

As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI

**Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)**

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)

As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de
Oliveira Diagramação: Lorena Prestes
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof.^a Dr.^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Dr.^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Conselho Técnico Científico

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	As ciências exatas e da terra no século XXI [recurso eletrônico] / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-351-4 DOI 10.22533/at.ed.514192405 1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 18 capítulos, conhecimentos tecnológicos aplicados às Ciências Exatas.

Este volume dedicado à Ciência Exatas traz uma variedade de artigos alinhados com a produção de conhecimento na área de Matemática, ao tratar de temas como aritmética multidimensional RDM, a teoria da complexidade no estudo de atividade cerebral e o ensino da matemática e sua contribuição no desenvolvimento da consciência ambiental de estudantes. Na área da Mecânica traz trabalhos relacionados com uso do sensor de vibração piezo e a placa BlackBoard V1.0, como ferramenta para avaliar a conservação de casas e prédios qualificados como históricos ou com valor cultural à sociedade. Estudos de adição de nanotubos de carbono no concreto convencional também são abordados. Na área de Agronomia são abordados temas inovadores como a identificação de doenças com técnicas de visão computacional, emprego da técnica de espectroscopia e a calibração por regressão linear múltipla na determinação de misturas com óleos vegetais de oliva, entre outros temas.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora. Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, Mecânica e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE NUMÉRICA DOS DIFERENTES PROCESSOS DA MULTIPLICAÇÃO INTERVALAR	
Alice Fonseca Finger	
Aline Brum Loreto	
Dirceu Antonio Maraschin Junior	
Lucas Mendes Tortelli	
DOI 10.22533/at.ed.5141924051	
CAPÍTULO 2	10
APLICAÇÃO DA TEORIA DA COMPLEXIDADE AO ESTUDO DE ATIVIDADE CEREBRAL REGISTRADA EM DADOS DE EEG (ELETROENCEFALOGRAMA)	
Sanielen Colombo	
Eduardo Augusto Campos Curvo	
DOI 10.22533/at.ed.5141924052	
CAPÍTULO 3	24
APRIMORAMENTO DO BANCO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS PARA AUXÍLIO NA BIOPROSPECÇÃO DIRECIONADOS A ESTUDOS QUIMIOTAXONÔMICOS E DE TRIAGEM VIRTUAL DE ESTRUTURAS COM POTENCIAL ATIVIDADE ANTIPROTOZOÁRIA	
Bianca Guerra Tavares	
DOI 10.22533/at.ed.5141924053	
CAPÍTULO 4	29
AVALIAÇÃO PRELIMINAR DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR PESTICIDAS UTILIZADOS NO CULTIVO DA SOJA EM TRÊS MUNICÍPIOS DA REGIÃO OESTE DO PARÁ	
Joseph Simões Ribeiro	
Alessandra de Sousa Silva	
Ronison Santos da Cruz	
Bianca Larissa de Mesquita Sousa	
Ruy Bessa Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.5141924054	
CAPÍTULO 5	36
DANOS OCASIONADOS EM RESIDÊNCIAS HISTÓRICAS POR VIBRAÇÕES	
Jussiléa Gurjão de Figueiredo	
Louise Aimeé Reis Guimarães	
Ylan Dahan Benoliel Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5141924055	
CAPÍTULO 6	44
DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA PLANTA ALIMENTÍCIA NÃO CONVENCIONAL (PANC) ORA-PRO-NÓBIS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA RAÇÃO ENRIQUECIDA COM <i>Tenebrio molitor</i> PARA GALINÁCEOS	
Gabriel José de Almeida	
Jorge Luís Costa	
Maira Akemi Casagrande Yamato	
Mariana Souza Santos	
Vitoria Rodilha Leão	
DOI 10.22533/at.ed.5141924056	

CAPÍTULO 7	57
DUAS PARTÍCULAS NUM BILHAR QUÂNTICO	
Pedro Chebensi Júnior	
Hércules Alves de Oliveira Junior	
DOI 10.22533/at.ed.5141924057	
CAPÍTULO 8	64
ELABORAÇÃO DE ATLAS AMBIENTAL DIGITAL PARA A MICRORREGIÃO DE FOZ DO IGUAÇU/PR	
Vinícius Fernandes de Oliveira	
Samuel Fernando Adami	
Giovana Secretti Vendruscolo	
DOI 10.22533/at.ed.5141924058	
CAPÍTULO 9	72
ESTUDO DO AQUECIMENTO DE UM <i>RASPBERRY PI 3</i> EM MANIPULAÇÃO DE IMAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA TÉRMICO	
Daniel Rodrigues Ferraz Izario	
Yuzo Iano	
Bruno Rodrigues Ferraz Izario	
Carlos Nazareth Motta Marins	
DOI 10.22533/at.ed.5141924059	
CAPÍTULO 10	83
ESTUDO LABORATORIAL DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E DE FLUIDEZ A PARTIR DA ADIÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO NO CONCRETO CONVENCIONAL	
Késsio Raylen Jerônimo Monteiro	
Pedro Bonfim Segobia	
Peter Ruiz Paredes	
Simone Ribeiro Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.51419240510	
CAPÍTULO 11	95
EVOLUÇÃO DA COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA E ADOÇÃO DO MODELO MAPE-K: UMA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	
Rosana Cordovil da Silva	
Renato José Sassi	
DOI 10.22533/at.ed.51419240511	
CAPÍTULO 12	109
FLUXO DE ATAQUE DPA/DEMA BASEADO NA ENERGIA DE TRAÇOS PARA NEUTRALIZAR CONTRAMEDIDAS TEMPORAIS NAS ARQUITETURAS GALS4	
Rodrigo Nuevo Lellis	
Rafael Iankowski Soares	
Vitor Gonçalves de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.51419240512	
CAPÍTULO 13	115
O ENSINO DA MATEMÁTICA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA CONSCIÊNCIA AMBIENTAL DOS ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA	
Cláudio Cristiano Liell	
Arno Bayer	
DOI 10.22533/at.ed.51419240513	

