



**Andrei Strickler
(Organizador)**

**Ciência, Tecnologia e
Inovação: Desafio para
um Mundo Global 2**

Andrei Strickler

(Organizador)

Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global

2

Atena Editora

2019

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Conselho Técnico Científico

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	Ciência, tecnologia e inovação [recurso eletrônico] : desafio para um mundo global 2 / Organizador Andrei Strickler. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciência, Tecnologia e Inovação. Desafio para um Mundo Global; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia. ISBN 978-85-7247-561-7 DOI 10.22533/at.ed.617192308 1. Ciência – Brasil. 2. Inovação. 3. Tecnologia. I. Strickler, Andrei. II. Série. CDD 506
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

Atena
Editora

Ano 2019

APRESENTAÇÃO

As obras “Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um mundo Global” Volume 2 e 3, consistem de um acervo de artigos de publicação da Atena Editora, a qual apresenta contribuições originais e inovadoras para a pesquisa e aplicação de técnicas da área de ciência e tecnologia na atualidade.

O Volume 2 está disposto em 26 capítulos, com assuntos voltados ao ensino-aprendizagem e aplicação de procedimentos das engenharias em geral, computação, química e estatística. São apresentadas inúmeras abordagens de aplicação dos procedimentos, e além disso, estão dispostos trabalhos que apresentam as percepções dos professores quando em aulas práticas e lúdicas.

O Volume 3, está organizado em 30 capítulos e apresenta uma outra vertente ligada ao estudo da ciência e suas inovações. Tratando pontualmente sobre áreas de doenças relacionadas ao trabalho e sanitarismo. Além disso, expõe pesquisas sobre aplicações laboratoriais, como: estudo das características moleculares e celulares. Ainda, são analisados estudos sobre procedimentos no campo da agricultura. E por fim, algumas pesquisas abordam precisamente sobre empreendedorismo, economia, custos e globalização na atualidade.

Desta forma, estas obras têm a síntese de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado e são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino e aplicação de métodos da ciência e tecnologia, cito: engenharias, computação, biologia, estatística, entre outras; de maneira atual. Sem esquecer da criação de novos produtos e processos levando a aplicação das tecnologias hoje disponíveis, vindo a tornar-se um produto ou processo de inovação.

Desejo uma boa leitura a todos.

Andrei Strickler

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A INFLUÊNCIA DOS MATEMÁTICOS FRANCESES NO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL	
<i>Fernando Osvaldo Real Carneiro</i> <i>Maria Cristina Martins Penido</i>	
DOI 10.22533/at.ed.6171923081	
CAPÍTULO 2	15
AULAS PRÁTICAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: PERCEPÇÃO DE PROFESSORES E ALUNOS DE ESCOLAS PÚBLICAS DE PORTO ESPERIDIÃO, MATO GROSSO	
<i>Jaqueline Cordeiro</i> <i>Cláudia Lúcia Pinto</i> <i>Carolina dos Santos</i> <i>Elaine Maria Loureiro</i> <i>Valcir Rogério Pinto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.6171923082	
CAPÍTULO 3	27
INTERSECCIONALIDADES DE GÊNERO E DE RAÇA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO: UMA ANÁLISE A PARTIR DO PROJETO PEDAGÓGICO DO INSTITUTO FEDERAL DA BAHIA	
<i>Patrícia Fernandes Lazzaron Novais Almeida Freitas</i>	
DOI 10.22533/at.ed.6171923083	
CAPÍTULO 4	38
O COMPLEXO DO CURARE: CONTRIBUIÇÕES DE UM ESTUDO ANTROPOLÓGICO PARA AS CIÊNCIAS DO SÉCULO XX	
<i>Bianca Luiza Freire de Castro França</i>	
DOI 10.22533/at.ed.6171923084	
CAPÍTULO 5	51
O PERFIL DOS PROFESSORES DE MATEMÁTICA PARA O TRABALHO COM JOVENS E ADULTOS NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA	
<i>Wanessa Ferreira de Sousa</i> <i>Manuella Siqueira dos Santos Maciel</i>	
DOI 10.22533/at.ed.6171923085	
CAPÍTULO 6	65
CURRÍCULO E RECURSOS TECNOLÓGICOS: QUE RELAÇÕES?	
<i>Lilian da Silva Moreira</i> <i>Maria Altina da Silva Ramos</i> <i>José Carlos Morgado</i>	
DOI 10.22533/at.ed.6171923086	

CAPÍTULO 7 76

UTILIZAÇÃO DO LÚDICO NO ATENDIMENTO DE CRIANÇAS DEFICIENTES E DITAS NORMAIS HOSPITALIZADAS EM UNIDADES PEDIÁTRICAS: AÇÕES DO TERAPEUTA OCUPACIONAL

Graziele Carolina de Almeida Marcolin
Luana Taik Cardozo Tavares
Alan Rodrigues de Souza
Kíssia Kene Salatiel
Meiry Aparecida Oliveira Vieira
Lucilene Cristiane Silva Fernandes Reis
Érica Gonçalves Campos
Débora Paula Ferreira
Jéssica Aparecida Rodrigues Santos
Rozangela Pinto da Rocha
Camila Neiva de Moura

