

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra



Luis Ricardo Fernandes da Costa
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
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
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Gabriel Motomu Teshima
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Luis Ricardo Fernandes da Costa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G342 Geociências: a história da terra / Organizador Luis Ricardo Fernandes da Costa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-120-3

DOI 10.22533/at.ed.203210106

1. Geociências. I. Costa, Luis Ricardo Fernandes da (Organizador). II. Título.

CDD 550

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

É com muito prazer que apresentamos a obra “Geociências: a história da Terra”, que apresenta uma série de dezessete artigos com diferentes abordagens e metodologias que abrem a discussão da produção acadêmica nesse segmento.

A obra é composta por trabalhos voltados para as geociências e que abordam diferentes metodologias, desde análises climáticas, passando pela interpretação de Modelos Digitais de Elevação e diferentes aplicações para o meio ambiente.

Como destaque, cabe ressaltar a aplicabilidade em diferentes contextos e realidades no Brasil e no exterior, além das experiências voltadas a consolidação do ensino de geociências a nível nacional, como é abordado ao longo do livro.

Diante dos desafios e atual conjuntura da ciência brasileira, a presente obra é uma possibilidade e esforço de divulgação de trabalhos em diferentes escalas e com a qualidade a nível Brasil, mesmo com os percalços e desafios da pesquisa cotidiana.

Convidamos a todos os leitores a percorrer pelo sumário e conferir essa incrível coleção, com possibilidades de expansão e disseminação nos próximos trabalhos da área.

Luis Ricardo Fernandes da Costa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A APLICAÇÃO DA TÉCNICA MULTIVARIADA (PCA) NA CORRELAÇÃO DO PALEOAMBIENTE DEPOSICIONAL DA FORMAÇÃO IRATI (BACIA DO PARANÁ) POR MEIO DE DADOS DE BIOMARCADORES

Lorena Tuane Gomes de Almeida

Sidney Gonçalo de Lima

DOI 10.22533/at.ed.2032101061

CAPÍTULO 2..... 15

A CRIAÇÃO DE UMA SALA DE EXPOSIÇÃO DE METEOROLOGIA NO MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL DA UFAL

Natalia Fedorova

Vladimir Levit

Ana Paula Lopes da Silva

Jorge Luiz Lopes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.2032101062

CAPÍTULO 3..... 30

ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DOS MUNICÍPIOS DE BOM JESUS DO ITABAPOANA – RJ E BOM JESUS DO NORTE – ES, UTILIZANDO TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS E SENSORIAMENTO REMOTO

Wallace Maciel Pacheco Neto

DOI 10.22533/at.ed.2032101063

CAPÍTULO 4..... 43

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO SEGUNDO OS DADOS DE PLUVIÔMETRO, GPCC E TRMM PARA RONDON DO PARÁ E SUA RELAÇÃO COM ANOMALIAS DE TSM

Priscila dos Santos Ribeiro

Juliana Cristina Silva do Nascimento

Fernando Bosco de Sousa Melo

Luciano André Barbosa da Silva

Paulo Rick Soares Rodrigues

Emily Amaro Pires

Davi Miranda Costa

Matheus Henrique Melo Farias

Laura Carolina Trindade Santos

Luan Bezerra Moreira dos Santos

Jordana do Socorro Silva do Nascimento

Talleson Gabriel Andrade dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.2032101064

CAPÍTULO 5..... 58

PROSPECÇÃO GEOELÉTRICA DE OCORRÊNCIA DE COBRE EM FAIXA DE DOBRAMENTOS NA REGIÃO DE CAÇAPAVA DO SUL (RS)

Shaiely Fernandes dos Santos

César Augusto Moreira

Fernanda Teles Gomes Rosa
Karolliny Borssatto
Marly Aparecida da Silva
DOI 10.22533/at.ed.2032101065

CAPÍTULO 6..... 76

AVALIAÇÃO NUMÉRICA DO IMPACTO DA RESSURGÊNCIA NO SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DE BRISAS NO LITORAL DO RIO DE JANEIRO – BRASIL

Caio Pereira de Souza
Ana Cristina Pinto de Almeida Palmeira
Luiz Paulo de Freitas Assad

DOI 10.22533/at.ed.2032101066

CAPÍTULO 7..... 93

COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DITAIS DE ELEVAÇÃO E CARTA TOPOGRÁFICA NA GERAÇÃO DE MAPAS DE DECLIVIDADE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS – PR

Sidival Antonio Calderan
Ricardo Henrique Bueno
Giovana Moreira Goes
Rodrigo Gonçalves Ferreira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.2032101067

CAPÍTULO 8..... 99

COMPARAÇÃO ENTRE O POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO E DIFERENTES MÉTODOS DE POSICIONAMENTO

Juliana Tamires Ferreira Kizahy Nagem
Maria Luiza de Castro Garcia
Wanessa Dias Alves
Samuel Salin Gonçalves de Souza
Emerson Ricardo Barros Pires
Nathalia de Souza Lima
Marcus Vinicius Zamorim da Costa
Júlio Anderson Araujo Pereira
Wendell Fonseca Pinheiro
Karen Patricia Macedo Cesário
Patrick Rafael Silva Corrêa

DOI 10.22533/at.ed.2032101068

CAPÍTULO 9..... 109

COMPARAÇÃO ENTRE OS INTERPOLADORES DO ARCGIS -PRO PARA DADOS GRAVIMÉTRICOS

Leticia Cristina Ribeiro
Danilo Fernandes de Medeiros
Giuliano Sant'Anna Marotta
Rejane Ennes Cicerelli

DOI 10.22533/at.ed.2032101069

CAPÍTULO 10.....	116
CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇOS, TERRAS RARAS E ESCÂNDIO EM PERFIL DE INTEMPERISMO DE ROCHA METAULTRAMÁFICA (BOM JESUS DA PENHA – MG)	
Ilio Rodarte Faria Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.20321010610	
CAPÍTULO 11.....	135
DISTRIBUIÇÃO DAS VELOCIDADES E DIREÇÕES DO VENTO EM UM PLANTIO DE CUPUAÇUZEIRO COM AÇAÍ	
Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes	
Joyse Tatiane Souza dos Santos	
Deborah Luciany Pires Costa	
Denilson Barreto da Luz	
Matheus Lima Rua	
Erika de Oliveira Teixeira	
Igor Cristian de Oliveira Vieira	
Adrielle Carvalho Monteiro	
João Vitor de Nóvoa Pinto	
Stefany Porcina Peniche Lisboa	
Maria de Lourdes Alcântara Velame	
Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.20321010611	
CAPÍTULO 12.....	145
ESTUDOS DE DAM BREAK	
Olavo Tozete Tercini	
Arthur Bucciarelli Andreetta	
Euclides Cestari Junior	
DOI 10.22533/at.ed.20321010612	
CAPÍTULO 13.....	151
MEDIDAS GERAIS PARA PRECAUÇÃO DE DESASTRES EM BARRAGENS	
Olavo Tozete Tercini	
Arthur Bucciarelli Andreetta	
Mariane Chimite Nossa	
Douglas Meira Brito	
Euclides Cestari Junior	
DOI 10.22533/at.ed.20321010613	
CAPÍTULO 14.....	157
MOVIMENTO DO PÓLO ANALISADO SOB A INFLUÊNCIA DO TERREMOTO DE SAMOA	
Juliana Tamires Ferreira Kizahy Nagem	
Wendell Fonseca Pinheiro	
Maria Luiza de Castro Garcia	
Lucas Daniel Noronha Ferreira	
Mozart dos Santos Silva	