CAPÍTULO 14	130
OS DESAFIOS ENFRENTADOS PELA COMUNIDADE ESCOLAR AO LIDAR COM ALUNOS COM TDAH EM PEDRO LEOPOLDO/MG	
Aurea Helena Costa Melo	
DOI 10.22533/at.ed.51419240514	
CAPÍTULO 15	143
PDI SOFTWARE: IDENTIFICAÇÃO DE FERRUGEM EM FOLHAS DE SOJA COM TÉCNICAS DE VISÃO COMPUTACIONAL	
Hortência Lima Gonçalves Gabriel Rodrigues Pereira Rocha George Oliveira Barros Cássio Jardim Tavares	
DOI 10.22533/at.ed.51419240515	
CAPÍTULO 16	148
PERCEPÇÃO DA GESTÃO GEOLÓGICA E AMBIENTAL NA PREFEITURA DE SANTA CRUZ DO SUL, RIO GRANDE DO SUL	
Cândida Regina Müller Thays França Afonso Luciano Marquette Verônica Regina de Almeida Vieira Luis Eduardo Silveira da Mota Novaes Leandro Fagundes	
DOI 10.22533/at.ed.51419240516	
CAPÍTULO 17	154
PROCESSAMENTO DE IMAGENS PARA A DETECÇÃO DE PLACAS VEICULARES NO CONTROLE DE ACESSO EM ÁREAS RESTRITAS	
Yan Patrick de Moraes Pantoja Bruno Yusuke Kitabayashi Rafael Fogarolli Vieira Raiff Smith Said	
DOI 10.22533/at.ed.51419240517	
CAPÍTULO 18	163
DO PROPOSTA DE ARQUITETURA DE REDE NEURAL CONVOLUCIONAL INTERVALAR PARA O PROCESSAMENTO DE IMAGENS INTERVALARES	
Ivana P. Steim Lucas M. Tortelli Marilton S. Aguiar Aline B. Loreto	
DOI 10.22533/at.ed.51419240518	
CAPÍTULO 19	173
QUANTIFICAÇÃO DE AZEITE DE OLIVA EM MISTURAS COM ÓLEOS VEGETAIS UTILIZANDO FTIR E CALIBRAÇÃO POR REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA	
Lucas Wahl da Silva Clayton Antunes Martin	
DOI 10.22533/at.ed.51419240519	
CAPÍTULO 20	177
QUANTIFICAÇÃO DE PARTÍCULAS POR ESPALHAMENTO DE LUZ E DETERMINAÇÃO DA COR	

DE ÁGUAS

David Antonio Brum Siepmann
Ricardo Schneider
Alberto Yoshihiro Nakano
Paulo Afonso Gaspar
Antonio Cesar Godoy
Felipe Walter Dafico Pfrimer

DOI 10.22533/at.ed.51419240520

CAPÍTULO 21 193

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE MUROS DE GRAVIDADE CONSTRUÍDO COM
SOLO-PNEUS

Guilherme Faria Souza Mussi de Andrade
Daniel Silva Lopez
Bruno Teixeira Lima
Ana Cristina Castro Fontenla Sieira
Alberto de Sampaio Ferraz Jardim Sayão

DOI 10.22533/at.ed.51419240521

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 208

QUANTIFICAÇÃO DE PARTÍCULAS POR ESPALHAMENTO DE LUZ E DETERMINAÇÃO DA COR DE ÁGUAS

David Antonio Brum Siepmann

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento de Engenharia Eletrônica
Toledo, Paraná

Ricardo Schneider

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento de Processos Químicos
Toledo, Paraná

Alberto Yoshihiro Nakano

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento de Engenharia Eletrônica
Toledo, Paraná

Paulo Afonso Gaspar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento de Engenharia Eletrônica
Toledo, Paraná

Antonio Cesar Godoy

Universidade Estadual de Maringá, Departamento
de Química
Maringá, Paraná

Felipe Walter Dafico Pfrimer

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento de Engenharia Eletrônica
Toledo, Paraná

Nefelométrica de Turbidez (NTU). O processo de nefelometria refere-se à incidência de um feixe de radiação em uma amostra e a medida da intensidade da radiação espalhada em um ângulo de 90° em relação ao feixe incidente. A cor está associada a presença de substâncias dissolvidas na água e a sua determinação usualmente é feita por comparação visual com soluções de cloroplatinato de cobalto ou com padrões que se assemelham à cor. Neste trabalho relaciona-se níveis de turbidez com imagens do perfil de espalhamento da luz em diferentes comprimentos de onda para verificar a relação entre a luz espalhada com o tamanho de partículas presentes na amostra. Analisando as componentes de cores em um sistema como *RGB*, *CMYK* ou *YCbCr* é possível obter um parâmetro característico para cada componente da imagem e relacioná-lo com níveis de turbidez. Verificou-se que a utilização de imagens digitais permite a redução dos custos em análises, mantendo resultados satisfatórios em determinados níveis de precisão, sendo um processo viável para determinação da turbidez e cor da água em locais com infraestrutura deficiente.

PALAVRAS-CHAVE: Turbidímetro; Colorímetro; Baixo custo; Processamento digital de imagens.

ABSTRACT: Water quality is directly related to

RESUMO: A qualidade da água está relacionada diretamente com indicadores como a turbidez e a cor. Define-se turbidez como a quantidade de partículas e nanopartículas suspensas na amostra que são quantificada pela Unidade

indicators such as turbidity and color. Turbidity is defined as the amount of particles and nanoparticles suspended in the sample that are quantified by the Nephelometric Turbidity Unit (NTU). The nephelometry process refers to the incidence of a beam of radiation in a sample and the measurement of the intensity of the radiation scattered at an angle of 90° to the incident beam. Color is associated with the presence of dissolved substances in the water and their determination is usually made by visual comparison with solutions of cobalt chloroplatinate or with patterns that resemble the color. In this work, turbidity levels with light scattering profile images at different wavelengths are related to verify the relationship between scattered light and the size of particles present in the sample. By analyzing the color components in a system such as RGB, CMYK or YCbCr it is possible to obtain a characteristic feature for each component of the image and relate it to turbidity levels. It was verified that the use of digital images allows the reduction of the costs in analyzes, maintaining satisfactory results in certain levels of precision, being a viable process for determining the turbidity and color of the water in places with deficient infrastructure.

KEYWORDS: Turbidimeter; Colorimeter; Low cost; Digital Image Processing.

1 | INTRODUÇÃO

A análise da água é muito importante para melhorar a saúde e a qualidade de vida das pessoas. A transmissão de doenças pode ocorrer facilmente caso não haja um tratamento adequado no processo de captação e distribuição de água. A ausência de infraestrutura adequada ao tratamento ou problemas no sistema de distribuição podem afetar a qualidade da água fornecida ao consumidor. Assumindo que a água esteja incolor, a turbidez indica a presença de matéria em suspensão como argila, lodo, matéria orgânica e/ou inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos que causam o espalhamento e/ou absorção da radiação (Heller e Padua, 2006, p. 193-194). A turbidez é um parâmetro internacionalmente aceito para monitoramento da qualidade de água que é importante para produção de produtos destinados ao consumo humano e em muitos processos de manufaturas. Para a produção de água potável, partículas e material coloidal em águas turvas podem inviabilizar processos de desinfecção por radiação ultravioleta, abrigar microorganismos patogênicos e reduzir o poder oxidante de agentes desinfetantes ou consumir o agente em reações que levam a formação de produtos tóxicos (Kelley et al., 2014). Outra avaliação pode ser feita de acordo com a cor da água, que pode ser alterada devido a presença de matéria orgânica ou de ferro e outros metais. A ocorrência de cor pode ser resultado de algum processo natural ou devido a contaminação por resíduos industriais (Heller e Padua, 2006, p. 193-194).