DOI 10.22533/at.ed.6171923087

CAPÍTULO 8 82

PRODUÇÃO DE NARRATIVAS ALIMENTARES COMO METODOLOGIA EM CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA

Luiz Fernando Santos Escouto

DOI 10.22533/at.ed.6171923088

CAPÍTULO 9 93

ANÁLISE DAS DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM ENFRENTADAS PELOS ALUNOS DAS DISCIPLINAS DE FÍSICA BÁSICA

Wanessa David Canedo Melo
Leonardo Madeira dos Santos
Pedro Henrique da Conceição Silva
Raffael Costa de Figueiredo Pinto
Wanderson Nunes Santana
Maria José P Dantas
Vanda Domingos Vieira

DOI 10.22533/at.ed.6171923089

CAPÍTULO 10 109

O FATOR MOTIVACIONAL NA APRENDIZAGEM DA LÍNGUA INGLESA EM PROGRAMAS DE TREINAMENTO E DESENVOLVIMENTO EMPRESARIAL

Mike Ceriani de Oliveira Gomes
Guilherme Henrique Ferraz Campos
Willian Felipe Antunes
Érica Fernanda Paes Cardoso
Benedita Josepetti Bassetto
Edivaldo Adriano Gomes

DOI 10.22533/at.ed.61719230810

CAPÍTULO 11 116

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE FATORES GEOMÉTRICOS DE PEÇA E FERRAMENTA SOBRE A PRECISÃO DE TRAJETÓRIAS DE FERRAMENTA PARA MICROFRESAMENTO

Marcus Vinícius Pascoal Ramos
Guilherme Oliveira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.61719230811

CAPÍTULO 12 125

ANÁLISE ESTRUTURAL ASSISTIDA POR COMPUTADOR PARA VERIFICAR E ANALISAR O DIMENSIONAMENTO DE BASES FUNDIDAS DE FERRAMENTAS DE ESTAMPAGEM SOB OS ESFORÇOS RESULTANTES DO PROCESSO

Guilherme Dirksen
Ademir Jose Demetrio
Altair Carlos da Cruz
Claiton Emilio do Amaral
Custodio da Cunha Alves
Emerson Jose Corazza
Eveline Ribas Kasper Fernandes
Fabio Krug Rocha
Gilson Joao dos Santos
Paulo Roberto Queiroz
Renato Cristofolini
Rosalvo Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.61719230812

CAPÍTULO 13 139

APLICAÇÃO COMBINADA DE MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE E NA CONDIÇÃO (RCM+CBM)

Claudia Regina Carvalho de Oliveira
Paulo Jabur Abdalla
Emerson Moraes Jorge
Josenid Ferezini Vasconcellos Junior
Luiz Felipe da Silva Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.61719230813

CAPÍTULO 14 150

APLICAÇÃO DA COMPUTAÇÃO FÍSICA NO AUXÍLIO A CRIANÇAS COM DEFICIÊNCIA

Laura Cristina Meireles de Lima
Cláudio Luís V. Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.61719230814

CAPÍTULO 15 162

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO MICRO-AMBIENTAL COM O USO DE TORRES DE AQUISIÇÃO EM CASAS DE VEGETAÇÃO

Aldir Carpes Marques Filho
Jean Paulo Rodrigues
Simone Daniela Sartorio de Medeiros
Sergio Ricardo Rodrigues de Medeiros
Guinther Hugo Grudtner

DOI 10.22533/at.ed.61719230815

CAPÍTULO 16 169

SEMÁFORO INTELIGENTE

Luana Rodrigues Barros
Alexandre Ribeiro Andrade
Gabriel Daltro Duarte
Tiago Daltro Duarte

DOI 10.22533/at.ed.61719230816

CAPÍTULO 17 181

ANÁLISE DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS DE ALUNOS DE DESENVOLVIMENTO TÍPICO NO ENSINO BÁSICO ATRAVÉS DA TORRE DE HANÓI

Lorena Silva de Andrade Dias

Elisa Henning

Tatiana Comiotto

Luciana Gili Vieira Duarte

Ermelinda Silvana Junckes

Vitória Castro Cruz

DOI 10.22533/at.ed.61719230817

CAPÍTULO 18 185

MÉTODOS ESTATÍSTICOS APLICADOS A TEMPERATURA AMBIENTE E UMIDADE RELATIVA DO AR NA CIDADE DE PORTO SEGURO (BA)

Andrea de Almeida Brito

Dênio Oliveira Cruz

Ivan Costa da Cunha Lima

Gilney Figueira Zebende

DOI 10.22533/at.ed.61719230818

CAPÍTULO 19 194

MINERAÇÃO INDIVIDUAL DE BITCOINS E LITECOINS NO MUNDO

Guilherme Albuquerque Barbosa Silva

Carlo Kleber da Silva Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.61719230819

