

INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL:

Coletânea de Estudos de Casos



Jefferson Gustavo Martins
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2021

INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL:

Coletânea de Estudos de Casos



Jefferson Gustavo Martins
(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

Inteligência computacional: coletânea de estudos de casos

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Jefferson Gustavo Martins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Inteligência computacional: coletânea de estudos de casos /
Organizador Jefferson Gustavo Martins. – Ponta Grossa
- PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-092-3

DOI 10.22533/at.ed.923210521

1. Inteligência Computacional. 2. Inteligência Artificial.
3. Aprendizagem de Máquinas. 4. Reconhecimento de
Padrões. 5. Visão Computacional. I. Martins, Jefferson
Gustavo (Organizador). II. Título.

CDD 006.37

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.

DEDICATÓRIA

À
Tatiany Mottin Dartora
e
Laura Dartora Martins

PREFÁCIO

Os termos Inteligência Computacional, Inteligência Artificial, Aprendizagem de Máquinas, Reconhecimento de Padrões, Visão Computacional, além de outros, são geralmente utilizados como sinônimos. Embora existam diferenças em suas definições ou ênfases, estas não são o foco deste livro ou deste prefácio. O conjunto de trabalhos que compõem este livro utiliza alguns dos termos citados, sendo que no presente texto optamos pelo termo Inteligência Computacional, o qual também faz parte do título da coletânea.

Os termos anteriores muitas vezes nos remetem aos filmes de ficção científica. Em seus enredos, máquinas substituem seres humanos ou há batalhas em que ambos lutam entre si na tentativa de garantir uma dominância de uma parte em relação à outra ou simplesmente a própria sobrevivência. À medida que os estudos avançam e novas perspectivas surgem, algumas especulações como as que acabamos de citar são descartadas.

Neste livro apresentamos alguns estudos desenvolvidos em colaboração com docentes, técnicos e discentes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Toledo. Tais estudos estão relacionados a atividades de pesquisa decorrentes do desenvolvimento de trabalhos de conclusão de curso e iniciação científica. Eles compreendem três contextos de aplicação da Inteligência Computacional como área interdisciplinar que auxilia ou substitui o especialista humano na execução de suas tarefas.

O primeiro eixo é formado por artigos que trabalham com a identificação da composição de concretos, enquanto o segundo contempla artigos com foco na morfologia da corrosão em armaduras. Ambos os eixos estão relacionados a problemas inerentes à Engenharia Civil, mas cada um dos estudos utiliza abordagens e ferramentais distintos. Finalizando o livro, o terceiro eixo tem foco na área de saúde, mais especificamente no diagnóstico de câncer de mama usando imagens.

Este livro se destina a docentes, técnicos e discentes que tenham interesse na área de Inteligência Computacional. Modestamente, este serve como introdução a esta área de conhecimento e a algumas ferramentas atualmente disponíveis, mas também apresenta alguns apontamentos para trabalhos futuros e necessidades relacionados aos problemas abordados e aos ferramentais utilizados ou que podem servir como alternativa.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

IDENTIFICAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO POR MEIO DE RECONHECIMENTO DE PADRÕES

Jefferson Gustavo Martins
Alessandra Iolanda Pacheco dos Santos
Eduarda Simonis Gavião
Sara Rico Bocato Marin
Marcos Vinícius Schlichting
Wilson Leobet
Fabio Alexandre Spanhol

DOI 10.22533/at.ed.9232105211

CAPÍTULO 2..... 12

IDENTIFICAÇÃO DE TRAÇOS DE CONCRETO POR MEIO DE DESCRITORES BASEADOS EM PONTOS DE ATENÇÃO

Jefferson Gustavo Martins
Alessandra Iolanda Pacheco dos Santos
Eduarda Simonis Gavião
Sara Rico Bocato Marin
Marcos Vinícius Schlichting
Wilson Leobet
Fabio Alexandre Spanhol

DOI 10.22533/at.ed.9232105212

CAPÍTULO 3..... 25

IDENTIFICAÇÃO DE DETERIORAÇÃO DE BARRAS DE AÇO POR MEIO DE IMAGENS DO RECOBRIMENTO DE CONCRETO

Jefferson Gustavo Martins
Alessandra Iolanda Pacheco dos Santos
Eduarda Simonis Gavião
Guilherme Dias Almanza
Kelly Chapla
Marcos Vinícius Schlichting
Wilson Leobet
Fabio Alexandre Spanhol

DOI 10.22533/at.ed.9232105213

CAPÍTULO 4..... 40

VISÃO COMPUTACIONAL APLICADA NA IDENTIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE DETERIORAÇÃO DE BARRAS DE AÇO POR MEIO DE IMAGENS