A turbidez é mais comumente quantificada pela Unidade Nefelométrica de Turbidez (*Nephelometric Turbidity Unit* (NTU)) ou pelo seu equivalente Unidade Formazina de Turbidez (*Formazin Nephelometric Unit* (FNU)). Nefelometria, conforme ilustrada na Figura 1, e refere-se ao processo de incidência de um feixe de radiação em uma

amostra de líquido e a determinação da intensidade da luz espalhada em um ângulo de 90° em relação ao feixe (INSTRUMENTATION TESTING ASSOCIATION, 1999). Na ausência de partículas e cor o feixe é transmitido. Entretanto, na presença de partículas sólidas no líquido existe a dispersão da radiação que é captada normalmente em um ângulo de 90° gerando assim um valor de turbidez, quando apropriadamente comparado com um padrão.

A turbidez pode ser notada visualmente a partir de 4 NTU sendo que para consumo é necessário um valor menor que 1 NTU. No Brasil segundo a portaria nº 2.914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, em seu artigo 30 regulamenta os valores máximos permitidos em filtração rápida de 0,5 Unidades de Turbidez (uT), equivalente a escala NTU, e para filtrações lentas em 1 uT com um erro de 5%. Em centros de tratamento modernos pode-se atingir um valor em média de 0,2 NTU, reduzindo a contaminação por patógenos que podem se alojar nas partículas suspensas.

A cor da água é definida de duas maneiras, a cor aparente que é a observada logo após a coleta da amostra sem nenhum tratamento e a cor real que é obtida com a remoção da turbidez. A determinação usualmente é feita por comparação visual com soluções de platina-cobalto ou com discos que se assemelham a cor padronizada (APHA, 2005, p. 2120). Em locais afastados ou de difícil acesso, o monitoramento destes parâmetros de potabilidade torna-se um processo custoso, pois requer normalmente deslocamento de recursos humanos qualificados e movimentação de amostras para laboratório equipado. Por este motivo, alternativas para apresentar resultados rápidos e se possível *in loco* com a utilização de equipamentos robustos e de baixo são desejáveis (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011, p. 1-2).

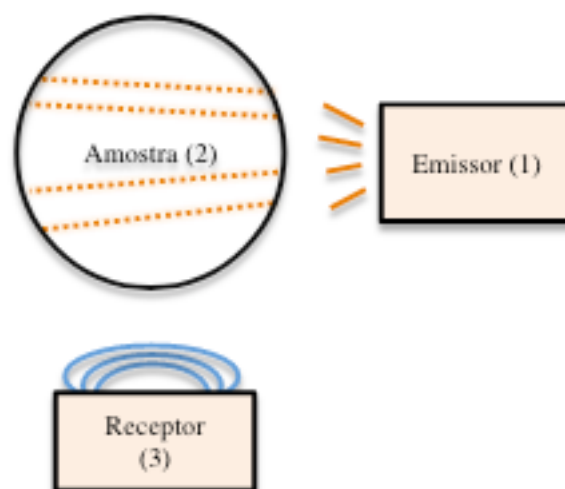


Figura 1 - Esquema de leitura para uma amostra: (1) uma fonte luminosa direcionada a uma amostra; (2) recipiente cilíndrico usualmente de vidro ou quartzo para armazenar a amostra de teste; e (3) fotodetectores para detecção a 90°.

Fonte: Autoria própria

O controle de qualidade em sistemas de tratamento pode não ser disponibilizado por todas as empresas ou serviços autônomos de tratamento de água. Além disso, os parâmetros de cor e turbidez são monitorados com equipamentos distintos aumentando o custo de implementação, além da necessidade de operação. Deste modo, tanto para a turbidez quanto para a cor, o monitoramento destes parâmetros de qualidade por imagens pode reduzir custos. Desta forma, neste trabalho demonstramos uma abordagem para monitoramento dos parâmetros de turbidez e cor pela análise de imagens digitais obtidas com câmeras comerciais.

2 | METODOLOGIA

Para cada parâmetro de potabilidade analisado apresentamos a descrição da metodologia empregada.

2.1 Cor

Imagens digitais são adquiridas através de sensores distribuídos matricialmente, dessa maneira, uma imagem pode ser representada por uma ou mais matrizes. Cada elemento destas matrizes é chamado de pixel, assim uma grande quantidade de pixels infere em uma maior quantidade de informação presente na imagem. Imagens em tons de cinza apresentam somente uma matriz, já imagens coloridas apresentam várias matrizes para representar as cores e as formas. Assim pode-se dizer que uma imagem é formada como:

$$Img = (C1_{mn}, C2_{mn}, C3_{mn}, \dots) \quad (1)$$

sendo que $C1_{mn}$, $C2_{mn}$ e $C3_{mn}$ representam três matrizes que formam a imagem.

Imagens coloridas utilizam diferentes sistemas de cores, variando conforme aplicação. No caso, o sistema *RGB* (*Red, Green, Blue*) consiste em sistema aditivo, onde as componentes sobrepostas são incrementadas, sendo utilizado em monitores e câmeras digitais. O sistema *CMYK* (*Cyan, Magenta, Yellow, Key/Black*) consiste em um sistema subtrativo, onde as componentes sobrepostas são subtraídas sendo utilizado em sistemas de impressão. Outro sistema é o *HSV* (*Hue, Saturation, Value*) que representa as cores de acordo com a percepção da visão humana (GONZALEZ, 2010, p. 32).

Dado um sistema de cores qualquer é possível representar um pixel como uma função de n dimensões, assim, representa o valor do pixel, onde x e y indicam a posição do pixel na matriz e k indica qual é o componente ou matriz de cor (exemplo: *red, green, blue*). Assim um pixel pode assumir o comportamento de um ponto espacial. Ao

observar a Figura 2 percebe-se o comportamento espacial dos sistemas de cores (a) RGB e (b) HSV, onde percebe-se que cada sistema pode possuir espaços geométricos diferentes, devido a forma de padronização utilizada em sua criação (FOLEY, 1996, p. 575-585).