CAPÍTULO 20 206

IRRATIONALITY IN THEORETICAL MUSIC IN THE RENASSAINCE

Oscar João Abdounur

DOI 10.22533/at.ed.61719230820

CAPÍTULO 21 214

SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO FLUIDO REFRIGERANTE R-410A UTILIZANDO UM MISTURADOR ESTÁTICO

Vitor Marcelo de Queiróz

Cristiane de Souza Siqueira Pereira

Marisa Fernandes Mendes

Miguel Rascado Fraguas Neto

Luiz Felipe Caraméz Berteges

DOI 10.22533/at.ed.61719230821

CAPÍTULO 22 221

MODELAGEM DA DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS DE UM TREM MOVIDO A DIESEL SOBRE UMA ESCOLA EM RIVERSIDE, CALIFÓRNIA

Igor Shoiti Shiraishi

Caroline Fernanda Hei Wikuats

Christina Ojeda

Joanna Collado

Veronica Medina

DOI 10.22533/at.ed.61719230822

CAPÍTULO 23	231
APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA VISANDO A ORIENTAÇÃO DE PRODUTORES DE LEITE: ESTUDO DE CASO NO CENTRO OESTE PAULISTA	
<i>Mariana Wagner de Toledo Piza</i>	
<i>Vitória Castro Santos Barreto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.61719230823	
CAPÍTULO 24	238
ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO EXTERNO: COMPARATIVO DAS PROPRIEDADES NOS ESTADOS FRESCO E ENDURECIDO ENTRE OS TIPOS CONVENCIONAL E ESTABILIZADA	
<i>Maiana dos Santos Oliveira</i>	
<i>Silas de Andrade Pinto</i>	
<i>Manoel Clementino Passos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.61719230824	
CAPÍTULO 25	248
HÁ RELAÇÃO ENTRE BAIXOS VALORES DE ÂNGULO DE FASE E DESENVOLVIMENTO DE LESÃO POR PRESSÃO?	
<i>Rodrigo França Mota</i>	
<i>Barbara Pompeu Christovam</i>	
<i>Zenio do Nascimento Norberto</i>	
<i>Dayse Carvalho do Nascimento</i>	
<i>Michele Pereira da Silva Almeida Xavier</i>	
<i>Samuel Santos do Nascimento Júnior</i>	
<i>Ana Paula D'Araújo Borges</i>	
<i>Dalmo Valério Machado de Lima</i>	
<i>Monyque Évelyn dos Santos Silva</i>	
<i>Norma Valéria Dantas de Oliveira Souza</i>	
<i>Rogério Jorge Cirillo Menezes Júnior</i>	
<i>Cássio Silva Lacerda</i>	
DOI 10.22533/at.ed.61719230825	
CAPÍTULO 26	256
ASPECTOS JURÍDICOS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SUA INFLUÊNCIA NO MEIO RURAL	
<i>Karina Burgos Anacleto</i>	
<i>Marcus Vinícius Contes Calça</i>	
<i>Matheus Rodrigues Raniero</i>	
<i>Alexandre Dal Pai</i>	
DOI 10.22533/at.ed.61719230826	
SOBRE O ORGANIZADOR	263

MODELAGEM DA DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS DE UM TREM MOVIDO A DIESEL SOBRE UMA ESCOLA EM RIVERSIDE, CALIFÓRNIA

Igor Shoiti Shiraishi

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Londrina – Paraná

Caroline Fernanda Hei Wikuats

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Londrina – Paraná

Christina Ojeda

University of California Riverside
Riverside – California

Joanna Collado

University of California Riverside
Riverside – California

Veronica Medina

University of California Riverside
Riverside – California

RESUMO: A poluição atmosférica é responsável pela morte de mais de 5,5 milhões de pessoas anualmente, sendo a queima de combustíveis fósseis uma de suas principais fontes. O objetivo deste trabalho foi estimar a concentração de poluentes atmosféricos - PM_{10} , NO_2 , SO_2 , CO e hidrocarbonetos - de um trem de carga movido a diesel, em uma escola do ensino fundamental em Riverside, Califórnia. As concentrações foram calculadas a nível do chão, a partir do modelo de distribuição gaussiana, considerando um trem em marcha lenta, distância de 32 metros entre a linha férrea e a escola, velocidade média do vento

como 2,1 m/s e valores de emissão conforme Inventário de Emissões Atmosféricas do Porto de Long Beach. Além disso, foram estimadas as concentrações agudas de SO_2 e NO_2 , para o trem em movimento, em que se considerou a presença do trem durante curto período de tempo. Os resultados em condição de marcha lenta mostraram elevados valores para PM_{10} ($489 \mu g/m^3$) e NO_2 (4,75 ppm), valores estes superiores aos estabelecidos pelo padrão de qualidade do ar da USEPA ($150 \mu g/m^3$ e 0,10 ppm, respectivamente). As concentrações agudas são ainda mais alarmantes, pois uma única e curta exposição pode gerar problemas sérios à saúde. A concentração aguda de NO_2 foi estimada em 64,2 ppm e a exposição por 10 minutos à tal concentração é capaz de gerar irritações e doenças. O estudo aponta carência no planejamento urbano, uma vez que o trem se encontra muito próximo, não somente à escola, mas de diversas residências.