Jefferson Gustavo Martins
Alessandra Iolanda Pacheco dos Santos
Eduarda Simonis Gavião
Guilherme Dias Almanza

Kelly Chapla
Marcos Vinícius Schlichting
Wilson Leobet
Fabio Alexandre Spanhol

DOI 10.22533/at.ed.9232105214

CAPÍTULO 5..... 52

**CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS HISTOPATOLÓGICAS DE CÂNCER DE MAMA USANDO
PEQUENAS SUBIMAGENS SELECIONADAS**

Fabio Alexandre Spanhol
Jefferson Gustavo Martins
Henrique Frederico Trentini
Gabriel Fernando Ferrazoli

DOI 10.22533/at.ed.9232105215

SOBRE O ORGANIZADOR..... 61

IDENTIFICAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO POR MEIO DE RECONHECIMENTO DE PADRÕES

Data de aceite: 01/03/2021

Jefferson Gustavo Martins

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR
Toledo - PR
<http://lattes.cnpq.br/2102993901875277>

Alessandra Iolanda Pacheco dos Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR
Toledo - PR
<http://lattes.cnpq.br/7255176749334236>

Eduarda Simonis Gavião

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR
Toledo - PR
<http://lattes.cnpq.br/7977085762352521>

Sara Rico Bocato Marin

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR
Toledo - PR
<http://lattes.cnpq.br/9318173807574063>

Marcos Vinícius Schlichting

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR
Toledo - PR
<http://lattes.cnpq.br/1152652374544629>

Wilson Leobet

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR
Toledo - PR
<http://lattes.cnpq.br/2563896946139465>

Fabio Alexandre Spanhol

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR
Toledo - PR
<http://lattes.cnpq.br/4381300863323095>

RESUMO: Sistemas computacionais que trabalhem com reconhecimento de padrões têm sido aplicados a problemas para auxiliar especialistas humanos. Tais problemas, assim como a identificação de traços de concreto, são caracterizados como processos repetitivos, monótonos e demorados, demandam altos níveis de experiência e produzem resultados sujeitos a fatores físicos e subjetivos. Este artigo apresenta uma proposta para identificar diferentes composições de concreto por meio de visão computacional. Para isso, foram empregados ferramentais amplamente conhecidos na área de aprendizagem de máquina. As melhores taxas de acerto compreendem 84,7% usando o descritor GLCM.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil. Defesa civil. Segurança pública. Automação.

IDENTIFICATION OF CONCRETE COMPOSITION THROUGH PATTERN RECOGNITION

ABSTRACT: Computer systems applied to pattern recognition have been used to problems to assist human experts. Such problems, as well as the identification of concrete traces, are characterized as repetitive, monotonous and time-consuming processes, requiring high levels of experience and producing results influenced by physical and subjective factors. This paper presents a proposal to identify different concrete traces through computer vision. For this, tools widely known in the machine learning area were employed. The best hit rates comprise 84.7% using the GLCM descriptor.

KEYWORDS: Construction. Civil defense. Public security. Automation.

1 | INTRODUÇÃO

Os traços de concreto são caracterizados por seus componentes e as respectivas quantidades. Tal definição é uma característica extremamente importante em qualquer obra e muda de acordo com a finalidade de aplicação: lajes, contrapisos, muros, fundações, calçadas, vigas, etc. Além disso, a proporção e a origem dos materiais exercem influência nas características finais do traço, dentre as quais tem-se resistência, durabilidade e trabalhabilidade. Dentre os materiais comumente utilizados, tem-se cimento, areia, brita e água, mas concretos com características especiais podem ser obtidos com o acréscimo de aditivos, isopor, pigmentos, fibras ou outros tipos de adições (ABNT, 2015; MALTA, 2012; MONTEIRO, 2010).

A principal função dos agregados é aumentar o volume final e torná-lo mais econômico. Suas propriedades têm influências da formação geológica local, pois estes são extraídas de jazidas próximas às localidades de dosagem e edificação. O conhecimento das características individuais dos elementos, e também de sua combinação, é essencial para garantir certas características fundamentais ao concreto e a segurança da estrutura. Além disso, materiais com diferentes granularidades podem ser combinados dependendo da finalidade e produzem diferentes características texturais (ABNT, 2015; BAUER, 1994; MALTA, 2012; MEHTA; MONTEIRO, 2008; MONTEIRO, 2010).