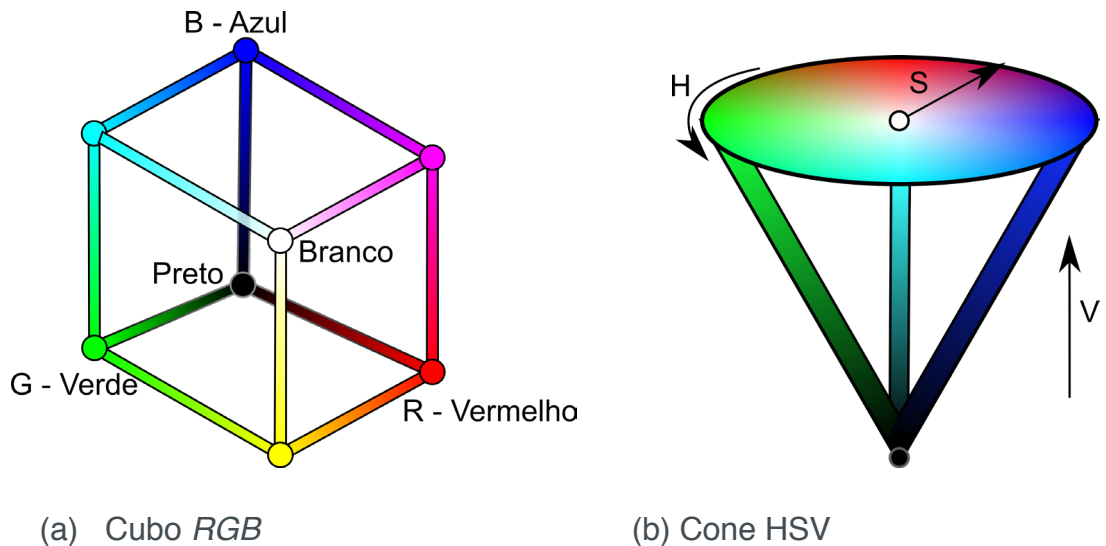


Figura 2- (a) Representação do espaço RGB por um cubo analisado em coordenadas cartesianas. (b) Representação do espaço HSV por um cone analisado em coordenadas cilíndricas.

Fonte: Adaptado de LETA (2016, p. 89-92)

Em um sistema geométrico no espaço euclidiano, vetores são definidos como segmentos de retas, ou seja, um vetor representa uma reta entre dois pontos no espaço. A representação de uma cor através de um ponto multidimensional permite relacionar a variação desta cor em relação a uma referência por meio de vetores. Seja $a_q(x_{1,q}; x_{2,q}; x_{3,q})$ o pixel de uma cor e $b(y_1; y_2; y_3)$ uma referência, o vetor que representa a distância entre estas cores será $\vec{d}_q = (y_1 - x_{1,q})\vec{i} + (y_2 - x_{2,q})\vec{j} + (y_3 - x_{3,q})\vec{k}$. Calculando a distância euclidiana, temos

$$|\vec{d}_q| = \sqrt{(y_1 - x_{1,q})^2 + (y_2 - x_{2,q})^2 + (y_3 - x_{3,q})^2}. \quad (2)$$

A distância obtida pela Equação (2) representa a diferença absoluta entre a cor de referência e as demais cores, no entanto duas cores podem ter a mesma distância até a cor de referência, mesmo sendo diferentes. A diferença real entre as cores analisadas é obtida através da comparação entre cada uma das componentes do sistema.

2.2 Turbidez

A captura de imagens digitais foi realizada pelo dispositivo apresentado na Figura 3. A amostra é inserida em uma cubeta padrão que está localizada no centro. Uma câmera *web* com resolução de 640x480 *pixels* foi empregada para a captura de imagens. Como fonte de radiação eletromagnética, LEDs (*Light Emitting Diode*) de alto brilho nas cores: amarelo, azul, branco e verde foram empregados. A mudança da corrente de alimentação dos LEDs altera o comportamento da intensidade luminosa, que será capturada pela câmera. Assim avaliou-se três correntes de alimentação de 3 mA, 5 mA e 10 mA.

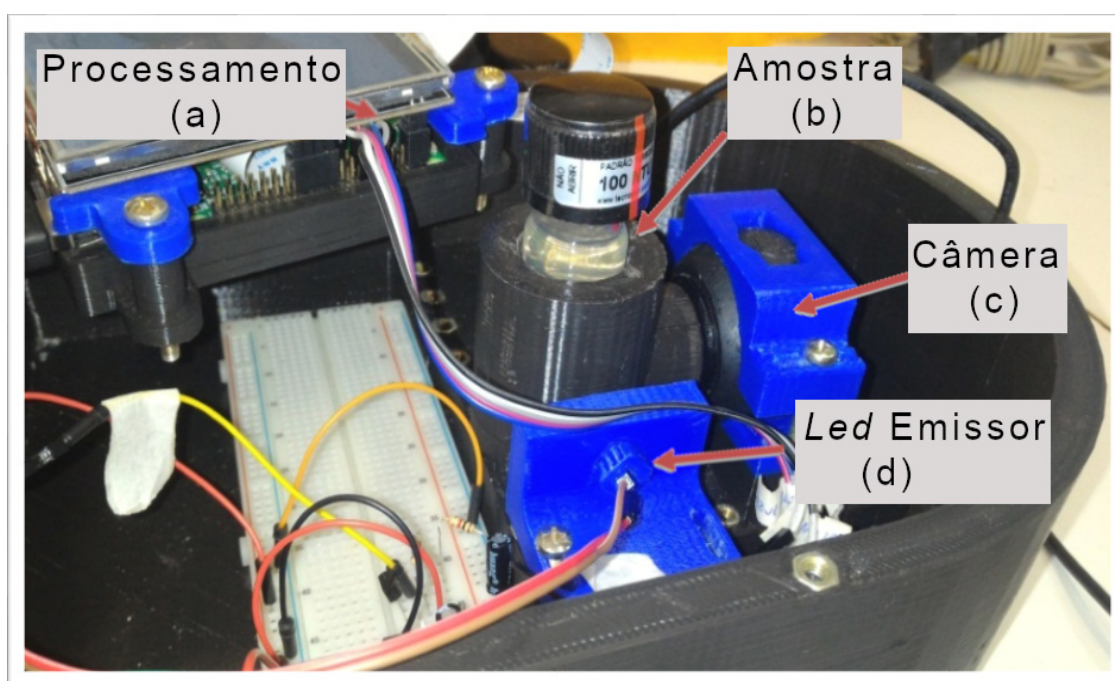


Figura 3 – Montagem utilizada para captação das imagens, (a) Raspberry Pi 3, (b) amostra analisada, (c) receptor de luz espalhada e (d) fonte de radiação.

Fonte: Autoria própria

Utilizou-se a plataforma Raspberry Pi 3 Model B+ board para a aquisição de dados e o processamento. Um programa na linguagem Python (Python, 2019) foi elaborado para o controle do processo e para a aquisição de imagens. Desta maneira, como procedimento adotado, cinco imagens de cada amostra são capturadas em intervalos de 1 s. A Figura 4 apresenta imagens capturadas dos padrões utilizados de 0,1 NTU, 5 NTU, 10 NTU, 100 NTU empregando um LED branco.

A análise de cada imagem permite obter parâmetros associados com o nível de turbidez analisado (Nakano et al., 2016). A análise da imagem em componentes (ou canais) de cores em sistema de cores diferentes permite diferentes formas para a interpretação da informação relacionada com a turbidez. Uma imagem inicial

é capturada no formato RGB que posteriormente pode ser transformada em outro sistema como YCbCr (*Luminance, Chrominance Blue, Chrominance Red*) que reduz as redundâncias e suaviza as componentes de cor, que são as crominâncias sendo que a luminância é a componente de intensidade luminosa (Sharma, 2003, p. 61-62). Outro sistema é o HSV que representa um sistema de cores em coordenadas cilíndricas. Note que cada componente (ou canal) de cor pode ser interpretado como uma matriz, ou seja, cada sistema de cores pode ser interpretado como sendo uma matriz de dados tridimensional.

