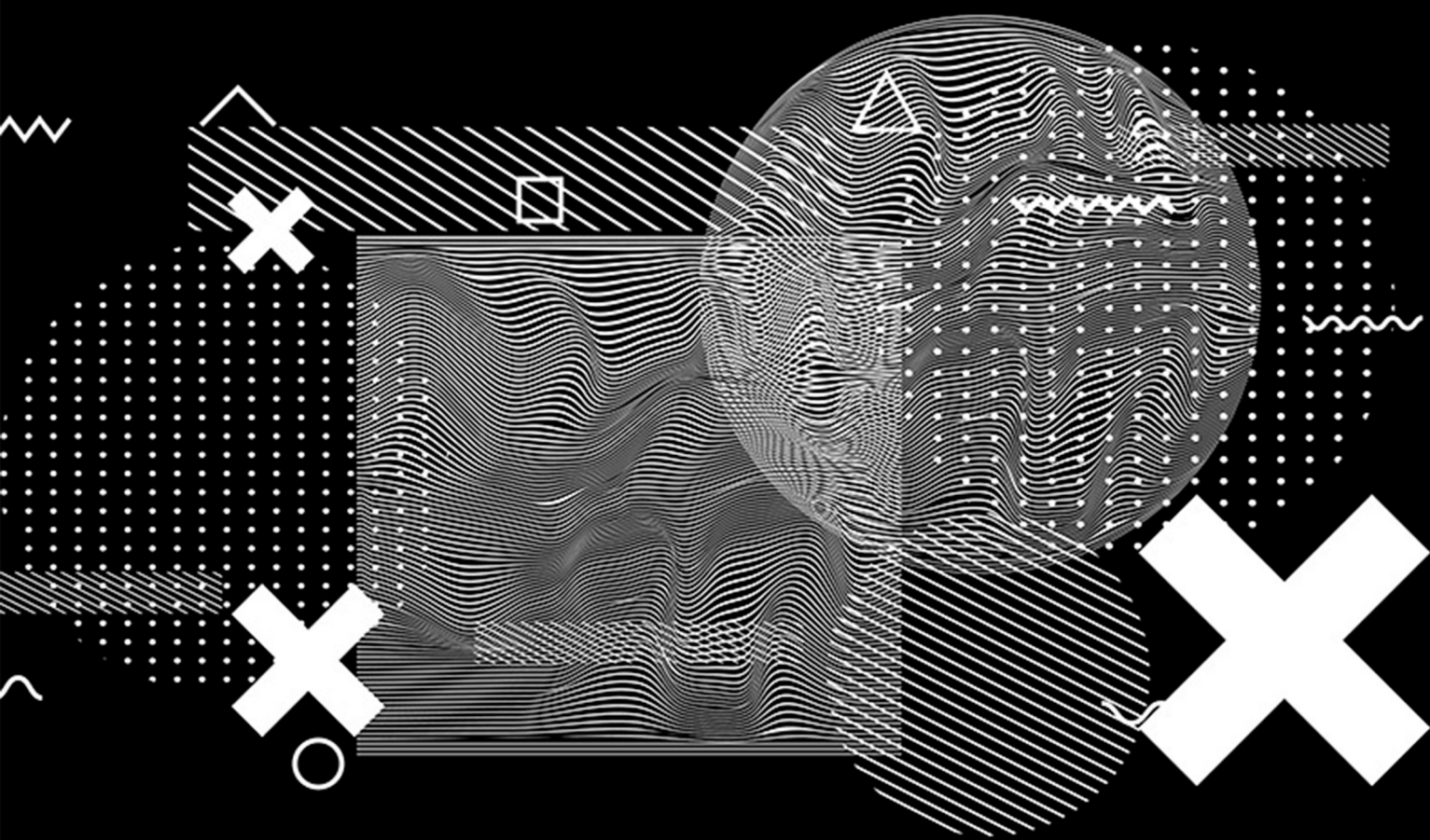


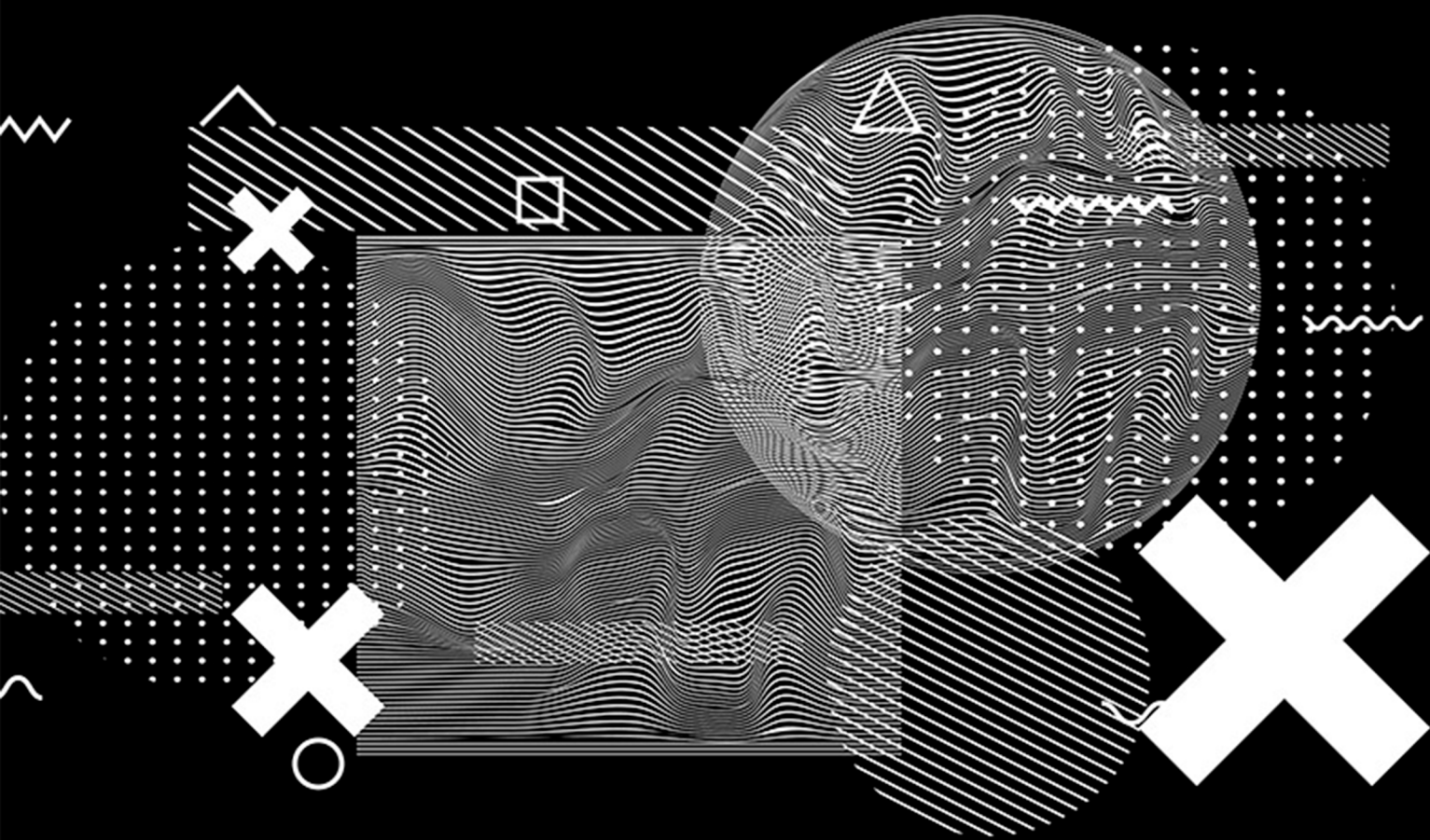
ESTUDOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS NAS CIÊNCIAS EXATAS, TECNOLÓGICAS E DA TERRA