A água deve ser adicionada em quantidade suficiente para envolver os grãos e promover a hidratação do cimento, além de atender os requisitos da ABNT NBR 15900-1, a qual também contempla exigências de utilização da água sob a forma de gelo. Sua função é ativar a reação química que transforma o cimento em uma pasta aglomerante que criará um bloco único com a areia e a brita (agregados). Se em excesso, ter-se-á uma pasta mais porosa e melhores níveis trabalhabilidade. Porém, também piores níveis de resistência e aderência entre a pasta e o agregado devido à exsudação. Para a definição de tal proporção é necessário identificar o teor de umidade dos agregados, pois estes podem transportar diferentes quantidades de água para o concreto e ocasionar o decréscimo de sua resistência mecânica (ABNT, 2009; ABNT, 2015; MALTA, 2012; MONTEIRO, 2010).

Além dos custos envolvidos devido a degradação destas estruturas, o risco em termos de colapsos estruturais merece atenção. Nos últimos anos, têm sido recorrentes os casos de colapsos de estruturas, dentre os quais tem-se o colapso parcial de um viaduto em Brasília no ano de 2018 (VIADUTO, 2018), a interdição do acesso à Rodovia Presidente Dutra em São Paulo no ano de 2019 (PREFEITURA, 2019) e o desabamento de prédios na comunidade de Muzema, na Zona Oeste do Rio, em 2019 (MAIA; GARCIA, 2019). Portanto, estudos pertinentes que auxiliem a fiscalização e a prevenção destes acontecimentos são necessários com vistas a garantir estruturas mais seguras e duráveis e manutenções preventivas.

Além do exposto, outra importante característica deste cenário compreende o fato de que as inspeções para avaliar a composição do concreto e também se este mantém suas propriedades são realizadas visualmente por especialistas humanos. Tais inspeções demandam altos níveis de experiência por ser um fator decisivo para uma correta avaliação. Dentre as possíveis ferramentas a serem empregadas, tem-se filmadoras, máquinas fotográficas, lupas e binóculos (ABNT, 2014; SCHVAICKARDT; MATTOS, 2018).

A Figura 1 ilustra o problema abordado no projeto e o grau de dificuldade a ele inerente. Suas imagens foram obtidas a partir de dois diferentes traços (cimento : areia : brita : água), com as proporções (1 : 1,49 : 2,88 : 0,48) e (1 : 1,49 : 2,70 : 0,48). Neste exemplo, pode-se nitidamente observar a variação na quantidade de britas entre os concretos.

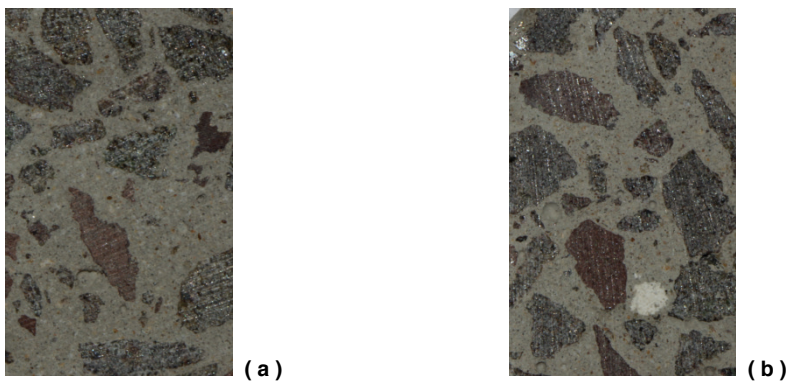


Figura 1: Composições de concreto (cimento : areia : brita : água): (a) 1 : 1,49 : 2,88 : 0,48; (b) 1 : 1,49 : 2,70 : 0,48.

Fonte: Autoria própria (2020).

Diante do exposto, esta artigo apresenta uma alternativa para auxiliar as inspeções realizadas por especialistas humanos a identificar a composição do concreto. Esta propicia vantagens relativas à rapidez e precisão quando comparado à avaliação realizada manualmente. A redução de fatores físicos e subjetivos inerentes ao ser humano também reduz o número de etapas executadas manualmente e sua influência nos resultados finais. Tal influência compreende questões como subjetividade dos especialistas humanos e características do processo (repetitivo, monótono e demorado), além de requerer alto grau de concentração. Este conjunto de exigências sobrecarrega o profissional que realiza a inspeção e o leva a possíveis distrações e baixas taxas de acerto (CONNERS *et al.*, 1997; PHAM; ALCOCK, 1997; RADOVAN *et al.*, 2001).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Sistemas computacionais que trabalhem com reconhecimento de padrões geralmente apresentam as seguintes etapas: aquisição da base de dados, pré-processamento, segmentação, extração de características e classificação. Cada uma constitui um diferente contexto, possui diferentes níveis de complexidade e envolve conhecimentos específicos e próprios, além daqueles inerentes ao domínio da aplicação.