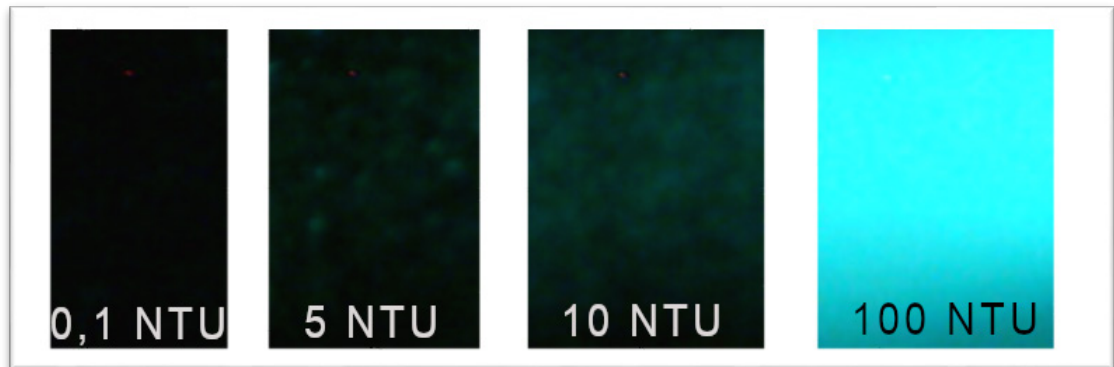


Figura 4 – Perfil de espalhamento das amostras, incidindo um LED branco.

Fonte: Autoria própria

Como exemplo de processamento adotado, toma-se as imagens da Figura 4 e aplica-se uma operação linear de média em uma componente de cor da seguinte maneira

$$ImMedia = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N a_{ij} \quad (3)$$

onde M é o número de linhas da imagem, N é o número de colunas da imagem e a_{ij} é o elemento da matriz MxN. *ImMedia* é o resultado médio dos valores que compõem a componente de cor analisada. Desta forma, para cada imagem cada componente de cor terá um valor *ImMedia*, ou seja, no sistema RGB cada componente terá um valor. Como são capturadas cinco imagens para cada amostra, uma média também é realizada entre componentes de imagens diferentes

3 | RESULTADOS

3.1 Turbidez

A Figura 5 apresenta a relação entre a intensidade luminosa da imagem digital, calculada pela Equação (3) e o valor de turbidez de cada amostra. Para os LEDs acionados com corrente de 3 mA, observa-se que devido a distância entre os pontos 10 NTU e 100 NTU e a proximidade entre os pontos de 0,1, 5 e 10 NTU a correlação obtida é melhor, no entanto, para baixos valores de turbidez o ajuste linear não representa corretamente o conjunto de dados.

A Tabela 1 apresenta os coeficientes de correlação para quatro cores de LEDs, amarelo, azul, branco, verde, nos sistemas de cores *RGB* e *YCbCr*, os valores com preenchimento cinza sinalizam as correlações maiores que 0,998. Nesta análise o LED branco demonstra melhor ajuste ao representar o fenômeno, com correlações satisfatórias na corrente de 3 mA no *RGB*. A Tabela 2 apresenta resultados com os sistemas *HSV* e *Grayscale* onde as correlações maiores que 0,998 estão no sistema *Grayscale* e na componente *Value* empregando também o LED branco com corrente de alimentação de 3 mA.

Como apresentado na Figura 5, algumas análises apresentam correlação acima de 0,99, entretanto, o resíduo de estimativas de padrões de baixa turbidez em relação ao ajuste linear são significativos. Dessa maneira, pela Tabela 1, a análise empregando corrente de 10 mA torna-se menos significativa pois os resultados com uma alimentação menor são mais relevantes.

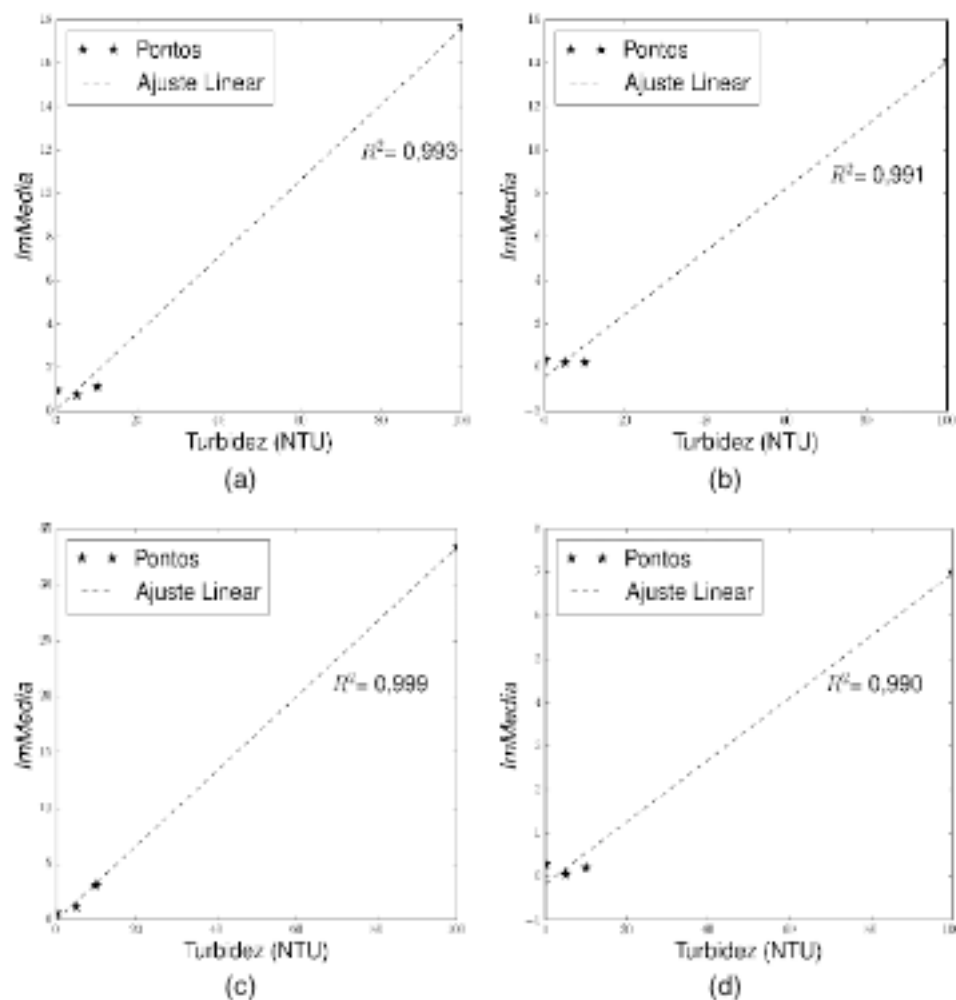


Figura 5 – Relação entre intensidade dos pixels na componente *RED* do *RGB* e turbidez (NTU) acionado com corrente de 3 mA, com LED na cor: (a) amarelo, (b) azul, (c) branco, (d) verde

Fonte: Autoria própria

Observa-se que a câmera *web* possui uma limitação em relação a quantidade de luz recebida, uma intensidade alta de luz faz com que haja saturação tornando ineficaz a medição de turbidez para padrões com elevada turbidez. Dessa maneira, para delimitarmos a região de operação do dispositivo leitor utilizou-se de diferentes valores de alimentação do LED. Caso seja verificado a saturação da imagem, o que não permitiria a representação do fenômeno de modo linear, a corrente de alimentação é reduzida.