LUIS RICARDO FERNANDES DA COSTA
[ORGANIZADOR]

Atena
Editora
Ano 2020

ESTUDOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS NAS CIÊNCIAS EXATAS, TECNOLÓGICAS E DA TERRA



LUIS RICARDO FERNANDES DA COSTA
[ORGANIZADOR]

Atena
Editora
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

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 Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

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. 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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
 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
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
 Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
 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. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
 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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian 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. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Posaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E82 Estudos teórico-metodológicos nas ciências exatas, tecnológicas e da terra [recurso eletrônico] / Organizador Luis Ricardo Fernandes da Costa. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-86002-79-9

DOI 10.22533/at.ed.799200904

1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. 3. Tecnologia.
I. Costa, Luis Ricardo Fernandes da.

CDD 507

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná - Brasil

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A coleção “Estudos Teórico-Metodológicos nas Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra” é uma obra que tem como linha de discussão questões teóricas e metodológicas em diferentes áreas do conhecimento. A diversidade dos trabalhos é ponto positivo no livro, que acaba por abarcar uma diversidade de leitores das mais diversas formações.

A abertura do livro, com o capítulo “Jogos eletrônicos e sua evolução”, traz um registro da evolução das tecnologias e linguagens de programação utilizadas nos jogos eletrônicos. Apresenta ainda a diversidade de plataformas, como os PCs e consoles, que dinamiza a distribuição dos mesmos.

Nos capítulos 2, 3, 4 e 5 são discutidos aspectos importantes acerca de metodologias de ensino e suas aplicações em sala de aula. No capítulo 2 “A escola silencia o mundo experimental das ciências” é apresentada uma discussão que tem por objetivo pontuar os empecilhos na prática da ciência nas escolas, com foco principal na dificuldade do ensino e aprendizagem das disciplinas de química, física e biologia.

No capítulo 3 “A importância dos jogos no ensino-aprendizagem das geociências: o jogo do clima e sua abordagem sobre climatologia” apresenta um estudo sólido que procurou compreender a partir de levantamentos bibliográficos, como ocorre o ensino do conteúdo das Geociências, em especial, da Climatologia, na disciplina de Geografia.

No capítulo 4 “Jogo didático como ferramenta pedagógica no ensino de tabela periódica” é apresentada uma importante discussão sobre a importância da tabela periódica e suas propriedades, assim como os elementos químicos, com o objetivo de despertar a importância do assunto a partir da contextualização do conteúdo.

No capítulo 5 “Olimpíadas do conhecimento de matemática como instrumentos de avaliação diagnóstica” analisa a importância do papel dos conteúdos como meio para avaliar as potencialidades e fragilidades dos principais temas da matemática nos alunos.

Com ênfase nos estudos ambientais, os capítulos 6, 7 e 8 apresentam temáticas relevantes sobre qualidade ambiental em monumento natural e gênese de solo sob influência de intemperismo químico respectivamente. Por fim, no capítulo 8, é apresentado ao leitor um sistema piloto que visa apoiar a fase de triagem das propostas na definição dos estudos ambientais exigidos no licenciamento junto a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

No capítulo 9 “Software olha o ônibus: uma alternativa colaborativa para usuários do transporte público” é apresentado um estudo que propõe um *software* de suporte à mobilidade urbana para dispositivos móveis. Também analisa a literatura

e o mercado de aplicativos móveis da plataforma Android, com intuito de mostrar a relevância do aplicativo proposto.

Na temática voltada para a cartografia, os capítulos 10 e 11 têm excelentes contribuições. O primeiro tem por proposta realizar uma análise dos mapas cartográficos produzidos por Marcgraf no século XVII a partir da produção holandesa no Brasil, e o segundo apresenta uma metodologia para avaliar o padrão de exatidão cartográfica em um ortomosaico digital obtido por meio de uma aeronave pilotada remotamente.

No capítulo 12 “Estudo de caso comparativo de métodos de dimensionamento de estacas do tipo escavada” é apresentado um estudo que consiste na comparação da capacidade de cargas de estacas do tipo escavada, analisadas por diferentes métodos de cálculo.

No capítulo 13 “Aplicação do método baldi para análise de risco em barragens” analisa a importância das técnicas de análise de risco como ferramentas importantes em uma abordagem probabilística. Avalia ainda menores e maiores probabilidades de uma determinada anomalia, verificadas em campo.

O capítulo 14 analisa os acidentes do tipo colisão com objeto fixo nas rodovias federais dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro no período de 2007-2015. No capítulo 15 “A probabilidade aplicada à Mega-sena” é analisada as variadas formas o jogo pode ser apresentado, com enfoque na probabilidade, mas considerando o histórico do processo.

Para o encerramento da presente obra, apresentamos ao leitor importante contribuição intitulada “Álcool x trânsito - transversalidade e interdisciplinaridade: estratégias para educar jovens no trânsito” onde apresenta um trabalho que procurou sensibilizar e orientar alunos do 3º ano do Ensino Médio sobre as consequências do consumo de bebida alcoólica no trânsito.

Assim, a coleção de artigos dessa obra abre um leque de possibilidades de análise e estimula futuras contribuições de autores que serão bem vindas nas discussões teóricas e metodológicas que a presente coletânea venha a incentivar.

Luis Ricardo Fernandes da Costa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
JOGOS ELETRÔNICOS E SUA EVOLUÇÃO	
Anderson Cassio Francisco Fernanda Maria de Souza Alessandro Arraes Rodrigues Hudson Sérgio de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.7992009041	
CAPÍTULO 2	7
A ESCOLA SILENCIA O MUNDO EXPERIMENTAL DAS CIÊNCIAS	
Maria Janes de Oliveira Santos	
DOI 10.22533/at.ed.7992009042	
CAPÍTULO 3	19
A IMPORTÂNCIA DOS JOGOS NO ENSINO-APRENDIZAGEM DAS GEOCIÊNCIAS: O JOGO DO CLIMA E SUA ABORDAGEM SOBRE CLIMATOLOGIA	
Larissa Vieira Zezzo Jessica Patrícia de Oliveira Priscila Pereira Coltri	
DOI 10.22533/at.ed.7992009043	
CAPÍTULO 4	34
JOGO DIDÁTICO COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA NO ENSINO DE TABELA PERIÓDICA	
Isaque Gemaque de Medeiros Jose de Arimateia Rodrigues do Rego Renato Araujo da Costa José Maria dos Santos Lobato Júnior José Francisco da Silva Costa João Henrique Vogado Abrahão Jamille Gabriela Cunha da Silva Alan Sena Pinheiro Herley Machado Nahum João Augusto Pereira da Rocha Jorddy Neves da Cruz Sebastião Gomes Silva	
DOI 10.22533/at.ed.7992009044	
CAPÍTULO 5	47
OLIMPÍADAS DO CONHECIMENTO DE MATEMÁTICA COMO INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA	
Hênio Delfino Ferreira de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.7992009045	
CAPÍTULO 6	62
ESTUDOS DA QUALIDADE AMBIENTAL DO MONUMENTO NATURAL TRÊS MORRINHOS	
Danilo de Oliveira Lucas César Frediani Sant' Ana	
DOI 10.22533/at.ed.7992009046	