Marcos Gabriel Silva e Silva
Arthur Jeronimo Santana Aragão
Patrick Rafael Silva Corrêa
Júlio Anderson Araújo Pereira
DOI 10.22533/at.ed.20321010614

CAPÍTULO 15..... 167

RECLASSIFICAÇÃO DO AMBIENTE FLUVIAL NO ESPAÇO URBANO DE PONTA GROSSA-PR: UM NOVO OLHAR

Marcelo Mendes
Maria Ligia Cassol-Pinto

DOI 10.22533/at.ed.20321010615

CAPÍTULO 16..... 180

USO DE SÉRIE CLIMATOLÓGICA PARA CARACTERIZAÇÃO DA SAZONALIDADE E VARIABILIDADE CLIMÁTICA EM BELÉM-PA

Gabriel Brito Costa
Ana Caroline da Silva Macambira
Letícia Victória dos Santos Matias
Duany Thainara Corrêa da Silva
João Thiago Rodrigues de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.20321010616

CAPÍTULO 17..... 198

VERIFICAÇÃO DO CÓDIGO FLORESTAL ATUAL EM APP DE RIOS PERENES E INTERMITENTES NO CONTEXTO URBANO DA CIDADE DE CURITIBA

Carla Jaqueline Casaroti
Flávia Silveira
Gabriele Silveira Camara
Luís Antônio Soares e Sousa
Jorge Antonio Silva Centeno

DOI 10.22533/at.ed.20321010617

SOBRE O ORGANIZADOR..... 212

ÍNDICE REMISSIVO..... 213

CAPÍTULO 16

USO DE SÉRIE CLIMATOLÓGICA PARA CARACTERIZAÇÃO DA SAZONALIDADE E VARIABILIDADE CLIMÁTICA EM BELÉM-PA

Data de aceite: 21/05/2021

Data de submissão: 08/03/2021

Gabriel Brito Costa

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém Pará
<http://lattes.cnpq.br/0980355943575182>

Ana Caroline da Silva Macambira

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém Pará
<http://lattes.cnpq.br/7266698758647917>

Letícia Victória dos Santos Matias

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém Pará
<http://lattes.cnpq.br/9907338362901855>

Duany Thainara Corrêa da Silva

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém Pará
<http://lattes.cnpq.br/1897662970988327>

João Thiago Rodrigues de Sousa

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém Pará
<http://lattes.cnpq.br/9212753748160340>

RESUMO: Através de dados coletados na estação meteorológica convencional situada na cidade de Belém-PA no período de 1970 à 2017, foram estudadas diferentes variáveis climatológicas, com ênfase em sua variabilidade e possível influência de fenômenos de grande escala sobre as mesmas, bem como de caracterizar os aspectos climatológicos do local. Os dados de temperatura do ar, umidade relativa

do ar, acumulados médios anuais de precipitação, médias de evaporação, horas de brilho solar e padrões de direção e velocidade do vento se mostraram dentro dos padrões esperados de acordo com estudos sobre o clima da região. Os eventos de ENOS se mostraram bem correlacionados com os extremos das variáveis meteorológicas, onde o El Niño se associa á anos mais quentes e secos e o La Niña se associa á anos mais frios e chuvosos. Evidenciou-se a tendência de aumento das médias de temperatura com conseqüente diminuição das médias de umidade relativa do ar, efeito provável do aumento urbanístico da cidade nos últimos anos, ocasionando recordes máximos de temperatura do ar e mínimo de umidade relativa da série em anos recentes. O detalhamento das informações sobre temperatura chuva e umidade relativa pode subsidiar as decisões sobre turismo na região, as informações sobre evaporação e chuva podem subsidiar as decisões sobre produção agrícola no entorno da cidade e as informações sobre vento podem subsidiar as decisões quanto às diretrizes construtivas para as edificações e nas condições ambientais arquitetônico-urbanísticas, com repercussões na qualidade do ambiente citadino e no conforto térmico.

PALAVRAS - CHAVE: ENOS, mudanças climáticas, urbanização.

CLIMATE SERIE USE FOR SEASONALITY AND CLIMATE VARIABILITY CHARACTERIZATION IN BELÉM-PA

ABSTRACT: Through data collected at the conventional meteorological station located in

Belém-PA city from 1970 to 2017, different climatological variables were studied, with an emphasis on their variability and possible influence of large-scale phenomena on them, as to characterize the local climatic aspects. Air temperature, relative air humidity, average annual rainfall accumulation, average evaporation, hours of sunshine, and patterns of direction and wind speed data was within the expected range according to climate local studies. ENSO events were well correlated with extreme weather variables, where El Niño is associated with warmer and drier years, and La Niña is associated with colder, wetter years. It was evidenced the tendency temperature averages increase with consequent averages relative humidity decrease, probably effect of the increase urban city in the last years, causing maximum air temperature and minimum relative humidity records in recent years on serie. Detailed information on rainfall and relative humidity can support decisions about tourism in the region, information on evaporation and rain can support decisions about agricultural production around the city, and wind information can support decisions about constructive guidelines for the buildings and the architectural-urban environmental conditions, with repercussions on the quality of the city environment and thermal comfort.

KEYWORDS: ENSO, climate change, urbanization.

1 | INTRODUÇÃO

A região metropolitana de Belém desempenha papel importante para o desenvolvimento agrícola do nordeste paraense, contando com cerca de 2,4 milhões de habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2010), e apresenta idiosincrasias de sua inserção como metrópole regional na Amazônia. Elementos e migração campo-cidade de seus habitantes e função histórica da cidade de Belém como conexão central de um complexo dendrítico regional, transformaram a capital e seu entorno em um dos principais mercados estruturadores da dinâmica econômica da Amazônia Oriental Brasileira (CARDOSO et al, 2015). Essa característica histórica foi fortalecida e reestruturada recentemente pelo processo de migração da população de baixa renda das regiões contíguas (principalmente Marajó e Baixo Tocantins), áreas não incluídas no escopo dos grandes projetos de capital intensivo implantados no Pará a partir dos anos 1960. Tal dinâmica migratória regional, somada à expansão da fronteira urbana na Amazônia nos últimos anos, contribuiu para a metropolização de Belém durante as décadas de 1970 e 1980 (CARDOSO et al, 2015), como podemos ver na figura 1.

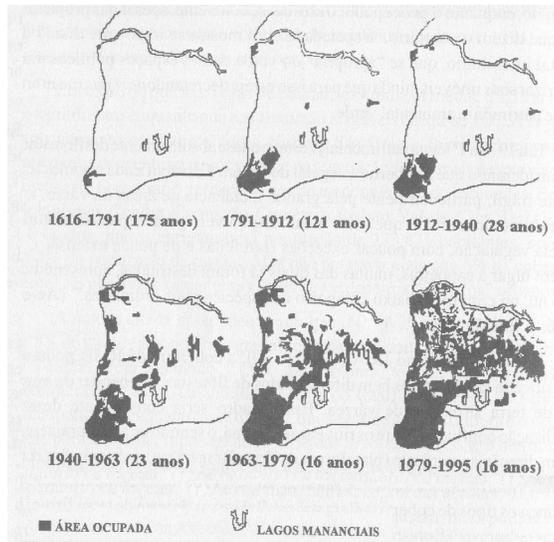


Figura 1 – Evolução temporal e espacial da ocupação de Belém.

Fonte: Rodrigues (1996, apud Silva Júnior, 2012).