Devido a utilização de padrões comerciais, observa-se uma curva semelhante a de aparelhos convencionais. O que possibilita a comparação entre o dispositivo proposto, com outros dispositivos presentes no mercado. Assim, com padrões devidamente aferidos e certificados espera-se uma similaridade entre os dispositivos.

LED	Corrente (mA)	Componentes					
		<i>Red</i>	<i>Green</i>	<i>Blue</i>	<i>Y</i>	<i>Cb</i>	<i>Cr</i>
Amarelo	3	0,9940	0,9952	0,6043	0,9960	0,9932	0,9946
	5	0,9946	0,9955	0,3177	0,9964	0,9938	0,9957
	10	0,9962	0,9934	0,2048	0,9951	0,9961	0,9985
Azul	3	0,9918	0,9216	0,8496	0,9458	0,1964	0,6766
	5	0,9946	0,8355	0,7439	0,9008	0,0020	0,1563
	10	0,9947	0,7031	0,5749	0,8554	0,3038	0,1531
Branco	3	0,9992	0,9980	0,9992	0,9994	0,2170	0,4710
	5	0,9930	0,9985	0,7759	0,9913	0,2981	0,9288
	10	0,8772	0,7826	0,5565	0,9304	0,3243	0,0552
Verde	3	0,9905	0,9878	0,9930	0,9927	0,9921	0,9743
	5	0,9932	0,9252	0,9478	0,9552	0,9190	0,7734
	10	0,9925	0,7185	0,9930	0,9148	0,6128	0,0706

Tabela 1 – Correlação das regressões lineares de cada componente dos sistemas de cores: *RGB* e *YCbCr*, com os LEDs de cor: amarelo, azul, branco e verde nas correntes de 3 mA, 5 mA e 10 mA

LED	Corrente (mA)	Componentes			
		<i>Hue</i>	<i>Saturation</i>	<i>Value</i>	<i>Gray Scale</i>
Amarelo	3	0,1117	0,6602	0,9943	0,9956
	5	0,2719	0,5509	0,9948	0,9960
	10	0,3885	0,6494	0,9963	0,9948
Azul	3	0,0159	0,9485	0,8468	0,9475
	5	0,8071	0,9963	0,7373	0,9038
	10	0,9891	0,9930	0,5819	0,8588
Branco	3	0,4466	0,9929	0,9983	0,9994
	5	0,9935	0,9976	0,7763	0,9912
	10	0,8730	0,9276	0,6148	0,9298
Verde	3	0,6224	0,9258	0,9875	0,9923
	5	0,6417	0,9902	0,9241	0,9540
	10	0,9896	0,9928	0,7186	0,9136

Tabela 2 - Correlação das regressões lineares de cada componente dos sistemas de cores: *HSV* e *Grayscale*, com os LEDs de cor: amarelo, azul, branco e verde nas correntes de 3 mA, 5 mA e 10 mA.

3.1.1 Comparação com turbidímetro comercial

Uma comparação entre o método proposto e o turbidímetro comercial PoliControl AP2000 iR foi realizada para fins de validação. Empregou-se amostras do lote certificado LRAB6249 (Sigma-Aldrich) para o experimento. A Tabela 3 apresenta as estatísticas em termos da média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) em porcentagem do desempenho de ambos sendo que nota-se desempenhos similares entre os dois. O CV varia entre 0,30% e 2,32% para o instrumento proposto e está entre 0,30% e 3,92% para o instrumento comercial. Os dois instrumentos detectam níveis baixos com variações menores de 5%. Como pode ser visto na Figura 6 a relação entre os resultados dos dois instrumentos possui um comportamento linear com $R^2=0,999$ (Godoy, 2018).

Dispositivo	Medida	Padrão de turbidez (FNU)							
		0,50	0,80	1,00	2,00	3,00	5,00	7,00	10,00
Turbidímetro proposto (FNU)	Média	0,43	0,78	1,00	2,06	3,13	5,18	7,07	9,95
	DP	0,01	0,02	0,01	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03
	CV (%)	2,32	2,11	1,00	2,03	0,64	0,77	0,42	0,30
Turbidímetro comercial (FNU)	Média	0,51	0,87	1,07	2,03	3,30	5,25	7,41	10,34
	DP	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,09
	CV (%)	3,92	1,15	1,86	1,47	0,30	0,38	0,40	0,87

Tabela 3 - Média, desvio padrão (DP), e coeficiente de variação (CV(%)) do dispositivo comercial e proposto para nove leituras com padrões de turbidez de formazina