PALAVRAS-CHAVE: material particulado, modelagem ambiental, dispersão gaussiana, poluição atmosférica.

ABSTRACT: Air pollution is responsible for the deaths of more than 5.5 million people annually and fossil fuels are its main source. The objective of this work was to estimate the concentration of atmospheric pollutants - PM_{10} , NO_2 , SO_2 , CO and hydrocarbons - from

a diesel powered freight train at a primary school located in Riverside, California. The concentrations were calculated at ground level utilizing the Gaussian distribution model, considering an idling train, distance of 32 meters between the railway line and the school, average wind speed as 2.1 m/s and emission values according to the Long Beach Port Atmospheric Emissions Inventory. In addition, the acute concentrations of SO₂ and NO₂ were estimated for the train in motion, in which the presence of the train was considered for a short period of time. Results in idle conditions showed high values for PM₁₀ (489 µg/m³) and NO₂ (4.75 ppm), values higher than those set by the USEPA air quality standard (150 µg/m³ and 0.10 ppm, respectively). Acute concentrations are even more alarming since a single, short exposure can cause serious health problems. The acute NO₂ concentration was estimated at 64.2 ppm and exposure for 10 minutes at such concentration is capable of generating irritations and diseases. The study points to a lack of urban planning, since the train is very close, not only to the school but to several residences.

KEYWORDS: particulate matter, environmental modeling, Gaussian dispersion, air pollution.

1 | INTRODUÇÃO

A poluição do ar representa o maior risco ambiental para a saúde humana nos dias atuais, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2016). Vários estudos realizados nas últimas décadas têm demonstrado que a deterioração da qualidade do ar pode causar múltiplos efeitos à saúde humana, levando ao aumento tanto da morbidade como da mortalidade (BRUNEKREEF; HOLGATE, 2002; CHEN et al., 2013; OMS, 2016; ALMEIDA et al., 2018). Em 2012, uma em cada nove mortes foi o resultado de condições relacionadas à poluição do ar e cerca de 3 milhões foram atribuídas unicamente à poluição atmosférica ao ar livre (OMS, 2016).

Doenças respiratórias e cardiovasculares podem ser intensificadas com a exposição à poluição do ar, como redução da função pulmonar, aumento da gravidade dos sintomas em indivíduos com asma, aterosclerose, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e doença cardíaca isquêmica, que inclui ataques cardíacos (CHUANG et al., 2007; BROOK et al. 2010; KELLY; FUSSELL, 2011; KELLY; FUSSELL, 2015; ABRAMESKO; TARTAKOVSKY, 2017). Estudos mais recentes sugerem que a exposição ao material particulado (MP) também pode estar potencialmente associada a casos de doenças de Alzheimer e Parkinson (ROUX et al., 2017).

Uma das principais fontes de emissão de poluentes para a atmosfera é a queima de combustíveis fósseis, com maior contribuição proveniente de veículos automotivos nas principais estradas e redes rodoviárias urbanas (BURCHILL et al., 2011). Recentemente, a emissão de trens tem atraído a atenção dos pesquisadores uma vez que os trens movidos a diesel são amplamente utilizados em todo o mundo como uma solução tecnológica padrão para a sua propulsão em linhas ferroviárias

não eletrificadas (BURCHILL et al., 2011; ABRAMESKO; TARTAKOVSKY, 2017).

De acordo com relatório da Agência Internacional de Energia (IEA) e da União Internacional de Ferrovias (UIC) o transporte ferroviário representou 6,7% da atividade global de transporte de passageiros (em passageiros/km) e 6,9% da atividade global de transporte de mercadorias (em toneladas/km) no ano de 2015 (SCHUITMAKER; BUNSEN, 2017). Nos EUA, a atividade ferroviária de passageiros é muito baixa em comparação aos padrões internacionais (10,5 bilhões de passageiros/km em 2015), no entanto, sua atividade ferroviária de transporte de cargas é a maior do mundo, com mais de 2,5 trilhões de toneladas por km em 2015 (SCHUITMAKER; BUNSEN, 2017).

Dentre os poluentes emitidos por trens movidos a diesel estão óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO), material particulado (MP) e fumaça (SCOTT; SINNAMON, 2006). O Fundo de Defesa Ambiental dos EUA (EDF) estimou que, em 2006, as emissões de material particulado e NO_x provenientes de locomotivas foram associadas a mais de 3.000 mortes prematuras, mais de 4.000 ataques cardíacos não fatais, aproximadamente 61.000 casos de bronquite aguda e asma exacerbada em crianças e quase 290.000 dias de trabalho perdidos. Além disso, o impacto econômico desses efeitos adversos à saúde totalizou mais de US\$ 23 bilhões no ano em questão (SCOTT; SINNAMON, 2006).