CAPÍTULO 7	67
INTEMPERISMO QUÍMICO E SUA INFLUÊNCIA NA FORMAÇÃO E MORFOLOGIA DO SOLO	
Raulene Wanzeler Maciel	
Debora Ricardo Ferreira	
Fernando Da Silva Carvalho Neto	
Angelo Hartmann Pires	
DOI 10.22533/at.ed.7992009047	
CAPÍTULO 8	72
SISTEMAS FUZZY PARA AUXÍLIO NA TOMADA DE DECISÃO EM LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS RODOVIÁRIOS	
Lucirene Vitória Góes França	
Adriano Bressane	
Thales Andrés Carra	
Sandra Regina Monteiro Masalskiene Roveda	
José Arnaldo Frutuoso Roveda	
DOI 10.22533/at.ed.7992009048	
CAPÍTULO 9	82
SOFTWARE OLHA O ÔNIBUS: UMA ALTERNATIVA COLABORATIVA PARA USUÁRIOS DO TRANSPORTE PÚBLICO	
Joiner dos Santos Sá	
Leonardo Nunes Gonçalves	
Laciene Alves Melo	
Edinho do Nascimento da Silva	
Alexandre Reis Fernandes	
Fabricio de Souza Farias	
DOI 10.22533/at.ed.7992009049	
CAPÍTULO 10	96
ARTE E CARTOGRAFIA: UMA ANÁLISE DO MAPA “BRASILIA QUA PARTE PARET BELGIS” DE GEORG MARCGRAF	
Ronaldo André Rodrigues da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.79920090410	
CAPÍTULO 11	115
METODOLOGIA PARA AVALIAR O PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA EM ORTOMOSAICOS OBTIDOS POR MEIO DE RPA COM OS APLICATIVOS E-FOTO E GEOPEC	
Sérgio Roberto Horst Gamba	
Edson Eyji Sano	
DOI 10.22533/at.ed.79920090411	
CAPÍTULO 12	129
ESTUDO DE CASO COMPARATIVO DE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE ESTACAS DO TIPO ESCAVADA	
Geraldo Magela Gonçalves Filho	
Matheus Henrique Morato de Moraes	
Paola Mundim de Souza	
Gabriel Mendes de Menezes	

Victor de Castro Mundim
Guilherme Henrique Mota Gonçalves
DOI 10.22533/at.ed.79920090412

CAPÍTULO 13 138

APLICAÇÃO DO MÉTODO BALDI PARA ANÁLISE DE RISCO EM BARRAGENS
POR RAFAELA BALDI FERNANDES

Rafaela Baldi Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.79920090413

CAPÍTULO 14 149

ANÁLISE DOS ACIDENTES DO TIPO COLISÃO COM OBJETO FIXO NAS RODOVIAS
FEDERAIS DOS ESTADOS DE MINAS GERAIS E RIO DE JANEIRO NO PERÍODO
DE 2007-2015

Peolla Paula Stein
Gabriela Pereira Faustino
Agmar Bento Teodoro

DOI 10.22533/at.ed.79920090414

CAPÍTULO 15 161

A PROBABILIDADE APLICADA À MEGA-SENA

Rafael Thé Bonifácio de Andrade
Maíra de Faria Barros Medeiros Andrade

DOI 10.22533/at.ed.79920090415

CAPÍTULO 16 168

ÁLCOOL X TRÂNSITO - TRANSVERSALIDADE E INTERDISCIPLINARIDADE:
ESTRATÉGIAS PARA EDUCAR JOVENS NO TRÂNSITO

Maria das Graças Cirino Franca
Andréia Cirina Barbosa de Paiva
Rosely Fantoni
Vânia Paula de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.79920090416

SOBRE O ORGANIZADOR 175

ÍNDICE REMISSIVO 176

METODOLOGIA PARA AVALIAR O PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA EM ORTOMOSAICOS OBTIDOS POR MEIO DE RPA COM OS APLICATIVOS E-FOTO E GEOPEC

Data de aceite: 26/03/2020

Data de submissão: 07/01/2020

Sérgio Roberto Horst Gamba

Universidade de Brasília, Instituto de Geociências,
Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP
70910-970, Brasília, DF, <http://lattes.cnpq.br/7968834059112971>

Edson Eyji Sano

Universidade de Brasília, Instituto de Geociências,
Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP
70910-970, Brasília, DF, <http://lattes.cnpq.br/8478741766449896>

RESUMO: Aeronaves pilotadas remotamente têm sido utilizadas como plataformas de baixo custo nas atividades de aerolevantamentos, principalmente como opção para imageamentos ópticos. O objetivo deste artigo é apresentar uma metodologia para avaliar o padrão de exatidão cartográfica em um ortomosaico digital obtido por meio de uma aeronave pilotada remotamente. A área de estudo está localizada na região de Itaipuaçu, no estado do Rio de Janeiro. O sobrevoo foi feito por uma aeronave da empresa Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A. O sensor empregado foi a câmera Alfa Nex 3 Sony, câmera não métrica, com resolução máxima de 14 MPixels e distância focal de 16 mm. A metodologia empregada neste trabalho

foi dividida em quatro fases: planejamento e execução do voo; determinação dos pontos de apoio; geração do ortomosaico no programa E-Foto, com orientação interior, orientação exterior, modelo digital de superfície e ortomosaico; e avaliação do ortomosaico. A avaliação do ortomosaico foi feita por meio da aplicação do padrão de exatidão cartográfica analógica e digital, segundo o Decreto-Lei N° 89.817/84 que trata das especificações técnicas de aquisição de dados geoespaciais vetoriais, utilizando o método disponível no aplicativo GeoPEC. São verificados o comportamento da distribuição espacial, a normalidade e a acurácia posicional das amostras, com análises de tendência e de precisão. A análise da precisão planimétrica resultaram nas escalas de 1:37.000 (classe A), 1:21.000 (classe B), 1:13.000 (classe C) e 1:11.000 (classe D). A precisão altimétrica resultou em curvas de nível de 16 m (classe A), 8 m (classe B), 7 m (classe C) e 6 m (classe D). Concluiu-se que o uso de aeronaves pilotadas remotamente para atividades de aerolevantamento permite baixos custos operacionais, quando comparado com as plataformas de satélites e aeronaves convencionais, e geração de mapas e cartas em grandes escalas e com atendimento às especificações do Padrão de Exatidão Cartográfica.