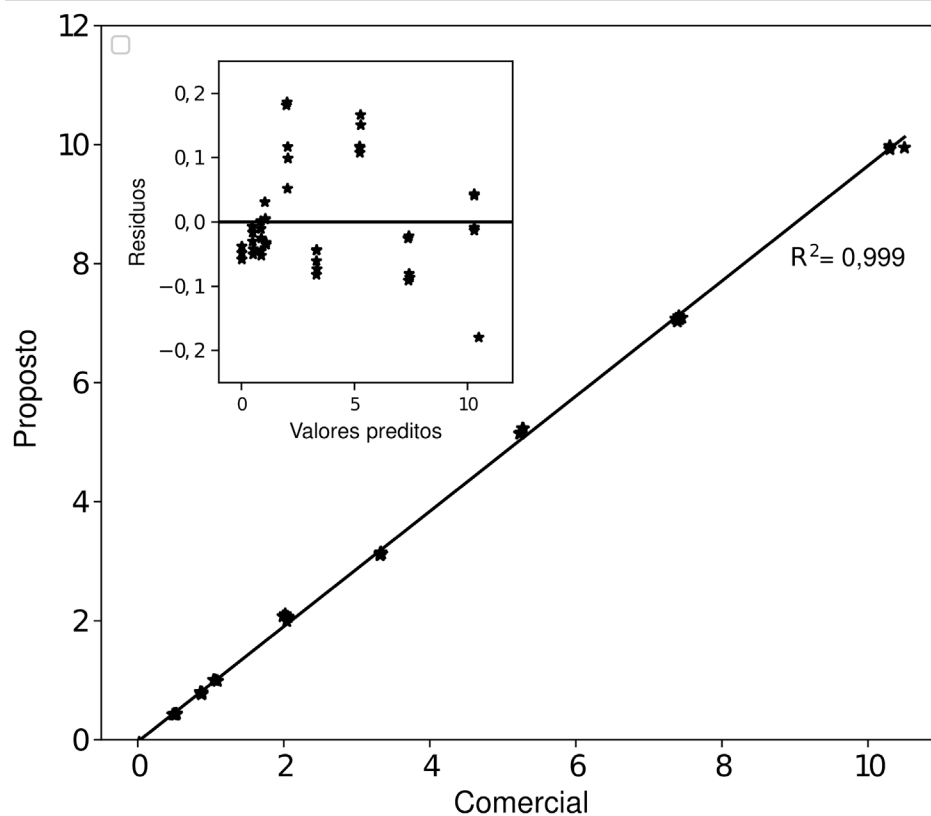


Figura 6: Relação entre o dispositivo comercial e o dispositivo proposto. O gráfico interno apresenta o gráfico de resíduos.

Fonte: Autoria própria

3.2 Cor

Como padrões de cor foram avaliadas diferentes concentrações de Fe^{2+} , Figura 7, considerando como incolor a água destilada e uma mudança de tonalidade até 0,10 mg/mL de Fe^{2+} .

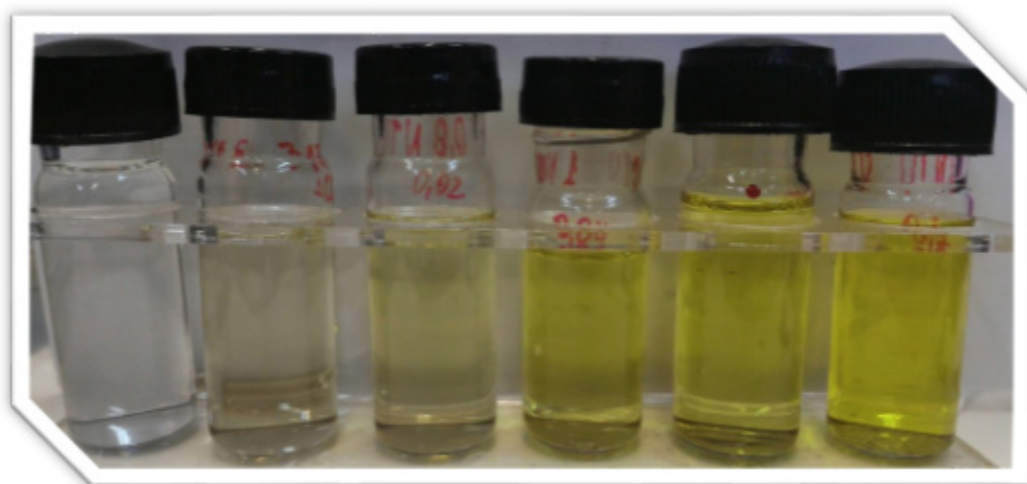


Figura 7 - Amostras de cor, da esquerda para direita amostra com 0,00; 0,01; 0,02; 0,04; 0,05; 0,10 mg/mL de Fe^{2+} .

As imagens foram capturadas variando a corrente de alimentação do LED que ilumina a câmera escura em três valores 5 mA, 10 mA e 15 mA. Para correntes maiores foi constatado que a câmera *web* apresenta imagens saturadas que não representam a cor corretamente.

Com a determinação da distância por meio da Equação (2), gera-se os gráficos apresentados na Figura 8, empregando o sistema *HSV*, e Figura 9, empregando o sistema *RGB*, na qual têm-se também ajustes linear e quadrático que mostram a relação entre a distância das cores e os padrões.

A Tabela 5 exhibe as correlações entre o sistema de cores empregado, o ajuste empregado e a alimentação do LED. Observa-se que o ajuste linear não representa o problema adequadamente sendo a correlação obtida com o ajuste quadrático maior tanto no sistema *RGB* quanto no *HSV*.

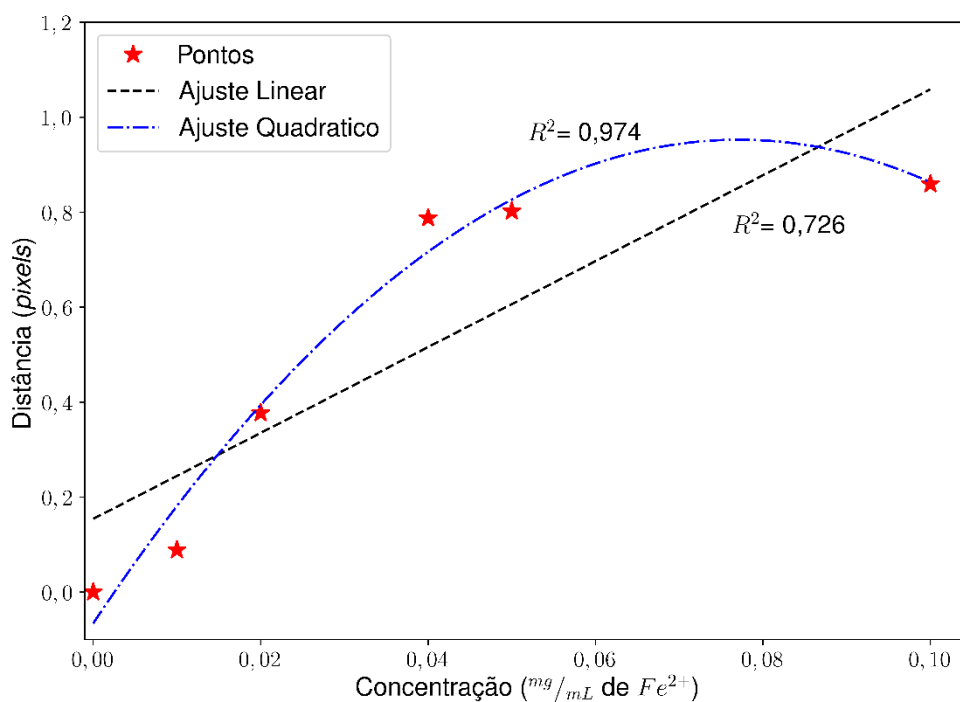


Figura 8 - Distâncias calculadas com as imagens das amostras com alimentação de 5 mA, com ajuste de linear e quadrático no sistema *HSV*