O desenvolvimento e uso de modelos de dispersão tem aumentado significativamente no estudo da exposição à poluição do ar (FALLAH-SHORSHANI; SHEKARRIZFARD; HATZOPOULOU, 2017). Atualmente, os modelos gaussianos são amplamente utilizados na modelagem da qualidade do ar devido à sua eficiência entre precisão razoável e tempo computacional gerenciável, principalmente na simulação de curto alcance (poucos km da fonte de emissão) de processos de dispersão de diferentes fontes sobre topografias de complexidade variada (BORREGO et al., 2016; FALLAH-SHORSHANI; SHEKARRIZFARD; HATZOPOULOU, 2017).

Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo estimar a concentração de poluentes atmosféricos oriundos de um trem de carga movido a diesel, em uma escola do ensino fundamental localizada em Riverside, Califórnia, motivado pela preocupação da população local. Além disso, pretende-se expor uma simplificação para detectar áreas de potencial risco à saúde, visto que equipamentos para medir a poluição do ar nem sempre se encontram disponíveis para toda a população.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Delimitação da área de estudo

A área de estudo localiza-se na cidade de Riverside, Califórnia, tendo como ponto de análise as quadras externas da escola Riverside STEM Academy (coordenadas geográficas: 33°58'04.9"N e 117°18'40.1"O), que se encontram a uma distância de 32

metros da linha férrea.



Figura 1: Localização da área de estudo com destaque para a linha férrea e quadra externa da escola

Fonte: Google Maps (2016)

Por se tratar de uma instituição de ensino fundamental, a poluição atmosférica provinda dos trens que passam pela linha férrea tornou-se uma preocupação aos pais dos estudantes, além disso, trata-se de uma região residencial, com grande número de casas nas proximidades.

2.2 Dados para modelagem ambiental

Para realização do estudo, considerou-se que o trem que trafega próximo à escola é movido a diesel, sendo que as taxas de emissão dos poluentes analisados - MP_{10} , NO_2 , SO_2 , CO e Hidrocarbonetos - seguiram os dados publicados do Inventário de Emissões Atmosféricas do Porto de Long Beach (2008).

A concentração dos poluentes na área de estudo foi obtida pelo modelo de dispersão gaussiana (Equação 1):

$$C = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(z-H)^2}{\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(z+H)^2}{\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (1)$$

Na equação acima, a concentração no ponto de estudo (C) é uma variável em função da taxa de emissão do poluente (Q), velocidade média do vento (u), coeficientes de dispersão horizontal (σ_y) e vertical (σ_z), distância horizontal da fonte ao alvo (y), distância vertical do solo (z) e altura efetiva da emissão do poluente (H), conforme descrito por Cooper e Alley (2002).

A direção preferencial dos ventos, bem como velocidade média foram obtidos a partir de dados meteorológicos do município de Riverside, sendo observado maior predominância de sudoeste para noroeste, com velocidade média de 2,058 m/s.

A classe de estabilidade considerada foi B, com reflexão e sem camada de inversão, bem como terreno plano, baseado nas características da área de estudo, além de uma altura efetiva de 4,6 metros (chaminé do trem). A partir dos dados utilizados, os valores de σ_y e σ_z foram de 3,67 metros e 0,11 metros, respectivamente.

Os valores das concentrações dos poluentes foram analisados em duas situações distintas: permanência do trem em marcha lenta nas proximidades da escola, com emissões mais brandas, a fim de se avaliar efeitos crônicos dos poluentes, e uma segunda situação para o trem em movimento, com emissões mais intensas, em que se considerou a presença do trem por um menor período de tempo (exposição por 10 minutos), a fim de se avaliar a intoxicação aguda para os poluentes SO₂ e NO₂.

2.3 Padrões de referência

Os valores de referência para a qualidade do ar em ambientes externos foram obtidos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), os quais foram comparados com os valores estabelecidos no Brasil, pela Resolução CONAMA 491/2018.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para a condição de marcha lenta, conforme Tabela 1, mostraram elevados valores para MP₁₀ (489 µg/m³) e NO₂ (4,75 ppm), valores estes superiores aos estabelecidos pelo padrão de qualidade do ar da USEPA: 150 µg/m³ e 0,10 ppm, respectivamente, demonstrando uma situação insalubre aos frequentadores da escola.

Poluente	Concentração	Padrão USEPA	Período de referência
MP ₁₀	489 µg/m³	150 µg/m ³	24h
NO ₂	4,75 ppm	0,10 ppm	1h
SO ₂	1,89 ppb	75 ppb	1h
CO	5,38 ppm	35 ppm	1h
Hidrocarbonetos	3,59 mg/m ³	-	-

Tabela 1: Resultados das concentrações de poluentes obtidas para a quadra externa da escola
Valores em vermelho representam concentrações que excedem o padrão estabelecido pela USEPA

Fonte: Autoria própria

Em comparação à legislação brasileira federal, Resolução CONAMA n° 491/2018, nota-se que o padrão intermediário da primeira etapa (PI-1) à vigência da Resolução estabelece 120 µg/m³ para MP₁₀, com período de referência de 24h, além de um padrão final de 50 µg/m³, alinhado ao que preconiza a Organização Mundial da Saúde (OMS). Os valores mais rígidos ressaltam a necessidade urgente de controle das emissões atmosféricas para situações semelhantes que existem no Brasil.