Diante da importância do tema, um amplo conjunto de trabalhos têm sido desenvolvido, inclusive a partir da base de imagens empregada neste estudo. Tal fato implica na execução das etapas anteriormente apresentadas utilizando diferentes ferramentas, mas ainda considerando o foco de cada uma delas em sua essência.

Na primeira etapa foi obtida a base de dados, ou seja, o conjunto de imagens, padrões e etc. Inicialmente foram preparados os corpos de prova de concreto sob a forma cilíndrica e com medidas de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura. Foram utilizadas 2 corpos de prova de concreto para cada um dos diferentes traços analisados. Tal escolha é consequência do fato (e se adequa a ele) de que 2 (dois) corpos de prova são construídos com amostras de cada carga de concreto utilizada nas construções.

Os traços utilizados para a construção dos corpos de prova consideraram a proporção 1: 1,41: 2,01: 0,49 utilizando cimento do tipo Portland CII, areia média, brita zero e água potável disponibilizada pela companhia de saneamento. Para avaliar a variação da granularidade do agregado brita, foi utilizada uma variação do traço padrão com a troca da brita zero pela brita um, gerando o traço 1: 1,49: 2,60: 0,49. Nesta variação de traço, tem-se um uso maior dos agregados (areia e brita) devido a um maior volume e superfície de cada unidade do agregado brita, sendo necessária menor quantidade de cimento para a construção de peças com um mesmo volume final (Figura 1).

Na sequência, foram realizados cortes transversais a cerca de 5 mm da base e outro 5 mm do topo do corpo de prova. Tais cortes estão ilustrados na Figura 2(a) e seu objetivo de ambos os cortes é eliminar a camada superficial e expor a caracterização da composição real do concreto, tal como apresenta a Figura 2(b). A partir disto, foram realizados outros 8 cortes transversais em cada corpo de prova de concreto. Considerando que as lâminas de corte têm aproximadamente 2 mm, sendo obtido um total de 9 amostras distintas para cada corpo de prova. Considerando as duas faces de cada amostra, chegou-se a um total de 18 imagens para cada corpo de prova. Ao todo, foram utilizadas 72 imagens para construção dos modelos de reconhecimento dos traços de concreto.

O pré-processamento aplica operações para realçar as características importantes no processo de diferenciação das classes existentes no problema. Nesta etapa, basicamente foi utilizada a biblioteca OpenCV para converter a base toda em escala de cinza, tal como ilustra as imagens da Figura 2(b-c).

A segmentação compreende a próxima etapa do processo e busca separar apenas a região de interesse da imagem original e da qual depende o sucesso de um modelo de identificação ou de classificação. O processo de segmentação se refere ao método de “fragmentar” uma imagem em múltiplas regiões, com o objetivo de simplificar ou mudar sua representação, a fim de facilitar sua análise. Nesta etapa, buscou-se por uma imagem que estivesse toda formada pela área de interesse, tal como ilustrado na Figura 2(f). As imagens da Figura 2(c-d) representam a aplicação da técnica de limiarização para destacar o objeto na imagem. Na sequência, aplicou-se o algoritmo de detecção de bordas Canny (BUENO, 2020) para ressaltar os contornos das bordas dos objetos e a função *HoughCircles* da biblioteca OpenCV para identificar objetos semelhantes a circunferências na imagem. Ao final, após selecionar a maior circunferência identificada com a definição do traço de concreto e calcular seu raio, Figura 2(e), definiu-se e salvou-se o retângulo circunscrito na mesma, culminando na Figura 2(f).

Para a etapa de Extração de Características, busca-se representar a imagem por meio de um vetor numérico de medidas. Nesta etapa foram utilizados os descritores GLCM (*Gray Level Co-occurrence Matrix*) e LBP (*Local Binary Pattern*, Padrão Binário Local)

apresentados nas seções seguintes.

Por fim, na etapa de classificação foi utilizada o algoritmo kNN (*k-Nearest Neighbors*, k-vizinhos mais próximos), o qual utiliza o conjunto de treinamento como referências durante o processo de predição de uma classe para uma instância do conjunto de testes. Diferentes tamanhos de vizinhanças foram testadas.