PALAVRAS CHAVE: Aerofotogrametria digital,

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE CARTOGRAPHIC ACCURACY STANDARD IN ORTOMOSAICS OBTAINED BY RPA WITH E-PHOTO AND GEOPEC APPLICATIONS

ABSTRACT: Remotely Piloted Aircraft (RPA) has been used as a low cost platform in aerial surveying activities, mainly in optical imaging. The objective of this paper is to present a methodology to evaluate the Cartographic Accuracy Standards (PEC) in digital orthomosaics obtained by aerial surveys with RPA. The study area is located in the region of Itaipuaçu, Rio de Janeiro State. We used an aircraft belonging to the Esteio Engenharia and Aerolevantamentos S.A. company. The sensor onboard the aircraft was the Alfa Nex 3 Sony non-metric camera with 14 MPixels of maximum resolution and 16 mm of focal length. The methodology used in this work was divided into four steps: planning and execution of the flight; determination of the support points; orthomosaic generation based on the E-Photo software, with interior orientation, exterior orientation, digital surface model and orthomosaic; and the orthomosaic evaluation. The orthomosaic evaluation consisted of the analysis of the analogic and digital cartographic accuracy standards, according to the Decree-Law No. 89.817/84 which deals with the technical specifications of the acquisition of vector-based geospatial data using the GeoPEC application method. We focused on the behavior of the spatial distribution, the normality, and the positional accuracy of the sample, with the analysis of trends and precision. The analysis of the planimetric precision resulted in 1:37,000 scale (class A), 1:21,000 scale (class B), 1:13,000 (class C), and 1:11,000 (class D). The altimetric precision resulted in contour lines of 16 m (class A), 8 m (class B), 7 m (class C), and 6 m (class D). It was concluded that the use of RPA for aerial surveying activities allows low operational costs, as compared to satellite platforms and conventional aircrafts, and generation of maps and charts at large scales within the PEC's specifications.

KEYWORDS: Digital aerophotogrammetry, RPA, Spatial statistics.

1 | INTRODUÇÃO

Com a evolução dos sistemas sensores orbitais ou aerotransportadas, surgiu a necessidade da criação de plataformas que permitissem redução nos custos de aerolevantamentos envolvendo imageamentos ópticos, de radar, a laser e geofísicos (KOEVA et al., 2016). Sistemas de aeronaves não tripuladas (*Unmanned Aircraft Systems* – UAS em inglês) têm sido utilizados como plataforma de baixo custo nas atividades de aerolevantamento, principalmente no imageamento óptico (QAYYUM et al., 2017). No Brasil, aeronaves não tripuladas são conhecidas como drones, veículos aéreos não-tripulados (VANTs) ou aeronaves remotamente pilotadas (ARPs). O termo adotado tecnicamente pela Organização de Aviação Civil

Internacional (OACI), com abrangência internacional, para esse tipo de aeronave é o *Remotely Piloted Aircraft System* (RPAS), segundo a Instrução do Comando da Aeronáutica ICA 100-40/2016 (BRASIL, 2016).

Segundo Santos et al. (2016), o padrão brasileiro de acurácia posicional para dados espaciais é definido pelo Decreto-Lei nº 89.817 de 1984, de acordo com as tolerâncias definidas no Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e Erro-Padrão (EP). Tais tolerâncias tem seus valores definidos em função da escala de avaliação dos dados espaciais e das classes A, B ou C, definidas por esse Decreto-Lei. Em 2010, a Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG) publicou as Especificações Técnicas de Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV), documento este ligado à Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) que foi criada em 2008 pelo Decreto-Lei nº 6.666. Em um de seus itens, a ET-ADGV explica como deve ser a aplicação do Decreto-Lei nº. 89.817 e cria uma classe mais restritiva destinada a produtos cartográficos digitais (PEC-PCD).

Segundo Lemes et al. (2017), a implantação de um Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) é vista pelos gestores municipais como uma forma de melhorar a arrecadação do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). A coleta dos dados para a implantação do CTM deve ser feita de maneira ágil e eficaz para que não haja nenhuma oclusão de dados. Neste contexto, os RPAs atuam como plataforma de sensores ópticos eficaz e de baixo custo.

A avaliação do PEC em ortomosaicos obtidos por RPAs é fundamental na determinação da qualidade da carta cartográfica, principalmente quando se trata de escalas grandes. A ausência de cartas atualizadas em grandes escalas de representação tem impulsionado a utilização de RPAs (ALVES JÚNIOR, 2015). O objetivo deste artigo é apresentar uma metodologia para avaliar o PEC em um ortomosaico obtido através de um aerolevanteamento com RPA, utilizando a fotogrametria digital.

2 | MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo localiza-se na região de Itaipuaçu, distrito recente do município de Maricá, na região dos lagos no estado do Rio de Janeiro e próxima à praia de Itaipuaçu, a 20 km da baía de Guanabara. A área imageada situa-se entre as latitudes 22° 57' 41" S e 22° 58' 27" S e entre as longitudes 42° 56' 31" W e 42° 57' 06" W, com perímetro de 2,61 km e área de 420 m² (IBGE, 2017).

2.2 Abordagem metodológica

A abordagem metodológica empregada neste estudo foi composta de quatro fases. A primeira fase envolveu as seguintes atividades: planejamento e execução do voo, com delimitação da área de imageamento; definição do número de faixas de recobrimento aéreo; análise das condições meteorológicas para escolha do melhor dia e hora para a realização do voo; realização do voo por meio do piloto automático modelo MP2128g2®, com capacidade de armazenamento de 1.500 *waypoints*, giroscópio de três eixos, acelerômetro, bússola digital, altímetro barométrico, sensores de velocidade do ar e *Global Positioning System* (GPS) com taxa de leitura de 1 Hz; utilização do sistema de disparo automático da câmera digital Alpha Nex-3 da Sony; definição da altitude de voo de 300 metros e escala de voo de 1:18.750; uso de abertura de diafragma de f/8 e velocidade de obturação de 1/2000 segundos para a câmera selecionada; elaboração e execução do plano de voo e solicitação de aviso aos aeronavegantes (*Notice to Airmen* - NOTAM) do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) para garantir segurança para o voo (BRASIL, 2018).

O RPA utilizado foi o PT-UAV pertencente à empresa Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A., com 1,47 metros de comprimento e 2,00 metros de envergadura, peso de 6 kg e carga útil de 2 kg, autonomia de 90 minutos, velocidade de cruzeiro de 60 a 100 km/h, motor de 2 HP e teto operacional de 2.000 metros. O sensor empregado foi a câmera não métrica Alpha Nex-3 da Sony, com resolução máxima de 14 MPixels, distância focal de 16 mm, velocidade de obturação de 30 a 1/4 segundos e abertura do diafragma entre f/2.8 a f/22. Os dados foram obtidos em agosto de 2017.

A segunda fase consistiu em determinar 30 pontos de apoio no campo com o receptor GPS Hiper da Topcon e antena Hiper GD. Dados altimétricos e planimétricos foram obtidos logo após a execução do voo, no sistema de projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) e sistema de referência geodésica SIRGAS 2000 (BERTESKA e RUZGIENE, 2013).

Na terceira fase, foi gerado o ortomosaico das 30 imagens individuais, na escala de 1:18.750, considerando a divisão de uma distância focal de 16 mm e altura de voo de 300 m, utilizando-se o programa de domínio público Estação Fotogramétrica Digital Educacional Livre (E-Foto) (MOTA et al., 2012).

Na criação do ortomosaico, primeiramente, deve-se criar o projeto e configurar todas as informações necessárias ao mesmo (PIRAS et al., 2017). Em seguida, é necessário realizar a orientação interior que permite a reconstrução do feixe perspectivo que gerou as imagens. Na sequência, realiza-se a orientação exterior pelo método da ressecção espacial que orienta, em posição e atitude, cada imagem em relação ao referencial de coordenadas tridimensionais do terreno. Através da

resseção espacial, são determinados os parâmetros de orientação exterior de uma imagem com pelo menos quatro pontos de apoio de campo não colineares. Portanto, como os pontos de controle foram identificados nas imagens, são conhecidas as suas coordenadas no espaço-imagem digital (pixel). O penúltimo passo é a extração do modelo digital de superfície (MDS) e, finalmente, a criação do ortomosaico (RIBEIRO et al., 2014).