Com esta metropolização vêm também as mudanças na paisagem, no uso do solo, no uso dos recursos hídricos, faunísticos e florestais do local. Segundo Rodrigues (1996, apud SILVA JÚNIOR, 2012), nos últimos séculos, os índices de crescimento populacional em Belém foram superiores à média nacional. Este processo gera a ocupação do espaço intra-urbano causando danos ambientais através da mudança das características da cobertura do solo, principalmente, através da supressão vegetal para dar espaço a edificações e áreas pavimentadas, modelo este classificado como irracional pelo o autor. De acordo com Tavares e Mota (2012), na cidade de Belém foram registrados cerca de 50 eventos extremos de precipitação somente no período chuvoso nos últimos 20 anos, sendo o aumento no número de eventos extremos de precipitação em uma região atribuída como uma das consequências das mudanças no clima. O tema é de tão relevada importância que o Fórum Paraense de Mudanças Climáticas (FPMC), criado pelo decreto estadual nº. 1.900/2009 e reinstituído pelo decreto estadual nº. 518/2012 reuniu-se em dezembro de 2014 e maio de 2015 para discutir e aprovar um documento com recomendações para uma agenda de mitigação e adaptação às mudanças climáticas no Estado do Pará. Desde 2006 várias medidas do governo federal e estadual ajudaram a reduzir a taxa anual de desmatamento na região e no estado, incluindo a criação de áreas protegidas, embargo aos municípios que mais desmatam, entre outras ações. Conhecer os aspectos climatológicos e possíveis impactos de eventos climáticos extremos na principal cidade do estado ajuda no desenvolvimento de estratégias que alcancem os objetivos governamentais propostos, foco central deste trabalho.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dados

O BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) é um banco de dados para apoiar as atividades de ensino e pesquisa e outras aplicações em meteorologia, hidrologia, recursos hídricos, saúde pública, ciências ambientais e demais áreas correlatas. O Banco abriga dados meteorológicos horários, diários e mensais em forma digital, referentes a séries históricas da rede de estação do INMET (291 estações meteorológicas convencionais), num total de cerca de 3 milhões de informações referentes às medições diárias, de acordo com as normas técnicas internacionais da Organização Meteorológica Mundial (Lemos, 2014).

No BDMEP estão acessíveis os dados diários, a partir de 1961, das estações para as quais se disponha, em formato digital, de pelo menos 80% dos dados que foram registrados naquele período. Os dados históricos referentes a períodos anteriores a 1961 ainda não foram digitalizados, e, portanto, estão indisponíveis no BDMEP. As variáveis atmosféricas disponibilizadas para consultas no BDMEP são: precipitação ocorrida nas últimas 24 horas, temperatura do bulbo seco, temperatura do bulbo úmido, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa do ar, pressão atmosférica ao nível da estação, insolação, direção e velocidade do vento, evaporação, número de horas de insolação, velocidade e direção do vento, visibilidade e nebulosidade. A umidade relativa foi definida através dos valores da temperatura do bulbo seco e do bulbo úmido. As observações foram realizadas nos horários sinóticos das 12, 18 e 24 UTC (que correspondem às 9, 15 e 21 h local). Apesar do BDMEP disponibilizar os dados desde o ano de 1961 de temperaturas médias diárias, a Estação de Belém tem uma falha no período de 1961-1969 na maioria dos dados. Por isso optou-se em se utilizar o período com menos ou poucas falhas.

2.2 Descrição da área de estudo

A figura 2 mostra o mapa com a localização da estação de Belém-PA, localizada nas coordenadas geográficas 01°43' de latitude Sul e 48°43' de longitude Oeste. Situado na região leste da cidade, possui uma área bastante vegetada, com poucas edificações e vias pavimentadas, e um baixo trânsito de veículos. A Área de Preservação Ambiental (APA) de Belém é vizinha a esta estação, sendo o período de dados considerado de 1970-2017.

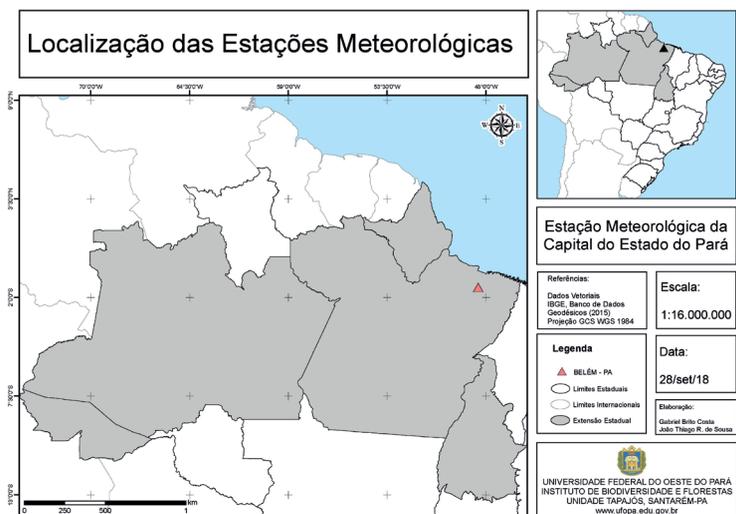


Figura 2. Localização da estação meteorológica (município de Belém) no estado do Pará.

2.3 Qualidade dos dados, médias e estatísticas descritivas

Por se tratar de uma série temporal, se faz necessário o controle da qualidade de dados. O objetivo do controle de qualidade é identificar inconsistências no processo de registro, formatação, transmissão e arquivamento dos dados (WMO - N°1186, 2003). O controle de qualidade envolve, por exemplo, detecção de erros nos dados plotados e de dados faltantes, consistência interna, coerência espacial e temporal, verificação da homogeneidade dos dados, correção dos dados, preenchimento de falhas e outras técnicas. A temperatura compensada média é dada através da fórmula abaixo utilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET):

$$T_{\text{MédiaCompensada}}(^{\circ}\text{C}) = \frac{T_{09h} + 2xT_{21h} + T_{\text{Min}} + T_{\text{Max}}}{5} \quad (1)$$

5

$$T_{\text{MédiaCompensada}} = \frac{T_{09h} + 2xT_{21h} + T_{\text{max}} + T_{\text{min}}}{5}$$

Com base nos cálculos obtidos de: temperatura média das 09:00 horas local (T9), temperatura média das 21:00 horas local (T21); temperatura máxima média (TMAX) e temperatura média mínima (TMIN). Plotou-se gráficos com médias diárias das variáveis, boxplots do conjunto de dados, densidade de dados por mês, além do cálculo de medidas de dispersão e de associação. A função correlação cruzada mediu a correlação entre as séries

temporais em diferentes períodos de tempos (GOMES, 2015). Utilizaram-se para mensurar o grau de correlação e defasagem as variáveis: temperatura do ar com insolação. Segundo Chatfield (2004), o estimador da função correlação cruzada é calculado pela fórmula:

$$\rho_{xy}(h) = \frac{\sum_{t=1}^{n-h} (x_{t+h} - \bar{x})(y_t - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{t=1}^{n-h} (x_t - \bar{x})^2 \sum_{t=1}^{n-h} (y_t - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

$$\rho_{xy}(h) = \frac{\sum_{t=1}^{n-h} (x_{t+h} - \bar{x})(y_t - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{t=1}^{n-h} (x_t - \bar{x})^2 \sum_{t=1}^{n-h} (y_t - \bar{y})^2}}$$

onde x_t e y_t são as séries temporais; \bar{x} e \bar{y} são as médias; h é o coeficiente de defasagem entre as séries; e n é o número de observações.