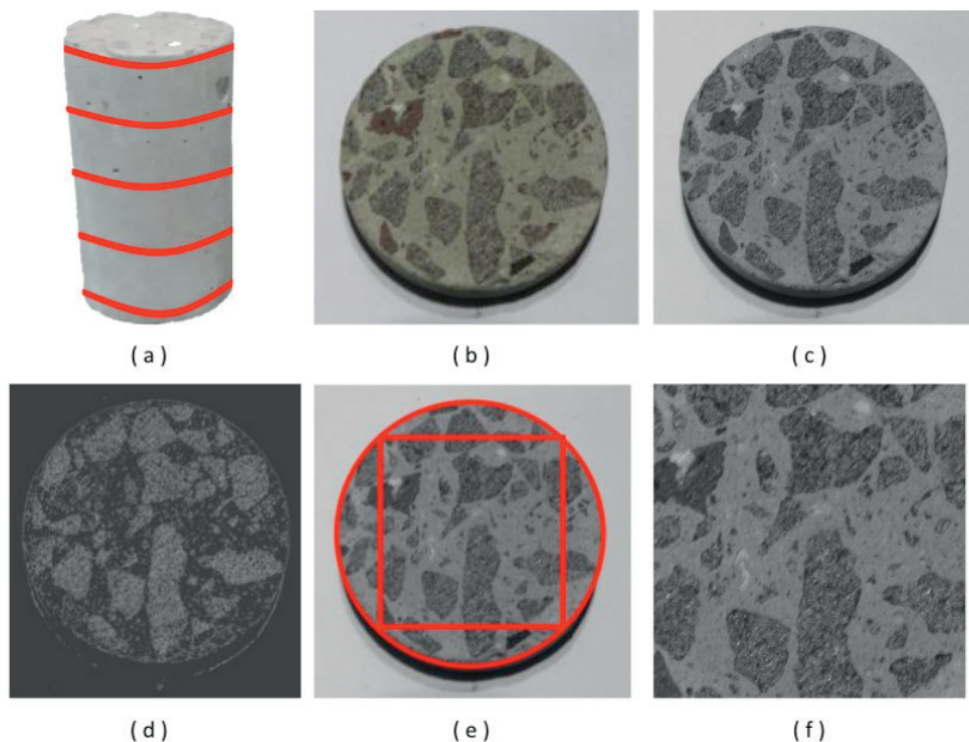


Figura 2: Ilustração do processo de reconhecimento de padrões: (a) corpo de prova de concreto; (b) corte do corpo de prova; (c) pré-processamento com conversão para níveis de cinza; (d-e) segmentação.

Fonte: Autoria própria (2020).

Para a definição dos conjuntos de treinamento e teste, dividiu-se a base de imagens em 3 partes (folds), os quais mantinham a representatividade das classes pertencentes ao problema em questão. Foi empregada validação cruzada com 3 execuções, sendo que em que execução, um parte era usada como conjunto de teste e as outras duas eram utilizadas como conjunto de treinamento. Os resultados finais são expressos pela acurácia média (acertos do classificador) e desvio padrão (dp) das taxas de classificações corretas das três execuções.

2.1 Matriz de Coocorrência de Níveis de Cinza

Matriz de Coocorrência de Níveis de Cinza (*Gray Level Co-occurrence Matrix - GLCM*) é um método estatístico proposto por Haralick e se caracteriza como um dos mais

conhecidos métodos que exploram repetições de ocorrências de padrões. Tais padrões são caracterizados pela dependência entre os níveis de cinza dos *pixels* das imagens e por sua distribuição espacial. As repetições dos padrões provêm medidas quanto a propriedades como rugosidade, suavidade e regularidade sob diferentes perspectivas com a variação dos parâmetros direção e distância (HARALICK, 1979).

Formalmente, Haralick fundamenta GLCM pela seguinte definição: dada uma imagem I com dimensões $N_r \times N_c$, tal que $L_r = [1, N_r]$ e $L_c = [1, N_c]$ representam os possíveis valores para linhas e colunas, respectivamente; e $L = [1, N_g]$ o conjunto de N_g níveis de cinza quantizados de I . A imagem I pode ser representada como uma função que associa algum nível de cinza de G a uma célula ou par de coordenadas de $L_r \times L_c$. Ou seja, $I : L_r \times L_c \rightarrow G$ (HARALICK, 1979; PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

A partir disto, Haralick define o uso de uma matriz $N_g \times N_g$ para representar a frequência P_{ij} , tal que um pixel p_i possua nível de cinza n_i e um pixel vizinho a p_i (p_j - a uma distância d e um ângulo α) possua nível de cinza n_j . Embora Haralick tenha estabelecido ângulos com intervalos de 45 graus, os cálculos podem assumir outros ângulos (HARALICK, 1979; TOU, 2007).