Também foi encontrado valor superior ao estabelecido pela legislação brasileira para o poluente NO₂, (0,14 ppm para período de referência de 1 hora e PI-1), mais restritivo que o estabelecido pela USEPA. As concentrações calculadas para SO₂ e

CO mostraram-se em conformidade com a citada Resolução, entretanto, os padrões para hidrocarbonetos não foram estabelecidos nem na legislação brasileira nem na norte-americana.

Diversos estudos encontraram associações positivas entre a exposição crônica a esses poluentes e efeitos adversos à saúde. A pesquisa realizada por Gauderman e colaboradores (2004) evidenciou que níveis de poluição atmosférica levam a efeitos adversos crônicos no desenvolvimento pulmonar de crianças entre 10 e 18 anos, que resultam em problemas clínicos sérios ao atingirem a idade adulta.

O estudo de Forbes e colaboradores (2009) encontrou uma associação entre maior exposição a MP_{10} , NO_2 e SO_2 e menor função pulmonar em adultos representada pelo volume expiratório forçado em 1 segundo (FEV1). O efeito na média de FEV1 foi cerca de 3% para MP_{10} e 0,7% para NO_2 e SO_2 a um aumento no nível de poluentes de $10 \mu g/m^3$ (FORBES et al., 2009).

Schikowski e colaboradores (2005) também encontraram um efeito prejudicial na função pulmonar, ou seja, um aumento de $7 \mu g/m^3$ nas médias de cinco anos de MP_{10} foi associado a uma diminuição de 5,1% do FEV1. Além disso, os autores ainda afirmam que a exposição crônica a MP_{10} e NO_2 pode aumentar o risco de desenvolvimento de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) em mulheres que vivem menos de 100 metros de uma estrada movimentada, sendo essa condição 1,79 vezes mais provável do que para aquelas que vivem mais longe.

Cada aumento de $10 \mu g/m^3$ no MP_{10} e SO_2 foi associado a um aumento de 4,0 a 13,6% e de 0,8 a 6,7%, respectivamente, no risco de morte por câncer de pulmão para um período de exposição e um ano, conforme dados apresentados por Chen e colaboradores (2016). Chen, Goldberg e Villeneuve (2008) também afirmam que morar perto de locais com tráfego intenso parece estar associado a riscos elevados de mortalidade não acidental, mortalidade por câncer de pulmão e mortalidade cardiovascular total.

A USEPA e o Conselho Nacional de Pesquisa (National Research Council) estabeleceram níveis de diretrizes de exposição aguda (AEGLs, na sigla em inglês) que representam limites de exposição para o público em geral e são aplicáveis a cinco períodos de exposição de emergência que variam de 10 minutos a 8 horas (10 e 30 minutos, 1, 4 e 8 horas).

Três níveis (AEGL-1, AEGL-2 e AEGL-3) foram desenvolvidos para cada um dos períodos de exposição e podem ser diferenciados por meio da gravidade dos efeitos tóxicos. O AEGL-1 (não incapacitante) é a concentração no ar (expressa em partes por milhão – ppm, ou miligramas por metro cúbico – mg/m^3) de uma substância acima da qual se prevê que a população em geral, incluindo indivíduos suscetíveis, possa sentir notável desconforto, irritação ou certos efeitos não sensoriais assintomáticos. No entanto, os efeitos não são incapacitantes e são transitórios e reversíveis após a cessação da exposição. Os indivíduos suscetíveis são bebês, crianças, idosos, pessoas com asma e pessoas com outras doenças (NATIONAL RESEARCH

COUNCIL, 2010, 2012).

O AEGL-2 (incapacitante) é a concentração no ar (em ppm ou mg/m³) de uma substância acima da qual se prevê que a população em geral, incluindo indivíduos suscetíveis, possa sofrer efeitos adversos de saúde, sendo estes irreversíveis ou graves, de longa duração ou com capacidade prejudicada de escape. O AEGL-3 (letalidade) é a concentração no ar (em ppm ou mg/m³) de uma substância acima da qual se prevê que a população em geral, incluindo os indivíduos suscetíveis, possa sofrer efeitos adversos à saúde que ameaçam a vida ou que causam morte (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2010, 2012).

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho observa-se que, para o SO₂ a concentração aguda, isto é, a exposição de 10 minutos foi de 0,394 ppm, superior ao valor de 0,20 ppm estabelecido para o nível AEGL-1. Nesse caso, os frequentadores da escola podem sentir desconforto, irritação ou ainda certos efeitos assintomáticos. Para o NO₂ o valor da concentração aguda foi de 64,2 ppm, valor duas vezes superior ao estabelecido para o nível AEGL-3. Portanto, os efeitos adversos causados à saúde por uma exposição de apenas 10 minutos ao NO₂ podem colocar em risco a vida dos alunos, professores e funcionários da escola em questão.