Todas as técnicas estatísticas mencionadas e plots descritos foram realizadas com o auxílio do software estatístico livre R 3.5.1. (R, 2018).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 3 e 4 mostram médias diárias de temperatura do ar e umidade relativa do ar na cidade de Belém entre os anos de 1970 e 2017. A linha preta indica a média móvel dos dados, onde dados mais próximos do mínimo (20°C) são mostrados em azul, mais próximos do máximo (32°C) em vermelho e os demais dados em verde, onde se encontra a média de temperatura (26,4°C). Os mínimos e máximos estão associados diretamente com o período chuvoso, caracterizado por diferentes fenômenos atmosféricos (Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), as Linhas de Instabilidades (LI), Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), efeito de brisa), além da convecção local, que representa um dos principais fenômenos responsáveis pela precipitação na época menos chuvosa (COHEN et al., 1995; SOUZA et al., 2009; REIBOTA et al., 2010; CAMPONOVARA e SILVA, 2011; MOURA e VITORINO, 2012) e eventos como os estudados por Foley et al. (2002), que analisaram a variabilidade climática na bacia amazônica durante eventos de El Niño/Oscilação Sul (ENOS), através de dados pluviométricos históricos dos anos de 1950 a 1995. Durante a ocorrência de um El Niño moderado, a precipitação tende a ser menor que a normal, enquanto que durante a ocorrência de um evento La Niña moderado, a precipitação tende a ser maior que a normal (FOLEY et al., 2002; SOUSA et al, 2015), o que impacta diretamente nos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar aqui mostrados, onde é possível identificar eventos históricos de El Niño como os classificados como moderados (1986-1987 e 2009/2010) nas décadas de 80 e 90, classificados como fortes (1997-1998) na década de 90 e os evento mais recente de forte El Niño (2015-2016), ocasionando os altos valores de temperatura e o mínimo histórico de umidade relativa da série (2016). Os eventos de

La Niña, mesmo os fracos da década de 80 (1983-1984; 1984-1985) mostraram influência em menores temperaturas e maiores valores de umidade relativa do ar, principalmente nos eventos chuvosos históricos associados ao evento La Niña na região, no caso: 1989, 1999 e 2009 (COUTINHO et al., 2018). Apesar da maior média diária ter sido registrada em 2012 (31,4 °C), o maior máximo de temperatura foi registrado no ano de 1982 (37,3 °C, figura 5), tido como ano de forte El Niño. A umidade relativa média da série foi de 85%, com maiores valores no período mais chuvoso (Janeiro á maio) e menores no período menos chuvoso (junho á dezembro). Devido à clara tendência de aumento de temperatura da série (os mínimos e máximos cada vez maiores com o tempo), provavelmente devido á intensificação da urbanização no entorno da estação meteorológica e da cidade, também a umidade relativa mostra mínimos cada vez menores ao longo dos anos.

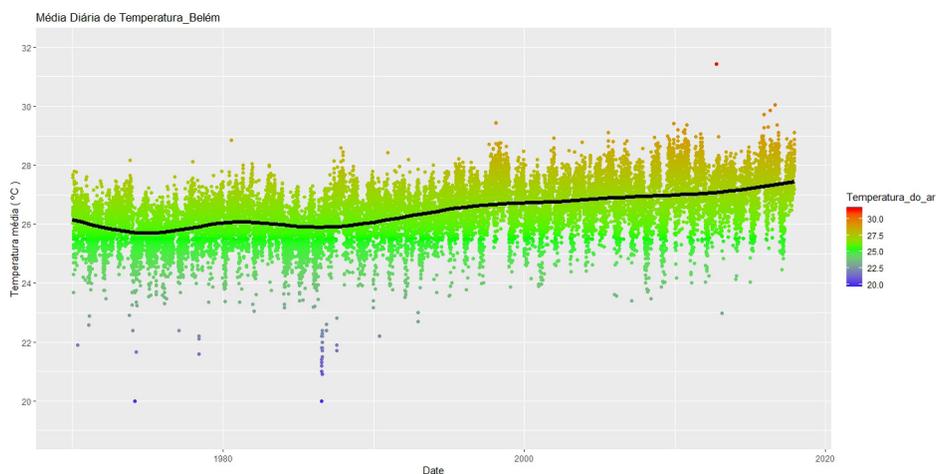


Figura 3. Médias diárias da série histórica de temperatura do ar para a cidade de Belém-PA.

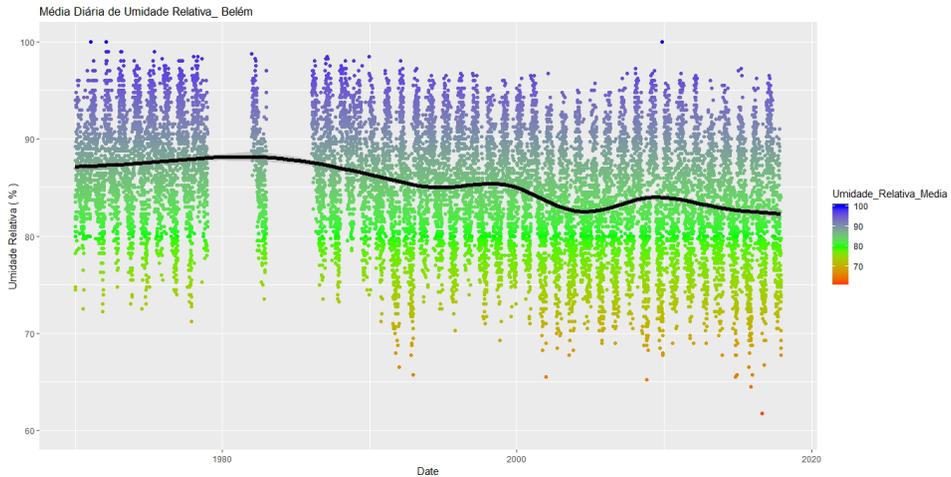


Figura 4. Médias diárias da série histórica de umidade relativa do ar para a cidade de Belém-PA.

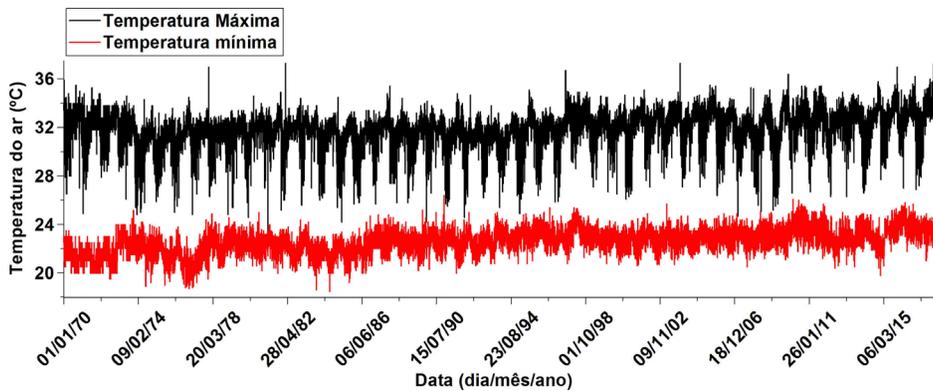


Figura 5: Máximos e mínimos diários da série histórica de temperatura do ar para a cidade de Belém-PA.

A evaporação dada pelo evaporímetro de piche (figura 6) corrobora os padrões atmosféricos associados com anos mais quentes ou frios, onde anos quentes e secos mostraram maiores valores de evaporação, podendo atingir até os 15 mm dia^{-1} , e anos mais frios e úmidos mostraram menores valores. A evapotranspiração total média foi de 703 mm/ano e a maior evapotranspiração total foi observada no ano de 1971 ($971,07 \text{ mm/ano}$), sendo a menor no ano de 2011 ($412,09 \text{ mm/ano}$), classificados como anos de La Nina e El Niño respectivamente, o que justifica estes extremos.