Seguindo as definições anteriores, as GLCM da Figura 3 (b) foi gerada para a imagem da Figura 3(a) com $N_g = 5$, distância $d = 1$ e direção 0 grau, respectivamente. Dentre as possíveis medidas extraídas de GLCM, tem-se as apresentadas por Haralick: Segundo Momento Angular, Contraste (Soma do Quadrado da Variância), Correlação, Variância (Soma dos Quadrados), Momento de Diferença Inverso (Homogeneidade), Soma da Média, Soma da Variância, Soma da Entropia, Entropia, Diferença da Variância, Diferença da Entropia, Informação de Medidas de Correlação 1, Informação de Medidas de Correlação 2 e Coeficiente de Correlação Máxima (HARALICK, 1979).

Embora a proposta inicial tenha definido 14 elementos, diferentes trabalhos consideram diferentes subconjuntos destes e afirmam haver correlações ou redundâncias entre as informações provenientes de alguns deles. Assim, aqui empregou-se apenas seis das características propostas por Haralick (1979): energia, contraste, entropia, homogeneidade, probabilidade máxima e momento de terceira ordem. Tais características têm suas equações apresentadas a seguir. N_g é o número de diferentes níveis de cinza da imagem; i e j são os níveis de cinza e servem como índices da GLCM; e $P(i,j)$ é a probabilidade de co-ocorrência do par (i,j) de níveis de cinza.

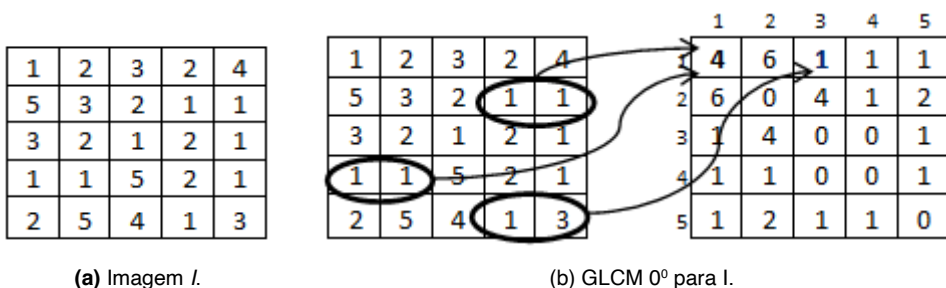


Figura 3: Geração de GLCMs.

Fonte: Martins (2014).

$$\begin{aligned}
\text{Energia} &= \sqrt{\sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} \{P(i, j)\}^2} \\
\text{Contraste} &= \sqrt{\sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} |i - j|^2 P(i, j)} \\
\text{Entropia} &= - \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} P(i, j) \log(P(i, j)) \\
\text{Homogeneidade} &= \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} \frac{P(i, j)}{1 + |i - j|^2} \\
\text{Probabilidade Máxima} &= \max_{i=0}^{N_g-1} P(i, j) \\
\text{Momento de Terceira Ordem} &= \sqrt{\sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} |i - j|^3 P(i, j)}
\end{aligned}$$

2.2 Padrão Binário Local

Classificado como um método estrutural, o Padrão Binário Local (*Local Binary Pattern* – LBP) foi introduzido, em 1996, como uma medida complementar para contraste local de uma imagem em níveis de cinza, sendo definido como invariante a mudanças monotônicas dos níveis de cinza. Em sua versão original, LBP considera uma vizinhança-8 e distância um para o pixel central (x_c, y_c) de uma máscara com dimensões 3 x 3, tal como ilustra a Figura 4 (a) (MÄENPÄÄ *et. al.*, 2000).

Cada ponto da imagem é tomado como sendo o ponto central (x_c, y_c) , cujo valor é utilizado como limiar na comparação com o conteúdo de cada um de seus vizinhos (x_i, y_i) . Como ilustrado na Figura 4 (b), desta comparação gera-se uma cadeia de zeros e uns, pois cada vizinho assume o valor um se seu conteúdo for maior que o do ponto central (x_c, y_c) e zero caso contrário. A organização dessa cadeia considera a posição relativa j de cada um dos vizinhos, iniciando do canto superior-esquerdo com valor zero e circundando o ponto central no sentido anti-horário, tal como apresentado na Figura 4 (c). Ao ser tomada como uma representação em base dois e convertida para a base dez, Figura 4 (d-e), tem-se o padrão que representa a região sobreposta pela máscara (MÄENPÄÄ *et. al.*, 2000).