Modelos mostraram associações positivas significativas entre efeitos adversos de saúde, como aperto no peito e tosse, com exposição aguda de 24 horas aos poluentes NO₂, NO_x e SO₂ (NKOSI et al., 2016). Além disso, observaram-se impactos de saúde a curto prazo no estudo de Khaniabadi et al. (2017), sendo representados por um risco aumentado de 2,7% de infarto agudo do miocárdio e 2,0% de internações hospitalares por DPOC devido a um aumento de 10 µg/m³ na concentração de SO₂.

Lu et al. (2015) encontraram que acréscimos nas concentrações médias de dois dias de PM₁₀, NO₂ e SO₂ foram significativamente associados com aumentos de 1,6, 2,9 e 2,4%, respectivamente, nas taxas de mortalidade não acidental. Os autores ainda obtiveram resultados de 20,5, 34,9 e 30,3 anos, respectivamente, de anos de vida perdido com o aumento nas concentrações dos poluentes PM₁₀, NO₂ e SO₂ (LU et al., 2015).

Dessa forma, fica evidente os riscos aos quais estão expostos os alunos e professores da escola em questão, além de grande parte da população de Riverside que vive nas proximidades da linha férrea. É importante destacar que esse não é um problema específico para a cidade de Riverside, mas sim para as diversas localidades no mundo que abrigam características semelhantes. Vê-se a importância de políticas públicas para o controle de emissões de poluentes e para o correto zoneamento das atividades desempenhadas nos municípios, mundialmente, de forma a beneficiar a saúde da população.

4 | CONCLUSÃO

O presente estudo revelou elevadas concentrações dos poluentes atmosféricos MP_{10} e NO_2 emitidos por um trem movido a diesel, tendo como potencial alvo as crianças e demais pessoas que frequentam uma escola na cidade de Riverside, Califórnia, localizada próxima à linha férrea. As concentrações desses poluentes na quadra externa da escola excedem os padrões estabelecidos pela USEPA, tendo que vista que a exposição prolongada a esses poluentes está ligada a diversas doenças.

Também foram notadas elevadas concentrações de NO_2 SO_2 quanto aos potenciais efeitos agudos na saúde – exposição por apenas 10 minutos – que podem desencadear diversos malefícios e doenças, evidenciando a importância do controle das fontes de poluição aliado ao planejamento urbano e às políticas públicas como forma de prevenção para a sociedade.

REFERÊNCIAS

ABRAMESKO, V.; TARTAKOVSKY, L. Ultrafine particle air pollution inside diesel-propelled passenger trains. **Environmental Pollution**, v. 226, p. 288-296, 2017.

ALMEIDA, D. S. de et al. Genotoxic effects of daily personal exposure to particle mass and number concentrations on buccal cells. **Atmospheric Environment**, v. 176, p. 148-157, 2018.

BORREGO, C. et al. Urban scale air quality modelling using detailed traffic emissions estimates. **Atmospheric Environment**, v. 131, p. 341-351, 2016.

BRASIL. Resolução CONAMA n.491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. **Diário Oficial da União**, Brasília, 21 nov. 2018.

BROOK, R. D. et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease. An update to the Scientific Statement from the American Heart Association. **Circulation**, v. 121, n. 21, p. 2331-2378, 2010.

BRUNEKREEF, B.; HOLGATE, S.T. Air pollution and health. **Lancet**, v. 360, n. 9341, p. 1233-1242, 2002.

BURCHILL, M. J. et al. Monitoring and analysis of combustion aerosol emissions from fast moving diesel trains. **Science of the Total Environment**, v. 409, p. 985-993, 2011.

CHEN, H.; GOLDBERG, M. S.; VILLENEUVE, P. J. A systematic review of the relation between long-term exposure to ambient air pollution and chronic diseases. **Reviews on Environmental Health**, v. 23, n. 4, p. 243-297, 2008.

CHEN, Z. et al. China tackles the health effects of air pollution. **Lancet**, v. 382, n. 9909, p. 1959-1960, 2013.

CHEN, X. et al. Long-term exposure to urban air pollution and lung cancer mortality: A 12-year cohort study in Northern China. **Science of the Total Environment**, v. 571, p. 855-861, 2016.

CHUANG, K. J. et al. The effect of urban air pollution on inflammation, oxidative stress, coagulation, and autonomic dysfunction in young adults. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 176, n. 4, p. 370-376, 2007.

COOPER, C.D.; ALLEY, F.C. Atmospheric Dispersion Modeling. In: _____. **Air Pollution Control: A Design Approach**. Long Grove: Waveland Press, 2002, cap. 20, p. 607-648.

FALLAH-SHORSHANI, M.; SHEKARRIZFARD, M.; HATZOPOULOU, M. Integrating a street-canyon model with a regional Gaussian dispersion model for improved characterization of near-road air pollution. **Atmospheric Environment**, v. 153, p. 21-31, 2017.

FORBES, L. J. L. et al. Chronic exposure to outdoor air pollution and lung function in adults. **Thorax**, v. 64, p. 657-663, 2009.

GAUDERMAN, W.J.; AVOL, E.; GILLILAND, F.; VORA, H.; THOMAS, D.; BERHANE, K.; MCCONNELL, R.; KUENZLI, N.; LURMANN, F.; RAPPAPORT, E.; MARGNOLIS, H.; BATES, D.; PETERS, E. The Effect of Air Pollution on Lung Development from 10 to 18 Years of Age. **New England Journal of Medicine**, v. 351, n. 11, p. 1057-1067, 9 set. 2004.