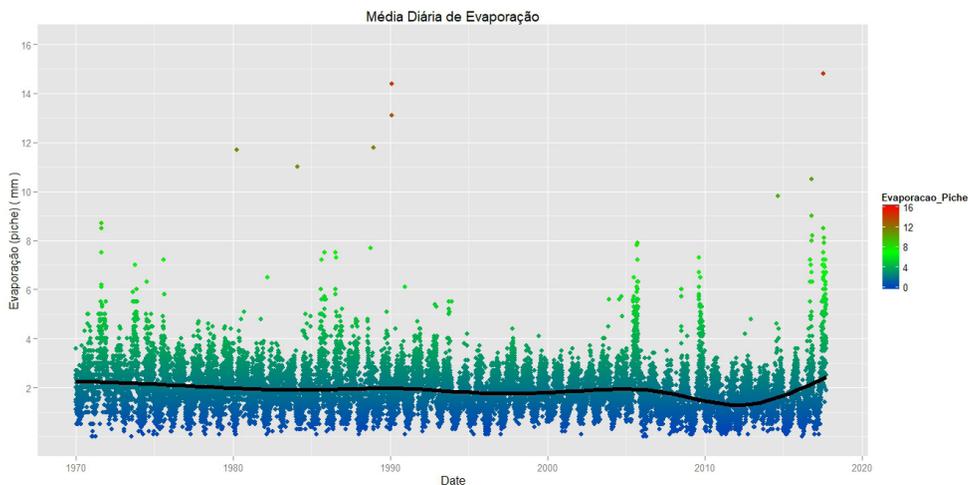


Figura 6. Médias diárias da série histórica de evaporação (evaporímetro de piche) para a cidade de Belém-PA.

Na figura 7 pode se observar que as maiores médias diárias de temperatura do ar ocorrem nos meses de outubro e novembro e os menores valores nos meses de janeiro e fevereiro. Apesar deste padrão sazonal, os eventos de ENOS podem ocasionar valores de outliers na série, com altas temperaturas no período chuvoso e baixas temperaturas no período mais seco e quente. A grande variabilidade intra-anual é mais bem visualizada na figura 8, onde o mês de julho tem densidade de dados em faixas distantes (20°C) do mínimo da distribuição de dados (em torno de 24°C). A maior variabilidade se dá no mês de dezembro, que pode apresentar dados da faixa dos 23°C aos 29°C . A maior densidade de ocorrências se dá na faixa em torno de $26,5^{\circ}\text{C}$, não havendo uma diferença acentuada das densidades por faixa entre os meses (figura 9).

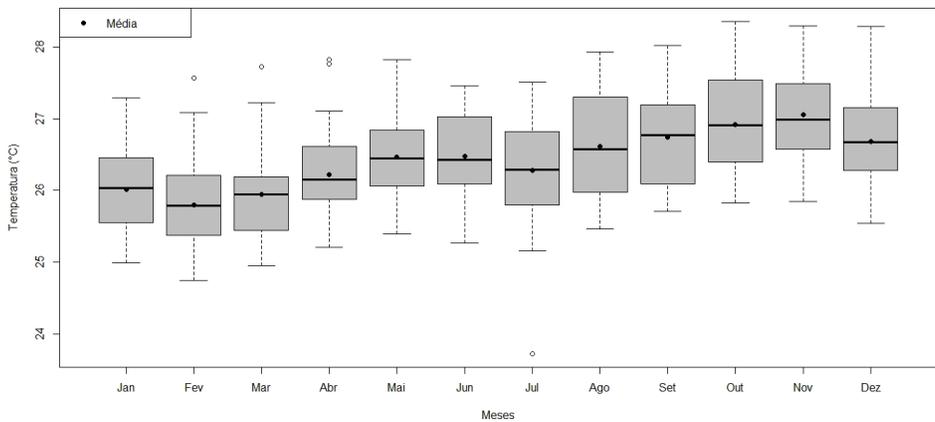


Figura 7. Boxplot da variação do total anual da temperatura do ar (°C) observada na estação meteorológica localizada nos município de Belém para o período de 1970 a 2017.

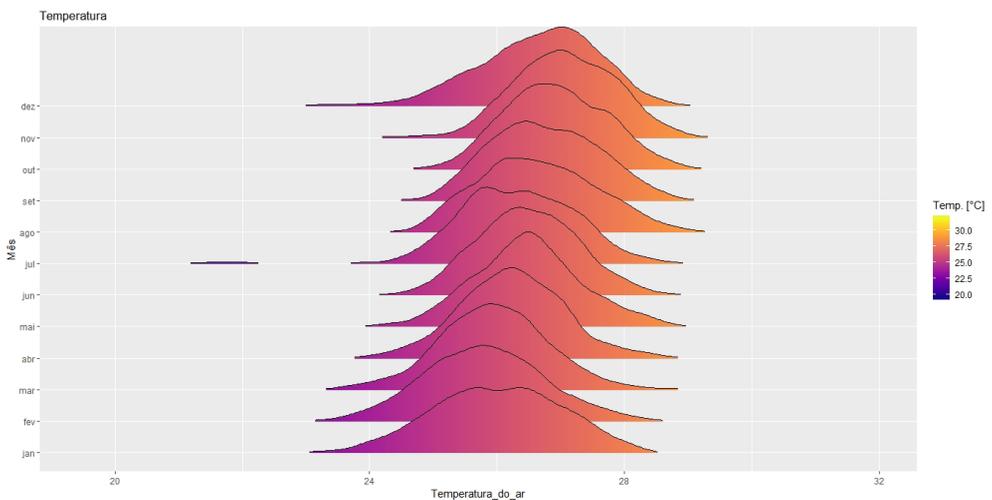


Figura 8. Densidade dos dados de temperatura do ar por mês do ano na estação meteorológica localizada nos município de Belém para o período de 1970 a 2017.

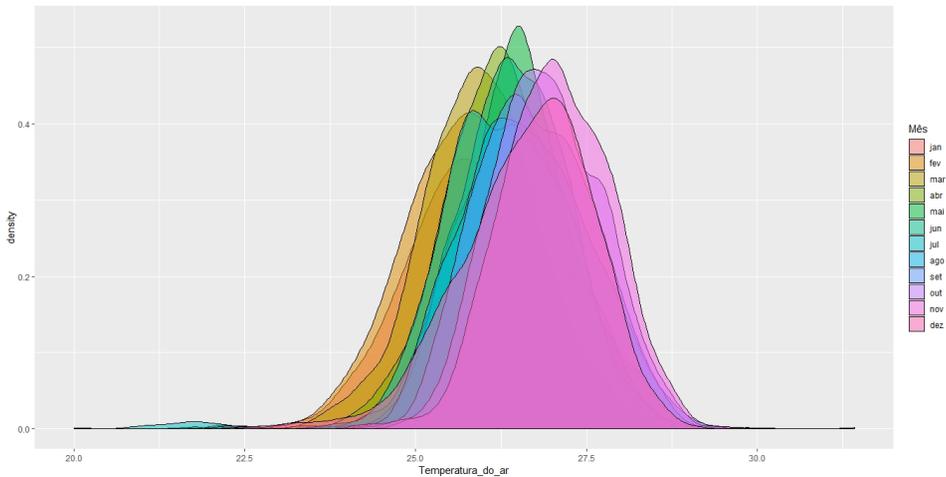


Figura 9. Valores mensais de densidade dos dados de temperatura do ar na estação meteorológica localizada no município de Belém para o período de 1970 a 2017.