Após gerar os padrões para todos os pontos da imagem, as frequências destes padrões são contabilizadas por meio de um histograma com um total de 2^P padrões para P vizinhos. A consideração de $P = 8$, Figura 4 (a) gera um total de 256 padrões de transição de bits, Figura 4 (b). Dentre estes padrões, apenas 58 atendem a definição de uniformidade, isto é, a ocorrência de, no máximo, duas transições do valor zero para um e vice-versa. Todos os demais padrões são contabilizados juntos, levando a um total de 59 valores para

o descritor denominado LBP uniforme (LBP^{u2}).

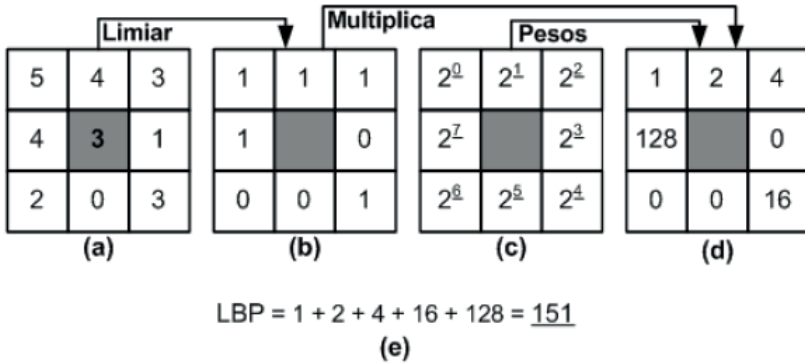


Figura 4: Cálculo do padrão LBP.

Fonte: Martins (2014, p. 34).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada etapa do processo de reconhecimento de padrões foram testados diferentes parâmetros, muitos dos quais já identificados anteriormente na seção de materiais e métodos. Para GLCM, foram testadas diferentes distâncias, enquanto que para LBP foram testados diferentes raios e números de vizinhos. A Figura 5 apresenta a variação das acurácias alcançadas com diferentes tamanhos de vizinhanças para o algoritmo k-NN, considerando as melhores configurações relativas a LBP e GLCM.

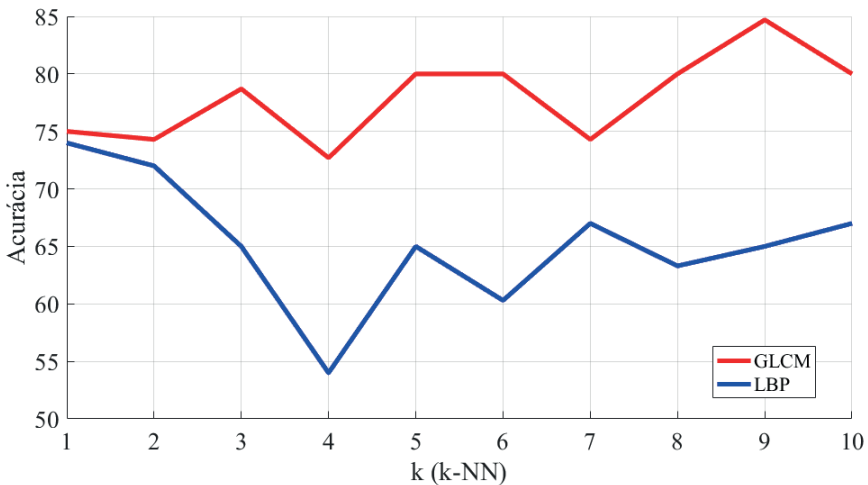


Figura 5: Gráfico com a evolução da acurácia em decorrência da variação da vizinhança utilizada no k-NN.

Fonte: Autoria própria (2020).

Os melhores resultados gerais alcançados foram 74,0% (dp = 0,01) para LBP, com raio igual a 1 e k (k-NN) igual a 6. Para GLCM, obteve-se 84,7% (dp = 0,04), com distância 5 e k (k-NN) igual a 9. Tais resultados se mostraram bem interessantes, principalmente para o problema em questão, o qual envolve segurança e vidas humanas, além dos altos valores monetários envolvidos na construção e também manutenção das edificações. Além do exposto, tem-se o fato de que o descritor GLCM representa uma complexidade computacional bem menor para sua extração.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho avaliou a aplicação de classificadores construídos a partir dos descritores GLCM e LBP ao problema de reconhecimento de traços de concreto por meio de imagens. Os resultados obtidos se mostraram bastante promissores, sendo que as melhores taxas de reconhecimento foram 84,7% (dp = 0,04), com k (k-NN) igual a 9 para o descritor GLCM.