Fonte: Autoria própria

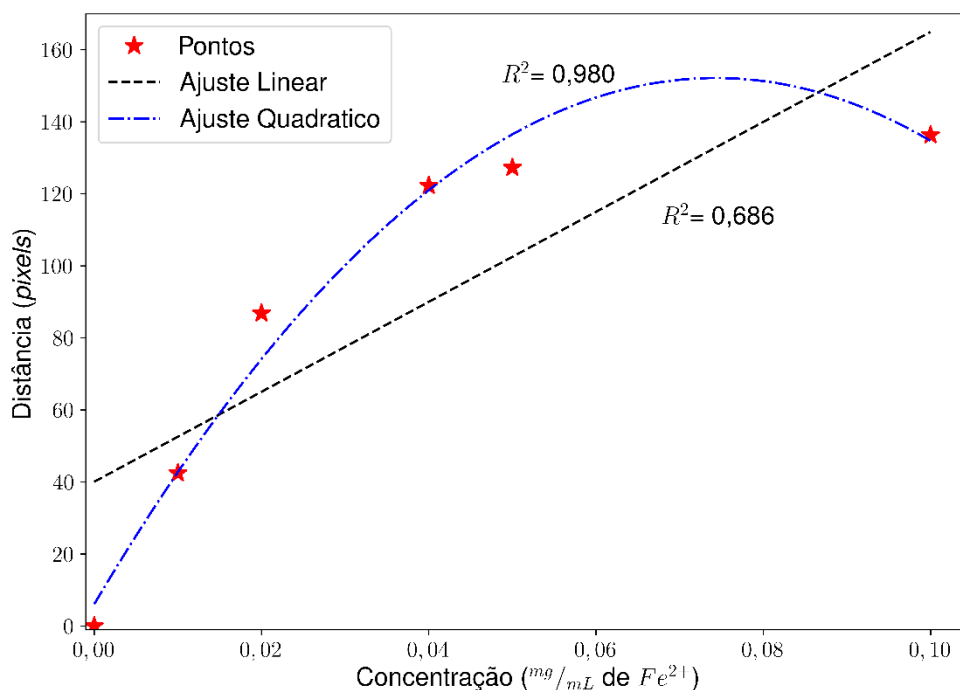


Figura 9 - Distâncias calculadas com as imagens das amostras com alimentação de 5 mA, com ajuste de linear e quadrático no sistema RGB

Fonte: Autoria própria

Sistema	Ajuste	Corrente (mA)		
		5	10	15
RGB	Linear	0,686	0,706	0,709
	Quadrático	0,981	0,987	0,991
HSV	Linear	0,726	0,700	0,720
	Quadrático	0,974	0,988	0,990

Tabela 5 - Correlação dos ajustes linear e quadrático, para os pontos obtidos das distâncias calculadas nos sistemas RGB e HSV para as variações de alimentação do LED

4 | CONCLUSÃO

Em resumo, demonstramos a aplicação de análise de imagens digitais para o monitoramento de padrões de potabilidade. A análise de imagens digitais permite a determinação do parâmetro de turbidez abaixo do limite estabelecido. Além disso, a abordagem proposta demonstrou-se equivalente ao dispositivo comercial. A operação do dispositivo com um LED branco permite a determinação simultânea dos parâmetros de cor e turbidez. A redução no consumo de energia, com a utilização de LEDs como

fonte luminosa, aumenta a viabilidade para utilização remota do dispositivo. Para a utilização de imagens digitais na análise da cor ainda é necessário um aprofundamento nos parâmetros experimentais. Desta forma, a pesquisa para desenvolvimento do dispositivo para medição da cor está em aperfeiçoamento, com objetivo futuro de determinação simultânea dos parâmetros. Com a medição integrada em um único aparelho espera-se reduzir o tempo para coleta de dados de uma amostra, utilizando apenas um equipamento as duas medidas serão feitas em sequência.

AGRADECIMENTOS

Por questões legais agradecemos a liberação do conteúdo parcial para publicação da Editora Springer Nature sob a licença 4507331261585 de 13 de Janeiro de 2019.

Reprinted by permission from Springer Nature Switzerland AG: Springer Nature, Journal: Water, Air, and Soil Pollution, Godoy, Antonio Cesar, Alberto Yoshihiro Nakano, David Antônio Brum Siepmann, Ricardo Schneider, Felipe Walter Dafico Pfrimer, and Oscar Oliveira Santos. "Snapshots Analyses for Turbidity Measurements in Water." Water, Air, & Soil Pollution 229, no. 12 (November 14, 2018). doi:10.1007/s11270-018-4034-4.

REFERÊNCIAS

Alberto Y. Nakano; Ricardo Schneider; Felipe W. D. Pfrimer; David A. B. Siepmann. **DETERMINAÇÃO DE TURBIDEZ POR ANÁLISE ESTATÍSTICA DE IMAGENS**. BR nº BR1020160281075, 30 nov. 2016

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA, 2005. P. 2120

BRASIL. Ministério da Saúde. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União nº 239**, 14 de dezembro de 2011, Seção 1, p. 39-46

FOLEY, J. **Computer Graphics: Principles and Practice**. Addison-Wesley, 1996. (Addison-Wesley systems programming series). ISBN 9780201848403. P. 585, 575, 579.

GODOY, Antonio Cesar et al. Snapshots Analyses for Turbidity Measurements in Water. **Water, Air, & Soil Pollution**, [s.l.], v. 229, n. 12, p.229-378, 14 nov. 2018. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-018-4034-4>.

GONZALEZ, R.; WOODS, R. **PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS**. 3. ed. [S.l.]: Pearson, 2010. ISBN 9788576054016. P. 32.

HELLER, Leo; PADUA, Valter Lucio de. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Ufmg, 2006. P. 193-194;

INSTRUMENTATION TESTING ASSOCIATION. **Suspended Solids and Turbidity Analyzers Online Maintenance Benchmarking Study**. Henderson, nv: Instrumentation Testing Association, 1999.

Kelley, C., Krolick, A., Brunner, L., Burklund, A., Kahn, D., Ball, W., & Weber-Shirk, M. **An Affordable Open-Source Turbidimeter**. Sensors, 2014, 14 (4), 7142 – 7155. DOI:10.3390/s140407142

LETA, Fabiana Rodrigues et al. **Metrologia por Imagem**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. (9788535272581).

PEÑA, Edsel A; SLATE, Elizabeth H. **Global Validation of Linear Model Assumptions**. *Journal Of The American Statistical Association*, [s.l.], v. 101, n. 473, p.341-354, mar. 2006. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1198/016214505000000637>.

PYTHON. **Python is a programming language**. Disponível em: <<https://www.python.org/>>. Acesso em: 14 jan. 2019.

SHARMA, Gaurav. **Digital Color Imaging: Handbook**. Webster, New York: Crc Pressinc, 2003. ISBN 9780849309007. p 61-62; 577 – 58.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. 4. ed. Genebra: World Health Organization, 2011. P. 1-2;

SOBRE OS ORGANIZADORES

JORGE GONZÁLEZ AGUILERA Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidadde Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmentede soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

ALAN MARIO ZUFFO Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí –UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal deLavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal doMato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência naárea de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-351-4