A média de horas de brilho solar (insolação) é de 6,1 h e máximos de temperatura do ar ocorrem aproximadamente 2 meses após o máximo de insolação (8h de brilho solar) no mês de agosto (figura 10), o que se explica devido ao acúmulo de dias sem chuva aumentando gradativamente a temperatura local. Os meses de transição entre as estações mais e menos chuvosa (Abril e Maio) são os que apresentam maior variabilidade de dados da série, provavelmente devido à alternância de dias chuvosos e de céu claro. Esta defasagem entre o máximo de insolação e temperatura do ar é comprovada pela CCF (correlação cruzada, figura 11) que permite verificar as defasagens da variável resposta em relação às variáveis explicativas. A linha azul dá o intervalo de confiança de 95%, ou seja, dentro deste intervalo estão os valores que são estatisticamente não significativos, com um forte sinal sazonal na correlação cruzada calculada.

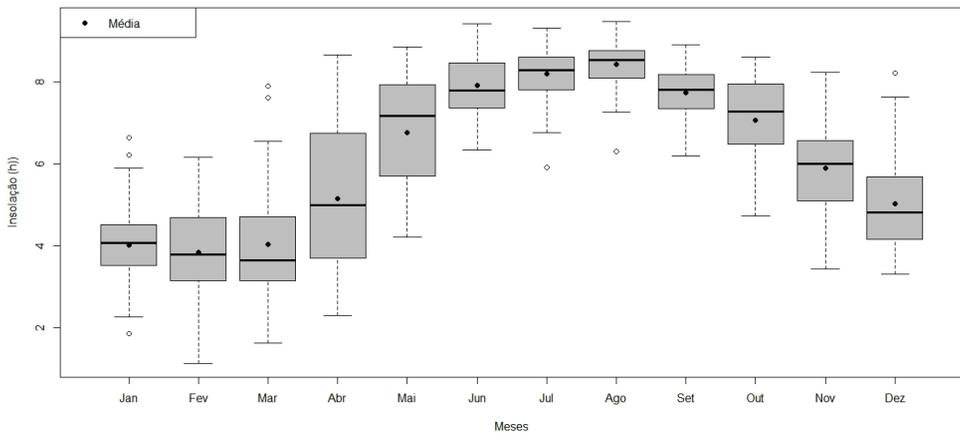


Figura 10. Boxplot da insolação na cidade de Belém-PA no período de 1970 a 2017.

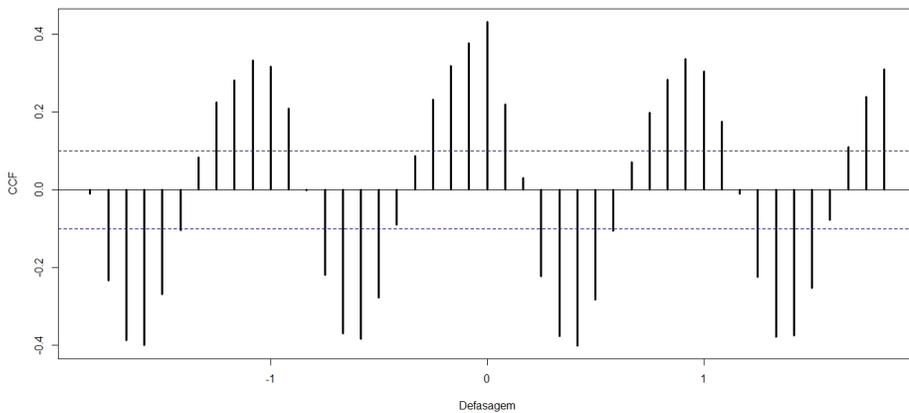


Figura 11. Correlação Cruzada entre a insolação e a variável dependente (temperatura do ar).

Os totais de chuva anual (figura 12) entre 1970 e 2017 oscilaram entre 2314 mm (1982) e 3776 mm (2013), classificados como anos de forte El Niño e La Nina fraco respectivamente (GOLDEN GATE WEATHER SERVICES ,2016). Fica evidente a associação de anos de El Niño com ocorrências de totais muito abaixo da média e anos de La Nina com totais muito acima da média, Salvo poucos anos de exceções. Sobre a sazonalidade mensal, a figura 13 mostra os meses de fevereiro á abril com maior pluviosidade, e os meses de junho á novembro como os de menor pluviosidade, com médias dos acumulados mensais variando entre 150 á 410 mm/mês, o que está de acordo com outros estudos (MORAES et al., 2005; SOUZA et al., 2009). Nechet (1997) categorizou o período chuvoso da região

como: mais chuvoso (Dezembro á maio), período chuvoso (junho á agosto) e período de estiagem (setembro á novembro), o que é corroborado pelos dados aqui apresentados onde estes períodos mostram medianas e médias próximas entre si e os outliers indicam quando eventos de chuva saem da normalidade do período de dados.

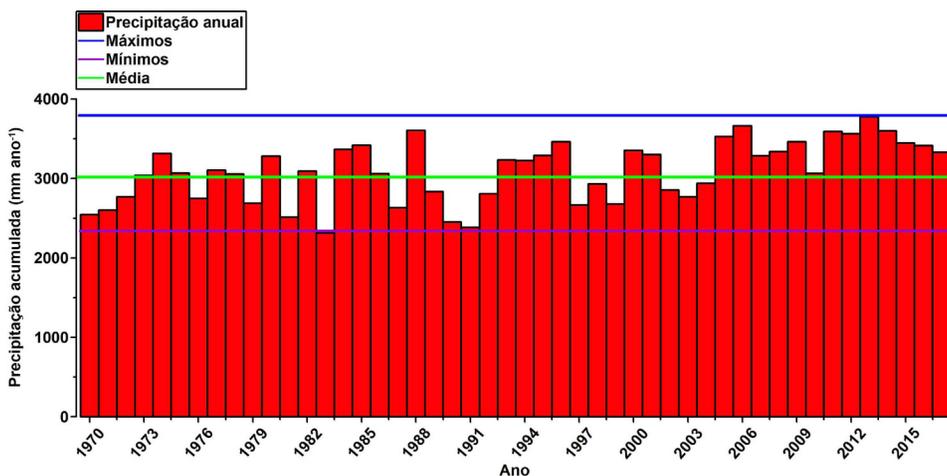


Figura 12. Totais anuais de precipitação com indicação de: média, mínimo e máximo da série.

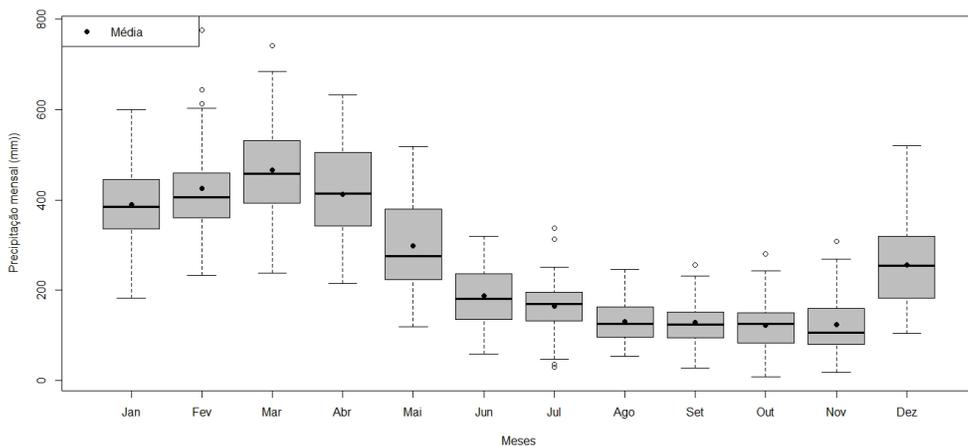


Figura 13. Boxplot da precipitação na cidade de Belém-PA no período de 1970 a 2017.