KELLY, F. J.; FUSSELL, J. C. Air pollution and airway disease. **Clinical and Experimental Allergy**, v. 41, n. 8, p. 1059-1071, 2011.

KELLY, F. J.; FUSSELL, J. C. Air pollution and public health: emerging hazards and improved understanding of risk. **Environmental Geochemistry and Health**, v. 37, p. 631-649, 2015.

KHANIABADI, Y. O. et al. Acute myocardial infarction and COPD attributed to ambient SO₂ in Iran. **Environmental Research**, v. 156, p. 683-687, 2017.

LU, F. et al. Short-term effects of air pollution on daily mortality and years of life lost in Nanjing, China. **Science of the Total Environment**, v. 536, p. 123-129, 2015.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL; COMMITTEE ON ACUTE EXPOSURE GUIDELINE LEVELS. **Acute exposure guideline levels for selected airborne chemicals**. Vol. 8. Washington: The National Academies Press, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL; COMMITTEE ON ACUTE EXPOSURE GUIDELINE LEVELS. **Acute exposure guideline levels for selected airborne chemicals**. Vol. 11. Washington: The National Academies Press, 2012.

NKOSI, V. et al. Acute respiratory health effects of air pollution on asthmatic adolescents residing in a community in close proximity to-mine dump in South Africa: Panel study. **International Research Journal of Public and Environmental Health**, v. 3, n. 11, p. 257-269, 2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease**. Geneva: The WHO Document Production Services, 2016.

ROUX, J.; BARD, D.; PABIC, E. L.; SEGALA, C.; REIS, J.; ONGAGNA, J.-C.; SEZE, J. de; LERAY, E. Air pollution by particulate matter PM₁₀ may trigger multiple sclerosis relapses. **Environmental Research**, v. 156, p. 404-410, 2017.

SCHIKOWSKI, T. et al. Long-term air pollution exposure and living close to busy roads are associated with COPD in women. **Respiratory Research**, v. 6, n. 1, p. 152-161, 2005.

SCHUITMAKER, R.; BUNSEN, T. (Coord.). **Railway handbook 2017: energy consumption and CO₂ emissions**. Paris: International Energy Agency; International Union of Railways, 2017.

SCOTT, J.; SINNAMON, H. **Smokestacks on rails: getting clean air solutions for locomotives on track**. New York: Environmental Defense Fund, 2006.

THE PORT OF LONG BEACH. **2006 Air Emissions Inventory**. Disponível em <http://www.polb.com/civica/filebank/blobdload.asp?BlobID=5377> . Acesso em 14 abr. 2019.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Air Quality Analysis**. Disponível em: <https://www.epa.gov/air-quality-analysis> . Acesso em 14 abr. 2019.

SOBRE O ORGANIZADOR

Andrei Strickler - Graduado com titulação de Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO. Mestre em Informática pela Universidade Federal do Paraná - UFPR. Atua como membro do Conselho Editorial da Revista de Ciências Exatas e Naturais - RECEN. Também é membro do grupo de Pesquisa: Inteligência Computacional e Pesquisa Operacional da UNICENTRO; desempenhando pesquisas principalmente nas áreas de Inteligência Artificial e Métodos Numéricos. Atualmente é Professor Colaborador na UNICENTRO lotado no Departamento de Ciência da Computação.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agricultura de precisão 162

Aprendizagem 7, 74, 93

Arduino 150, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 160, 161, 162, 163, 168

Argamassa estabilizada 242

Automação 103, 162, 179

B

Bitcoin 194, 195, 196, 197, 198, 199, 201, 202, 203, 204, 205

C

CAM 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123

Criptomoeda 194

D

DCCA 185, 186, 187, 188, 190

Deficiência 150, 151, 154, 155, 161

DFA 185, 186, 187, 188, 189, 191

E

Elementos Finitos 126, 138

Energia solar na agricultura 256

Ensino-aprendizagem 65

Estatística 6, 25, 108, 181, 182, 184, 185, 220

Etnociência 38

F

fuzzy 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177, 179, 180

G

Geração individual de energia solar 256

H

HCFC 214

Hospitalização 77, 78

I

Inovação 2, 5, 65, 140, 180, 246

Internet das coisas 162

L

Litecoin 194, 195, 197, 199, 201, 202, 203, 204

Lúdico 77, 79, 81

M

Matemática 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 25, 51, 61, 62, 63, 92, 105, 106, 112, 194

MCC 139, 141, 142, 148

Microfresamento 116

Monitoramento 140, 142

O

Otimização 136

P

Professor 15, 256

S

Sensores 162

Simulação numérica 126, 130, 138

T

Tecnologia 2, 5, 1, 39, 49, 63, 82, 83, 84, 107, 108, 140, 141, 150, 236, 246, 247

Tolerâncias 116

Trânsito 170

Tratamento 77

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-561-7



9 788572 475617