A quarta fase consistiu na avaliação do ortomosaico por meio da aplicação do PEC analógico e digital, segundo o Decreto-Lei N° 89.817/84 e a ET-ADGV da INDE, além da inspeção topográfica presente na norma brasileira NBR 13.133 que trata do método do aplicativo GeoPEC. Nessa avaliação, é verificado o comportamento da distribuição espacial, a normalidade e a acurácia posicional das amostras, além das análises de tendências e de precisão.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.3 Planejamento e execução do voo

Na Figura 1, é mostrado o resultado do aerolevanteamento fotogramétrico digital realizado pela aeronave PT-UAV. O imageamento foi feito em três faixas de voo, totalizando 30 imagens. Os centros perspectivos são representados por pontos nas cores azul, verde e amarela (faixas de voo 1, 2 e 3) (BAIOCCHI et al., 2014).



Figura 1. Coordenadas dos centros perspectivos e os pontos de apoio no campo. Imagem de fundo corresponde à cena disponível no programa *Google Earth Pro*.

3.4 Determinação dos pontos de apoio

Os resultados da determinação dos 30 pontos de apoio são mostrados na

Figura 1 na cor vermelha.

3.5 Geração do ortomosaico

Nesta etapa do trabalho, foi criado o ortomosaico no programa E-Foto. Foram levadas em consideração, todas as informações sobre o voo e o trabalho de campo, isto é, valores de altitude máxima (12,959 m), altitude mínima (1,567 m), altitude média (6,938 m), sistema de projeção cartográfica (UTM), sistema de referência geodésica (SIRGAS 2000), distância focal (16 mm), tamanho do pixel (7 m), tamanho do sensor (23,394 mm x 15,596 mm), altura de voo (300 m), escala nominal (1:18.750) (YU et al., 2018), recobrimento longitudinal (50%) e recobrimento transversal (70%).

Segundo Vermeer e Ayehu (2017), a orientação interior consiste na reconstrução da geometria do feixe perspectivo, ou seja, o referenciamento do plano da imagem em relação ao eixo óptico da câmara fotográfica. O modelo matemático para a orientação interior utilizado no E-Foto foi a Transformação Afim Geral (TAG). A TAG modela seis parâmetros que consideram que o sistema inicial e o sistema de imagem digital podem apresentar características de não ortogonalidade dos eixos, rotação da imagem, translação em x e y e escalas diferentes em x e y.

A orientação exterior consiste em orientar cada uma das imagens em relação ao sistema de coordenadas do espaço-objeto. Essa orientação é possível através do conhecimento de seis parâmetros: as coordenadas no espaço-objeto para o centro de perspectiva (X_0 , Y_0 e Z_0) e os ângulos de rotação pitch, roll e yaw (ϕ , ω , κ). Os ângulos ϕ e ω não devem ultrapassar 5° . Os ângulos ϕ e ω foram menores que 5° nesse estudo. Por meio da ressecção espacial no aplicativo E-Foto e por intermédio das equações de colinearidade e ajustamento por mínimos quadrados do modelo paramétrico não-linear, podem-se determinar os seis elementos de orientação exterior de uma imagem, a partir de, no mínimo, três pontos de controle não-colineares (KIM et al., 2017). Para este trabalho, os seis parâmetros já foram fornecidos. Nesse caso, todos os parâmetros foram inseridos no aplicativo E-Foto a fim de realizar a orientação exterior.

No contexto do E-Foto, o MDS consiste de um conjunto de pontos presentes em um modelo estereoscópico em que suas respectivas coordenadas 3D no referencial do espaço objeto (X, Y, Z) são calculadas automaticamente a partir de suas respectivas projeções no espaço imagem (LIZARAZO et al., 2017). O processo fotogramétrico de extração de um MDS envolve um conjunto de imagens sobrepostas, o conhecimento dos parâmetros de orientação interior e exterior de cada uma das imagens, a descoberta automática de pares de pontos homólogos ou conjugados em suas áreas de sobreposição longitudinal e o cálculo do algoritmo de intersecção espacial para cada par de pontos conjugados que levam à nuvem resultante de

pontos. A partir de um MDS, é possível gerar um ortomosaico, processo que requer a interpolação de uma grade de pontos (COVENEY e ROBERTS, 2017).

Neste trabalho, no E-Foto, foram utilizadas a correspondência de histogramas para a correção radiométrica das imagens; a correlação de Pearson como método de correspondência; a redução em uma vez da resolução das imagens originais; três pixels na medida de crescimento da região, no processo de medição automática de pares de pontos homólogos; 10 pares de imagens com quatro pontos homólogos em cada imagem; e formato ASCII (2D + 3D) do arquivo resultante, permitindo a identificação das imagens, as coordenadas em linha e coluna nas imagens da esquerda e da direita e coordenadas X, Y e Z dos pontos no sistema de referência terrestre. Foram utilizadas as faixas 1 e 3 do voo. A faixa 2 apresentou ângulos *yaw* diferenciados dos ângulos *yaw* das faixas 1 e 3. Como houve recobrimento transversal de 50% entre as faixas 1 e 3, obteve-se em desconsiderar a faixa 2. Desta forma, o histograma da acurácia no processamento do MDS apresentaram desempenhos de 0,9 (19%), 0,8 (31%), 0,7 (34%) e 0,6 (14%). Foi criada uma grade regular de uma nuvem de pontos, de forma automática, por meio do método de interpolação por média móvel, com 30 cm de resolução (SILVEIRA, 2012).

O método de correlação de Person representa uma medida do grau de relacionamento linear entre duas variáveis aleatórias. Esse método tem ênfase na predição do grau de dependência entre essas duas variáveis (JINGXIONG e NA, 2008):

Além do método de correlação de Person, o E-Foto utiliza como padrão o método de mínimos quadrados (AKAR, 2017). Este método leva em conta os efeitos de rotação e de escala entre as imagens. As deformações são aplicadas ao recorte de busca, de forma a minimizar o somatório dos quadrados das diferenças de níveis de cinza ocasionados por esses fatores. Foi gerado um MDS através do método de mínimos quadrados, com desempenho, através do histograma da acurácia, de 0,9 (47%), 0,8 (27%), 0,7 (15%) e 0,6 (9%). Entretanto, o ortomosaico gerado apresentou distorções (SILVEIRA, 2012).

Segundo Coelho e Brito (2015), retificar uma imagem consiste em projetá-la em uma plano horizontal. Dessa forma, é possível eliminar os ângulos de atitude da câmara em relação a um dado referencial. Existem duas formas matemáticas para as operações de retificação: as transformações polinomiais, como a afim, utilizada no E-Foto para a orientação interior, e as equações de colinearidade, utilizadas na ressecção espacial no E-Foto. Todavia, nas transformações polinomiais não se pode modelar os ângulos de atitude da câmara, mas apenas realizar uma correção aproximada desses ângulos. A maneira mais eficaz de modelar os ângulos de atitude da câmara é a aplicação das equações de colinearidade e ajustamento por mínimos quadrados do modelo paramétrico não-linear (FORLANI et al., 2015).