A média de velocidade do vento (figura 14) do período quanto aos os dados horários observados é baixa (1,9 m/s), enquanto que a média diária é ainda menor (1,5 m/s) podendo atingir máximos de velocidade média diária em torno de 2,7 m/s, sendo o mês de outubro

e os demais meses do período de estiagem os que possuem maior intensidade dos ventos (figura 15). Estes dados têm um aspecto negativo quanto ao conforto térmico da cidade, pois segundo Asfour (2010), a ventilação natural é tida como a principal estratégia bioclimática passiva para se atingir bom conforto térmico em um meio arquitetônico, no caso de clima quente e úmido como o de Belém. Corbella e Yannas (2009) afirmam que o adensamento das áreas urbanas, como o que aconteceu em Belém nas últimas décadas, são algumas das mudanças que podem interferir significativamente na velocidade, intensidade e sentido do vento em meio urbano, com alteração do microclima local.

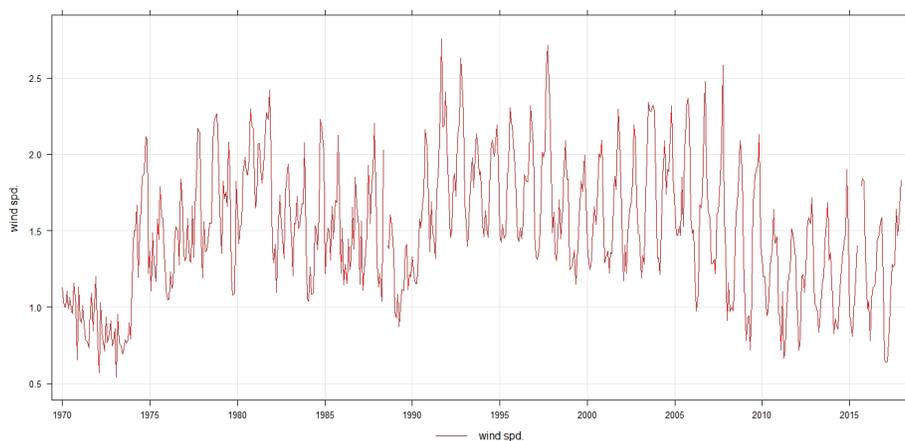


Figura 14. Médias diárias da série histórica de velocidade do vento á 10m para a cidade de Belém-PA.

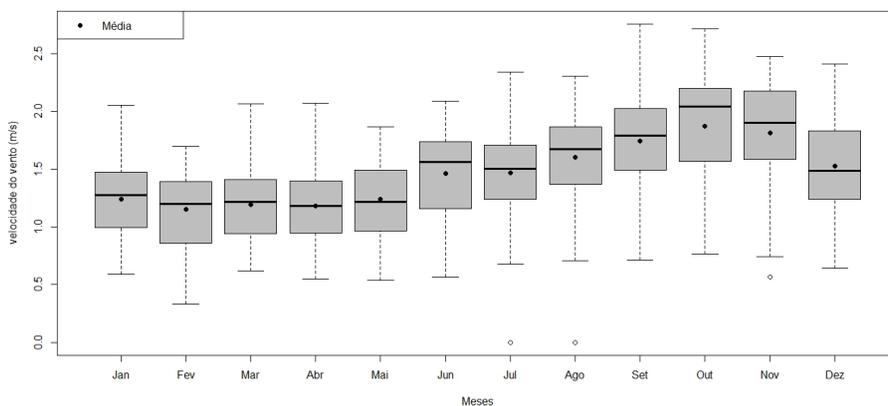


Figura 15. Boxplot da velocidade média do vento á 10m na cidade de Belém-PA no período de 1970 a 2017.

A figura 16 mostra que há grande variabilidade do sentido do vento em um contexto geral da série, com maiores freqüências de direção de leste (E), seguidas das de nordeste (NE). A maior freqüência destas direções se dá principalmente nos meses menos chuvosos (JJA e SON, como mostra a figura 17), embora nos meses mais chuvosos estas freqüências também sejam majoritárias. Tais freqüências são em função do sistema de grande escala que ocorre na região (ventos alísios), provenientes das duas altas subtropicais dos oceanos Atlântico Norte e Sul, descritos desde os primeiros trabalhos de Riehl (1965).

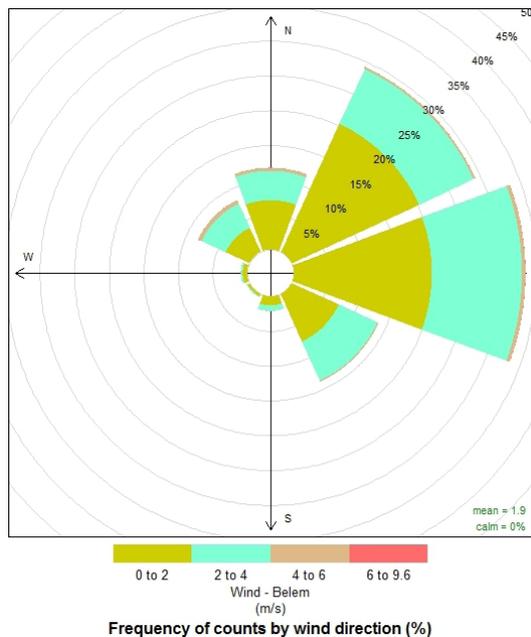


Figura 16. Anemograma (rosa dos ventos) de dados horários observados da direção do vento à 10m na cidade de Belém-PA no período de 1970 a 2017.

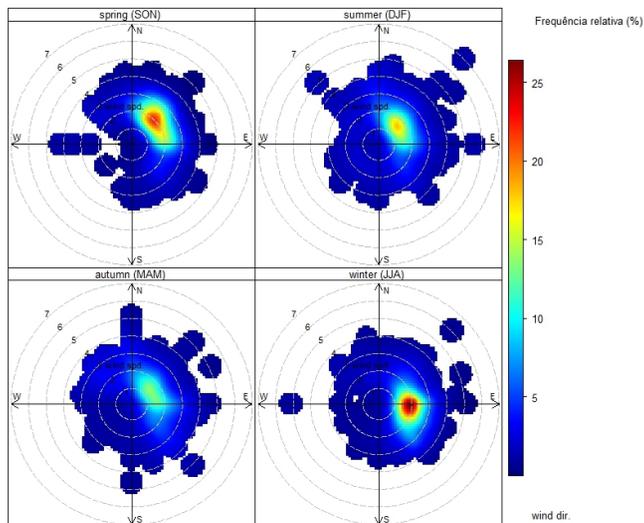


Figura 17. Frequência relativa sazonal por estação austral (em %) da direção do vento á 10m na cidade de Belém-PA no período de 1970 a 2017.