Na sequência busca-se pela ampliação da base de imagens, com maior variedade de traços. A ampliação da base representará um desafio maior e, por isso, buscar-se-á por novos descritores e algoritmos de seleção e combinação de classificadores na tentativa de melhorar os resultados obtidos. Diante deste problema mais desafiador, tem-se a concatenação dos vetores de características como alternativa à realizada neste trabalho, bem como a construção de modelos independentes a partir dos mesmos vetores de características, com a seleção e combinação de alguns dos modelos previamente construídos. Um estudo comparativo de ambas as abordagens foi apresentada por Martins, Oliveira e Sabourin (2012), o qual demonstrou a superioridade desta nova abordagem.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT 15900-1**: Água para amassamento do concreto Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5.ed. Vol 1. Rio de Janeiro: LTC – Livros técnicos e Científicos Editora S.A., 1994.

BUENO, M. L. **Deteção de Bordas através de Algoritmo Canny**. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/visao/2000/Bordas/index.htm>. Acesso em: 20 jan. 2020.

CONNERS, R. W.; KLINE, D. E.; ARAMAN, P. A.; DRAYER, T. H. **Machine vision technology for the forest products industry**. Computer, v. 30, n. 7, p. 43-48, 1997.

HARALICK, R.M. **Statistical and structural approaches to texture**. v. 67, n. 5, p. 786-804, 1979.

MÄENPÄÄ, T.; OJALA, T. PIETIKÄINEN, M.; SORIANO, M. **Robust texture classification by subsets of local binary patterns**. 15th International Conference on Pattern Recognition, p. 947-950, 2000.

MAIA, D. e GARCIA, D. **Dois prédios desabam na zona oeste do Rio de Janeiro**. Folha de São Paulo, São Paulo - SP, 12 de abr. de 2019. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/04/dois-predios-desabam-na-zona-oeste-do-rio-de-janeiro.shtml#:~:text=%E2%80%8B%20desabamento%20de%20dois,adolescente%20est%C3%A3o%20entre%20as%20v%C3%ADtimas.&text=%E2%80%8B%20pr%C3%A9dios%20ca%C3%ADram%20por%20volta%20das%206h30>. Acesso em: 20 de jun. de 2019.

MALTA, J. O. **Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo de construção e demolição**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana. Escola Politécnica (EPUFBA). Universidade Federal da Bahia (UFBA). Salvador, 2012.

MARTINS, J.G.; OLIVEIRA, L.E.S.; SABOURIN, R. **Combining textural descriptors for forest species recognition**. In IECON 2012 - 38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, p. 1483-1488, 2012.

MARTINS, J.G. **Identificação de Espécies Florestais utilizando Seleção Dinâmica de Classificadores no Espaço de Dissimilaridade**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Informática do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2014.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P. **Concreto**: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 3.ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MONTEIRO, A. C. N. **Concreto Poroso**: dosagem e desempenho. Monografia de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás (UFGO). Goiania, 2010.

PEDRINI, H.; SCHWARTZ, W.R. **Análise de Imagens Digitais**: princípios, algoritmos e aplicações. São Paulo: Thomson Learning, 2008.

PHAM, D. T.; ALCOCK, R. J. **Automated visual inspection of birch wood boards**. IEE Colloquium on Artificial Intelligence in Manufacturing, p. 1-4, 1997.

PREFEITURA de SP interdita ponte que leva à Dutra pela Marginal Tietê. G1 SP, São Paulo - SP, 23 de jan. de 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2019/01/23/prefeitura-de-sp-interdita-ponte-que-leva-a-dutra-pela-marginal-tiete.html>. Acesso em: 20 de jun. de 2019.

RADOVAN, S.; GEORGE, P.; PANAGIOTIS, M.; MANOS, G.; ROBERT, A.; IGOR, D. **An approach for automated inspection of wood boards**. International Conference on Image Processing, 1, p. 798-801, 2001.

SCHVAICKARDT, C. M.; MATTOS, J. R. G. **Estudo de traço para peças pré-moldadas de concreto para pavimentos intertravados**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 6, n. 39. 2018.

TOU, J.Y.; LAU, P.Y.; TAY, Y.H. **Computer vision-based wood recognition system**. Intern. Workshop on Advanced Image Techn., p. 197-202, 2007.

VIADUTO da Galeria dos Estados desaba e abre cratera no Eixão Sul. Correio Braziliense, Brasília - DF, 06 de fev. de 2018. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2018/02/06/interna_cidadesdf,658118/parte-do-viaduto-da-galeria-dos-estados-desaba-no-centro-de-brasilia.shtml. Acesso em: 20 de jun. de 2019.

INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL:

Coletânea de Estudos de Casos

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

INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL:

Coletânea de Estudos de Casos

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