A matriz de rotação R (Eq. 1) representa os três movimentos da câmara simultaneamente no voo:

$$R = \begin{bmatrix} \cos \phi \cos \kappa & -\cos \phi \sin \kappa & \sin \phi \\ \cos \omega \sin \kappa + \sin \omega \sin \phi \cos \kappa & \cos \omega \cos \kappa - \sin \omega \sin \phi \sin \kappa & -\sin \omega \cos \phi \\ \sin \omega \sin \kappa - \cos \omega \sin \phi \cos \kappa & \sin \omega \cos \kappa + \cos \omega \sin \phi \sin \kappa & \cos \omega \cos \phi \end{bmatrix} \quad (2)$$

A fórmula simplificada da Eq. 1 é dada pela Eq. 2:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \quad (2)$$

As Eqs. 3 e 4 representam as equações de colinearidade (DOMINICI et al., 2017):

$$x_N = -f_N \frac{r_{11} x_p + r_{12} y_p - r_{13} f_p}{r_{31} x_p + r_{32} y_p - r_{33} f_p} \quad (3)$$

$$y_N = -f_N \frac{r_{21} x_p + r_{22} y_p - r_{23} f_p}{r_{31} x_p + r_{32} y_p - r_{33} f_p} \quad (4)$$

Os sistemas x_p , y_p e f_p pertencem à imagem não-retificada: f_p é a distância focal calibrada da câmara; e x_p e y_p são as coordenadas do ponto principal da câmara. Os sistemas x_N e y_N pertencem à imagem retificada.

As imagens adquiridas por câmaras convencionais encontram-se em perspectiva central, com os inúmeros raios de luz advindos de diferentes pontos imageados, passando por um só ponto, localizado no sistema óptico da câmara. O conjunto desses raios é chamado feixe perspectivo. Uma imagem em perspectiva central não pode ser tomada como fonte de informação métrica segura, uma vez que possui erros devido à rotação do sensor e deslocamentos devido ao relevo, inerentes à perspectiva cônica. A projeção ortogonal permite que os raios nunca se encontrem e a imagem final esteja isenta de desvios e distorções relativos ao relevo. Dessa forma, os mosaicos, em perspectiva ortogonal, passam a ser definidos como ortomosaicos. Assim, para se obter ortomosaicos, é necessário realizar uma transformação sobre o mosaico já existente, chamada de ortorretificação. A ortorretificação é um processo completo, pois retira as distorções relativas à rotação da câmara e elimina a distorção relativa ao relevo. A retificação apenas corrige as distorções relativas à rotação da câmara (BUFFI et al., 2017).

O aplicativo E-Foto usa o método de retificação diferencial para gerar um ortomosaico. A retificação diferencial primeiramente requer que o usuário defina uma ortomatriz vazia sobre o terreno. Em seguida, são determinadas as coordenadas tridimensionais do centro de cada pixel da ortomatriz vazia no referencial terrestre. A partir dessas coordenadas, por meio das equações de colinearidade, parâmetros

da orientação exterior conhecidos, são definidas as coordenadas no espaço-imagem para aquele ponto. Por meio dos parâmetros da orientação interior, chega-se ao pixel correspondente e ao seu nível de cinza. Essa tonalidade é reamostrada na imagem original e o respectivo valor do nível de cinza é atribuído à ortoimagem vazia. O processo se repete até que toda a ortoimagem vazia tenha sido preenchida com os respectivos níveis de cinza interpolados da imagem original (COELHO e BRITO, 2015).

Na execução da ortorretificação, foi utilizada a grade regular de uma nuvem de pontos, através do método de interpolação média móvel, com 30 cm de resolução, no formato DSM, gerada na criação do MDS. Foi gerado um ortomosaico com 50 cm de resolução, definindo-se o geotiff como o formato do ortomosaico e o Lagrange como o método de interpolação (Figura 2).



Figura 2. Ortomosaico gerado com as faixas 1 e 3 no formato geotiff.

3.6 Avaliação do ortomosaico

O primeiro método aplicado na avaliação do ortomosaico foi o proposto no aplicativo GeoPEC. O programa GeoPEC fornece ao usuário uma ferramenta amigável e de fácil utilização, permitindo uma avaliação da acurácia posicional de seus produtos através do padrão descrito no Decreto-Lei Nº 89.817, aliado à ET-ADGV da INDE, além da inspeção topográfica presente na NBR 13.133 (SANTOS, 2018). O algoritmo do GeoPEC foi desenvolvido seguindo os procedimentos descritos nas normas e na metodologia proposta por Santos et al. (2016). O *software* GeoPEC é de domínio público e encontra-se disponível para *download* na página eletrônica do curso de Engenharia de Agrimensura da Universidade Federal de Viçosa (<http://www.eam.ufv.br>). Para avaliar a acurácia posicional no aplicativo, é necessária a entrada das coordenadas e/ou distâncias de referência e das coordenadas e/ou distâncias do dado em que se queira avaliar (SANTOS, 2018).

A acurácia posicional refere-se a quão próxima a posição de um dado espacial

está em relação à sua realidade no terreno (ZHOU e REICHLER, 2010). Nesse contexto, o importante em qualquer aerolevante espacial não é eliminar, mas gerenciar a incerteza inerente ao processo de geração do ortomosaico. Uma amostra de checagem com o padrão de distribuição espacial do tipo agrupado pode comprometer a avaliação da acurácia posicional desse dado espacial. Dessa forma, técnicas de estatística espacial, como métodos do vizinho mais próximo e a função K de Ripley, podem ser bastante úteis para a análise das amostras quanto à distribuição espacial das mesmas, onde $R < 1$ é agrupado, $R = 1$ é aleatório e $R > 1$ é disperso.

A acurácia expressa o grau de proximidade de uma estimativa com o parâmetro para qual ela foi estimada. Assim, a acurácia incorpora efeitos sistemáticos e aleatórios. Portanto, entende-se que a acurácia envolve tanto a tendência (efeitos sistemáticos) como a precisão (efeitos aleatórios) (IBGE, 2017). Primeiramente, ao realizar o teste de tendência baseado no teste t de Student e o teste de precisão (qui-quadrado - χ^2), tem-se, como requisito básico, que a amostra siga uma distribuição normal ou gaussiana. O teste de normalidade Bera-Jarques ou Bowman-Shelton baseia-se na diferença entre os coeficientes de assimetria e curtose da amostra quando comparados aos valores de assimetria e curtose de uma distribuição normal.

No controle de qualidade de dados espaciais, a análise de tendências é de fundamental importância. A maioria das avaliações de acurácia posicional que analisam tendências utilizam o teste de hipóteses t de Student. A análise de tendência é realizada com base nas discrepâncias entre as coordenadas observadas e as coordenadas de referência, de onde se obtêm as estatísticas como média e desvio-padrão, sendo n o número de elementos da amostra (SILVA et al., 2015).

A análise de tendência na avaliação da acurácia posicional é de grande importância, já que esses efeitos sistemáticos podem ser modelados. Não se descarta um dado espacial porque ele é tendencioso, já que este pode servir para determinação de áreas, distâncias e ângulos entre feições, se a escala estiver consistente (SANTOS et al., 2016).

Para a análise da precisão, foi utilizado o teste de χ^2 , obedecendo aos valores do EP determinados no Decreto-Lei Nº 87.817/84 e ET-CQDG, que estabelece três e quatro classes, respectivamente. Para realizar o teste χ^2 , inicialmente calcula-se o EP esperado (σ) de cada componente (SILVA et al., 2015).