4 | CONCLUSÕES

As informações detalhadas sobre máximos, mínimos, médias e associações com fenômenos de baixa frequência e de grande escala permitiu a caracterização dos aspectos climatológicos sobre a cidade de Belém, tendo o período de 1970 á 2017 apresentado valores médios de temperatura, umidade relativa, acumulados médios anuais de precipitação, médias de evaporação, horas de brilho solar e padrões de direção e velocidade do vento condizente com outros artigos da literatura sobre o clima da região. Os eventos históricos de El Niño e La Niña se mostraram bem correlacionados com os extremos das variáveis meteorológicas, sendo as principais informações novas apontadas no trabalho à evidente tendência de aumento das médias de temperatura com conseqüente diminuição das médias de umidade relativa do ar como efeito provável do aumento urbanístico da cidade nos últimos anos, mostrando a ocorrência dos recordes máximos de temperatura do ar e mínimo de umidade relativa da série em anos recentes. O detalhamento das informações sobre temperatura chuva e umidade relativa pode subsidiar as decisões sobre turismo na região, as informações sobre evaporação e chuva podem subsidiar as decisões sobre produção agrícola no entorno da cidade e as informações sobre vento podem subsidiar as decisões quanto às diretrizes construtivas para as edificações e nas condições ambientais arquitetônico-urbanísticas, com repercussões na qualidade do ambiente citadino e no conforto térmico.

REFERÊNCIAS

ASFOUR, O. S. **Prediction of Wind Environment in Different Grouping Patterns of Housing Blocks**. Energy and Building, v. 42, n. 11, p. 2061-2069, 2010.

CAMPONOVARA, G.; SILVA DIAS, M. A. F. **Precipitação diária e estrutura vertical da atmosfera em Belém-PA**. Ciência & Natura, v. esp., p. 263-266, 2011.

CARDOSO, A. C. D. ; FERNANDES, D. A. ; BASTOS, A. P. V. ; CRISPIM, C.N.S. . **A Metrópole Belém e sua centralidade na Amazônia Oriental Brasileira**. EURE (Santiago. Impresa), v. 41, p. 201-223, 2015.

CHATFIELD C. (2004). **The analysis of time series: An introduction**. 5. ed. Chapman and Hall/CRC.

COHEN, J. C. P; SILVA DIAS, M. A F; NOBRE C. A. **Environmetal conditions associated with Amazonian squallines**. Monthly Weather Review, v. 123, n. 11, p. 3163-3174, 1995.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em Busca de Uma Arquitetura Sustentável Para os Trópicos: conforto ambiental**. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Revan, 2009.

COUTINHO, E.C.; Rocha, E.J.P. ; LIMA, A. M. M. ; Ribeiro, H.M.C. ; Gutierrez, L.A.C.L. ; Barbosa, A.J.S. ; Paes, G.K.A.A. ; BISPO, C.J.C. ; AMADOR, P. **Variabilidade climática da precipitação na bacia amazônica brasileira entre 1982 e 2012**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 22, p. 476-500, 2018.

FOLEY, J.A.; BOTTA, M.T.; COE, M.H.C. 2002. **The El Niño/southern oscillation and the climate, ecosystems and rivers of amazon**. Global Biogeochemical Cycles, v.2, p.1-5.

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. **El Niño and La Niña Years and Intensities Based on Oceanic Niño Index (ONI)**. 2016. Disponível em: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>. Acesso em 20 set 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estudo de Regionalização de Cidades (regic)**. Rio de Janeiro, 2010.

LEMOS, G. B. de. **Precificação de derivativos climáticos no Brasil: uma abordagem estatística alternativa e construção de um algoritmo em R**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MOURA, M. N.; VITORINO, M. I. **Variabilidade da precipitação em tempo e espaço associada à Zona de Convergência Intertropical**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 27, n. 4, p. 475 - 483, 2012.

MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. A. **Varição espacial e temporal da precipitação no estado do Pará**. Acta Amazônica, v. 35, n. 2, p. 207-214, 2005.

NECHET, D. **Variabilidade diurna de precipitação em Belém-PA: aplicação em planejamento a médio e longo prazo**. Boletim Climatológico. Presidente Prudente, SP, v.2, n.3, p.223-227, 1997.

REIBOTA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. **Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 25, n. 2, p. 185 - 204, 2010.

RIEHL, H. **Meteorologia tropical**, Centro de Publicações Técnicas da Aliança. Tradução de Aurélio Augusto Rocha, Rio de Janeiro, 1965.

RODRIGUES, E. B. **Aventura urbana: urbanização, trabalho e meio ambiente em Belém**, Ed. Belém, 1996, 281p.

SILVA JUNIOR, J.A. **Avaliação de parâmetros micrometeorológicos, do conforto e da percepção térmica na área urbana da cidade de Belém-PA**. 2012. 137 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Belém. 2012.

SUGAHARA, S. **Normais climatológicas das estações de superfície do Brasil, para o período de 1961-1990**. Instituto de Pesquisas Meteorológicas/UNESP, Campus Bauru, SP, 1999.

TAVARES, J. P. N.; MOTA, M. A. S. da. **Condições termodinâmicas de eventos de precipitação extrema em Belém-PA, durante a estação chuvosa**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 27, n. 2, p. 207-218, 2012.

WMO n° 1186, 2003. **Guidelines on Climate Metadata and Homogenization**. Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, 2003.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Altitudes normais ortométricas 109
Ambiente Depositional 1, 6, 7, 9, 10, 11
Anemômetro 136, 138, 140, 141, 143
APPs 198, 201, 206, 208
Argilominerais neoformados 116

B

Bacia do Paraná 6, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13
Barragens 8, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156
Biomarcadores 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11

C

Chandler 157, 158, 163, 164, 165
Classificação de Imagens 30, 172, 198, 204, 205, 209
Clima 15, 19, 43, 44, 45, 53, 78, 117, 137, 140, 171, 180, 182, 193, 195, 211
Cobertura do Solo 182, 198, 204
Curitiba 9, 12, 41, 115, 198, 201, 203, 204, 208, 209, 211

D

Dam Break 8, 145, 146, 150
Desastres 8, 44, 55, 151, 152, 153, 155

E

Educação 15, 18, 19, 20, 26, 27, 41
ENOS 43, 44, 48, 51, 52, 54, 56, 180, 185, 188
Enriquecimento laterítico 116, 131
Equações Empíricas 145, 146, 147, 148
Escala de Beaufort 136
Escândio 8, 116, 125, 130
Euterpe Oleracea 136, 143
Evolução Temporal 30, 182

F

Formação Irati 6, 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14

G

Geodésia 100, 110, 158

Gestão ambiental 30

Gravimetria 109

Greenstone Belt Morro do Ferro 116, 117, 118

I

Imagens de Satélite 30, 31, 40, 199, 202, 209

Interpolação 55, 68, 80, 94, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

L

Legislação Ambiental 167, 168, 169

M

Medidas 8, 63, 64, 65, 80, 96, 110, 111, 150, 151, 152, 153, 155, 169, 182, 184

Morfometria fluvial 167, 174

Movimento Polar 157, 158, 163, 164

Mudanças Climáticas 110, 168, 180, 182

Museu 6, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 135

P

Planejamento Urbano 199, 203

Plano de Ação 145

R

Rios Urbanos 167, 168, 173, 174, 175, 205

S

Sensoriamento Remoto 6, 30, 31, 32, 34, 37, 40, 41, 74, 80, 85, 167, 168, 198, 201, 209

T

Tempo 5, 15, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 31, 40, 44, 46, 63, 78, 82, 84, 100, 101, 103, 107, 110, 137, 139, 146, 147, 148, 149, 163, 186, 196, 204

Terremoto 8, 157, 158, 159, 160, 162, 164, 165, 166

TSM 6, 43, 44, 45, 47, 48, 54, 55, 56, 76, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 88

U

Urbanização 40, 167, 168, 175, 176, 177, 180, 186, 197

V

Variável hidrológica 44

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021