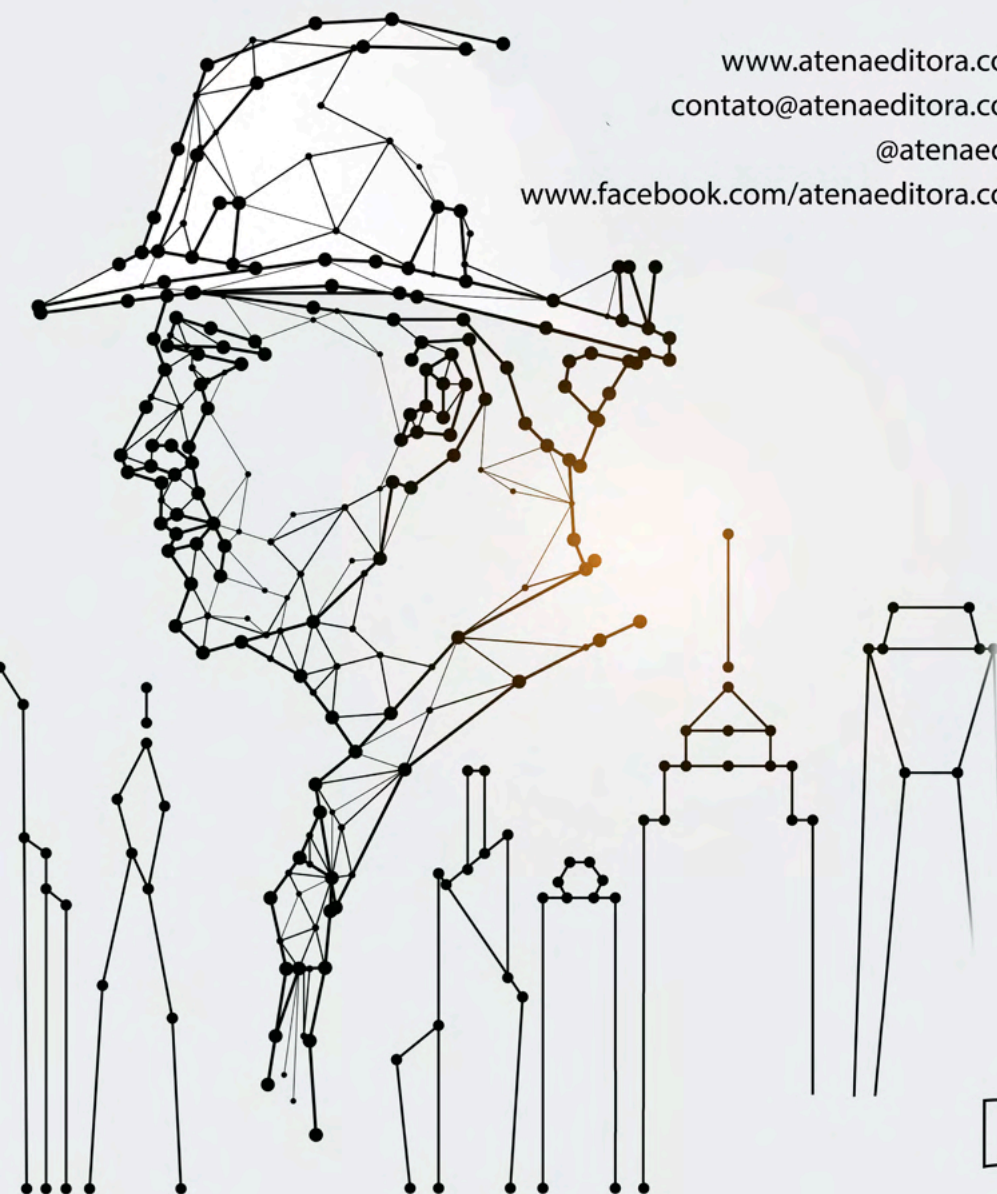
2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



 Atena
Editora

Ano 2021