Desta forma, para a planimetria, utilizando o aplicativo GeoPEC e considerando a junção do teste de tendência com o teste de precisão, as amostras apresentaram distribuição normal ($B_{\text{calc}} = 0,8007$), com resultado tendencioso (Tabela 1), média direcional de 99,0953 e variância circular de -0,0729. A precisão resultou em: classe A, escala 1:37.000; classe B, escala 1:21000; classe C, escala 1:13.000; e classe D, escala 1:11.000. Foi definido o nível de confiança de 90% para o teste de Bowman-Shelton (teste de normalidade), nível de confiança de 90% para o teste t de Student

(tendência) e nível de confiança de 90% para χ^2 (precisão).

Coordenadas	T _{crítico}	T _{calculado}	Resultado
Leste	2,3534	3,3429	Efeito sistemático
Norte	2,3534	-1,3108	Sem efeito

Tabela 1. Teste *t* de Student para dados planimétricos.

Para a altimetria, utilizando o aplicativo GeoPEC e considerando a junção do teste de precisão com o teste de tendência, as amostras apresentaram distribuição normal, $B_{\text{calc}} H = 0,9506$; com resultado tendencioso (Tabela 2). A precisão resultou em: classe A, curva de nível de 16 m; classe B, curva de nível 8 m; classe C, curva de nível de 7 m; e classe D, curva de nível de 6 m, com nível de confiança de 90% para o teste de Bowman-Shelton (normalidade), nível de confiança de 90% para o teste *t* de Student (tendência) e nível de confiança de 90% para χ^2 (precisão).

Coordenada	T _{crítico}	T _{calculado}	Resultado
Altura	2,3534	-2,9236	Efeito Sistemático

Tabela 2. Teste *t* de Student para dados altimétricos.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos na avaliação do ortomosaico, para a planimetria, escalas maiores que 1:21.000 e classes B, C e D, e para a altimetria, curvas de nível menores que 8 m, classes B, C e D, demonstraram o satisfatório desempenho do aplicativo GeoPEC e baixo desempenho do aplicativo E-Foto na geração do ortomosaico, gerando baixa acurácia no processamento do MDS, não permitindo atingir a classe A na planimetria e na altimetria. Em trabalhos futuros, recomenda-se analisar outros aplicativos (e.g., Pixel4D™ ou PhotoScan™) para gerar ortomosaicos que permitam a obtenção de cartas no nível classe A.

O uso de RPAs para atividades de aerolevanteamento permite, com baixo custo operacional, comparado às plataformas de satélites ou aeronaves pilotadas, a geração de mapas e cartas em grandes escalas que atendam às especificações do PEC. A tendência é o surgimento de novas empresas de aerolevanteamento que utilizam o RPA no lugar de aeronaves pilotadas, principalmente quando se tratar de áreas de menor tamanho para imageamento, notadamente em áreas rurais (BRASIL, 2017).

REFERÊNCIAS

- AKAR, O. Mapping land use with using Rotation Forest algorithm from UAV images. **European Journal of Remote Sensing**, v. 50, n. 1, pp. 269-279, 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/22797254.2017.1319252>>.
- ALVES JÚNIOR, L. R. **Análise de produtos cartográficos obtidos com câmera digital não métrica acoplada a um veículo aéreo não tripulado em áreas urbanas e rurais no estado de Goiás**. 2015. Dissertação de Mestrado. Instituto de Estudos Socioambientais. Universidade Federal de Goiás, Goiânia. GO. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/4952/5/Dissertação%20-%20Leomar%20Rufino%20Alves%20Júnior%20-%202015.pdf>>.
- BAIOCCHI, V.; DOMINICI, D.; MILONE, M. V.; MORMILE, M. Development of a software to optimize and plan the acquisitions from UAV and a first application in a postseismic environment. **European Journal of Remote Sensing**, v. 47, n. 1, p. 477-496, 2014. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.5721/EuJRS20144727>>.
- BERTEŠKA, T.; RUZGIENÉ, B. Photogrammetric mapping based on UAV imager. **Geodesy and Cartography**, v. 39, n. 4, p. 158-163, 2013. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/20296991.2013.859781>>.
- BISQUERRA, R.; SARRIERA, J. C.; MARTÍNEZ, F. **Introdução à Estatística. Enfoque Informático com o Pacote Estatístico SPSS**. São Paulo: Artmed, 2004.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica, Tráfego Aéreo, ICA 100-40, de 22 de dezembro de 2016. **Sistemas de aeronaves remotamente pilotadas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro**. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4510>>.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Decreto-Lei Nº 1.177 de 21 de junho de 1971**. Dispõe sobre aerolevantamentos no território nacional e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/1965-1988/Del1177.htm>.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Portaria Nº 953/MD, de 16 de abril de 2016**. Dispõe sobre a adoção de procedimentos para a atividade de aerolevantamento no território nacional. Disponível em: <http://www.defesa.gov.br/arquivos/cartografia/dica/legislacao/pn953_aerolevantamento_16_04_2014.pdf>.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Decreto Nº 89.817 de 20 de junho de 1984**. Estabelece as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm>.
- BRASIL. Portal Ministério da Defesa. **Geoinformação e aerolevantamento**. Disponível em: <<http://www.defesa.gov.br/cartografia-e-aerolevantamento-claten>>. Acesso em 28 de abril de 2018.
- BUFFI, G.; MANCIOLA, P.; GRASSI, S.; BARBERINI, M.; GAMBI, A. Survey of the Ridracoli Dam: UAV-based photogrammetry and traditional topographic techniques in the inspection of vertical structures. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, v. 8, n. 2, p. 1562-1579, 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19475705.2017.1362039>>.
- COELHO, L.; BRITO, J. N. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: UERJ, 2015. Disponível em: <<http://www.efoto.eng.uerj.br/>>.
- COVENEY, S.; ROBERTS, K. Lightweight UAV digital elevation models and orthoimagery for environmental applications: data accuracy evaluation and potential for river flood risk modelling. **International Journal of Remote Sensing**, v. 38, n. 8-10, p. 3159-3180, 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2017.1292074>>.
- DOMINICI, D.; ALICANDRO, M.; MASSIMI, V. UAV photogrammetry in the post-earthquake scenario: case studies in L'Aquila. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, v. 8, n. 1, p. 87-103, 2017.

Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19475705.2016.1176605>>.

FORLANI, G.; RONCELLA, R.; DIOTRI, F. Production of high-resolution digital terrain models in mountain regions to support risk assessment. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, v. 6, n. 5-7, p. 379-397, 2015. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19475705.2013.862746>>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Avaliação da Qualidade de Dados Geoespaciais**. Manuais Técnicos em Geociências. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101152.pdf>>.

JINGXIONG, Z.; NA, Y. Indicator and multivariate geostatistics for spatial prediction. **Geo-spatial Information Science**, v. 11, n. 4, p. 243-246, 2008. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1007/s11806-008-0129-1>>.

KIM, J. I.; KIM, T.; SHIN, T.; KIM, S. Fast and robust geometric correction for mosaicking UAV images with narrow overlaps. **International Journal of Remote Sensing**, v. 38, n. 8-10, p. 2557-2576, 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2017.1294779>>.

KOEVA, M.; MUNEZA, M.; GEVAERT, C.; GERKE, M.; NEX, F. Using UAVs for map creation and updating. A case study in Rwanda. **Survey Review**, 14 p., 2016. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00396265.2016.1268756>>.

LEMES, I. R.; AMORIM, A.; LEMES, E. R.; JORGE, L. C.; TOLEDO, L. F.; CHECON, M. M. S. Implementação de um portal *geoweb* para auxiliar na gestão territorial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMÁTICA, 4. e JORNADAS LUSÓFONAS – CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICAS, 17., Presidente Prudente, 24-26 junho 2017. **Anais...** UNESP, Presidente Prudente, p. 104-109, 2017. Disponível em: <http://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/eventos/2017_IV_SBG/_artigos/2017_SBG_CTIG_paper_96.pdf>.

LIZARAZO, I.; ÂNGULO, V.; RODRÍGUEZ, J. Automatic mapping of land surface elevation changes from UAV-based imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 38, n. 8-10, p. 2603-2622, 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2016.1278313>>.

MOTA, G. L. A.; BRITO, J. L. N. S.; RIBEIRO, J. A.; BERNARDO FILHO, O.; SILVEIRA, M. T.; AGUIAR, R. A.; BADOLATO, I. S.; COSTA, S. L.; REOLON, P. F. The E-Foto Project and the research to implemente a GNU/GPL open source educational digital photogrammetric workstation. In: BOCHER, E.; NETELER, M. (Eds.), **Geospatial Free and Open Source Software in the 21st Century**. Springer, Cap. 6, p. 89-106, 2012.

PIRAS, M.; TADDIA, G.; FORNO, M. G.; GATTIGLIO, M.; AICARDI, I.; DABOVE, P.; RUSSO, L. S.; LINGUA, A. Detailed geological mapping in mountain areas using an unmanned aerial vehicle: application to the Rodoretto Valley, NW, Italian Alps. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, v. 8, n. 1, p. 137-149, 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19475705.2016.1225228>>.

QAYYUM, A.; MALIK, A. S.; SAAD, N. M.; ABDULLAD, M. F. B.; IQBAL, M.; RASHEED, W.; ABDULLAH, A. R. B. A.; JAAFAR, M. Y. H. Measuring height of high-voltage transmission poles using unmanned aerial vehicle (UAV) imagery. **The Imaging Science Journal**, v. 54, n. 3, p. 137-150, 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/figure/10.1080/13682199.2017.1299304?scroll=top&needAccess=true>>.

RIBEIRO, J. A.; DESEILLIGNY, M. P.; BRITO, J. L. N. S.; BERNARDO FILHO, O.; MOTA, G. L. A. E-Foto and MicMac: synergetic benefits of integrating open-source digital photogrammetry software. 2014. Third Open Source Geospatial Research & Education Symposium (OGRS), Espoo, Finlândia. **Proceedings...** Disponível em: <http://www.efoto.eng.uerj.br/administrator/components/com_jresearch/files/publications/49.pdf>.

SANTOS, A. P. **Software desenvolvidos**. Viçosa: UFV. 2018. Disponível em: <<https://afonsopsantos.blogspot.com.br/p/software-GeoPEC.html>>.

SANTOS, A. P.; RODRIGUES, D. D.; SANTOS, N. T.; GRIPP JÚNIOR, J. Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais utilizando técnicas de estatística espacial: proposta de método e exemplo utilizando a norma brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 22, n. 4, p. 630-650, 2016.

SILVA, C. A.; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. S.; SABADIA, J. A. B. Utilização de VANT para geração de ortomosaicos e aplicação do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., João Pessoa, 25-29 abril 2015. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 1137-144, 2015.

SILVEIRA, M. T. **Manual Técnico do Submódulo de Extração do MDS**. Rio de Janeiro: UERJ, 2012.

VERMEER, M.; AYEHU, G. T. **Digital Aerial Mapping. A Hands-On Course**. 2017.

YU, H.; WANG, J.; BAI, Y.; YANG, W.; XIA, G. S. Analysis of large-scale UAV images using a multi-scale hierarchical representation. **Geo-spatial Information Science**, v. 21, n. 1, p. 33-44, 2018. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10095020.2017.1418263>>.

YULIANTO, M. A. **The Bowman-Shelton Test for Normality Testing**. 2012. Disponível em: <<https://digensia.wordpress.com/2012/05/01/the-bowman-shelton-test-for-normality-testing/>>.

ZHOU, G.; REICHLER, S. UAV-based multi-sensor data fusion processing. **International Journal of Image and Data Fusion**, v. 1, n. 3, p. 283-291, 2010. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19479832.2010.497343?src=recsys&journalCode=tidf20>>.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Álcool 168, 171, 173

Análise química 69

Arte 11, 12, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 112, 113, 171

B

Brasília 31, 47, 57, 66, 113, 114, 115, 159, 174

C

Cadastro territorial multifinalitário 117

Cartografia 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 108, 110, 112, 113, 114, 126, 127

Ciências 1, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 25, 30, 31, 34, 35, 36, 44, 45, 46, 55, 67, 68, 127, 128, 159, 171

D

Dimensionamento 129, 131, 132, 134, 136

DNIT 150, 151, 152, 153, 159

Drenos de segurança 141

E

Ensino médio 10, 11, 16, 21, 23, 25, 29, 35, 37, 38, 47, 49, 56, 57, 168, 170

Escola 7, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 31, 35, 37, 39, 45, 47, 50, 53, 57, 160, 168, 170, 171, 172, 173

Estaca 131, 133, 134, 136, 137

Estudo de caso 62, 65, 82, 84, 85, 91, 129, 132, 133

F

Ficha cadastral 74, 75, 76, 81

I

Inspeção geotécnica 140

Intemperismo químico 67, 68

J

Jogos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 19, 22, 23, 25, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 40, 42, 44, 45, 161, 162, 166, 167

Jovens 12, 21, 23, 30, 37, 38, 168, 169, 170, 172, 173, 174

L

Licenciamento ambiental 72, 73, 76, 81

Loteria 161, 162, 163, 167

M

Maricá 117

Método baldi 138, 141, 146

Minas gerais 149, 150, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 168, 171

Monumento natural 62, 63, 64, 65

O

OBMEP 47, 48, 51, 53, 55, 56, 61

Organização mundial de saúde 168, 169, 170

Ortomosaicos 115, 117, 122, 125, 128

P

Paraná 1, 18, 62, 63, 64, 66, 67, 69, 70, 160

PISA 47, 48, 50, 51, 61

Probabilidade 47, 57, 59, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 156, 161, 163, 164, 165, 166, 167

Q

Questões ambientais 20

Química 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 25, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 67, 69, 70, 171

R

Recursos didáticos 15, 21, 36

S

São Paulo 18, 19, 31, 32, 55, 61, 70, 71, 72, 73, 80, 81, 83, 95, 113, 126, 137, 157, 160

Sistema fuzzy 72, 78

Software 3, 25, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 93, 94, 116, 123, 126, 127, 128, 155

Solo 67, 68, 69, 70, 75, 129, 130, 131, 132, 133, 136, 137

T

Tabela periódica 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Tecnologia 1, 2, 5, 7, 22, 45, 56, 72, 84, 95, 158, 159

Trânsito 84, 149, 150, 151, 152, 159, 160, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174

Transporte público 82, 83, 84, 85, 91, 94, 95

Transversalidade 18, 168

U

União matemática internacional 51

Unidade de conservação 62, 63, 64

 **Atena**
Editora

2 0 2 0