



**Cleberton Correia Santos
(Organizador)**

**Estudos Interdisciplinares
nas Ciências e da Terra
e Engenharias 2**

**Atena**
Editora
Ano 2019

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2

Atena Editora
2019

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Conselho Técnico Científico

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 2 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-641-6 DOI 10.22533/at.ed.416192309</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

O livro “**Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 2º volume 35 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A MATEMÁTICA PRATICADA EM ESCOLAS PAROQUIAIS LUTERANAS DO RS E REVELADA EM CADERNOS ESCOLARES DA PRIMEIRA METADE DO SÉCULO XX	
Malcus Cassiano Kuhn	
DOI 10.22533/at.ed.64819103091	
CAPÍTULO 2	15
A QUALIDADE DO AR NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO FUNDAMENTAL: IMPORTÂNCIA E EXEMPLOS PARA A CIDADE DO RIO DE JANEIRO	
Maria Eduarda Palheiros Vanzan	
Raquel Mac-Cormick Franco	
Luiz Francisco Pires Guimarães Maia	
DOI 10.22533/at.ed.64819103092	
CAPÍTULO 3	24
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE COBRE (II): AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES ESTRUTURAIS, MORFOLÓGICAS E TÉRMICAS PARA APLICAÇÃO EM CATÁLISE	
Maria Iaponeide Fernandes Macêdo	
Pedro Luiz Ferreira de Sousa	
Karine Loíse Corrêa Conceição	
Neyda de la Caridad Om Tapanes	
Roberta Gaidzinski	
DOI 10.22533/at.ed.64819103093	
CAPÍTULO 4	35
A ROBOTICA EDUCACIONAL LIVRE COMO METODOLOGIA ATIVA PARA A PROMOÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS	
Elcio Schuhmacher	
Vera R. N. Schuhmacher	
DOI 10.22533/at.ed.64819103094	
CAPÍTULO 5	49
ANÁLISE DA PERFORMANCE DE METODOLOGIAS NUMÉRICAS DE SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DE TRANSPORTE DE NÉUTRONS EM GEOMETRIA UNIDIMENSIONAL SLAB NA FORMULAÇÃO DE ORDENADAS DISCRETAS	
Rafael Barbosa Libotte	
Hermes Alves Filho	
DOI 10.22533/at.ed.64819103095	
CAPÍTULO 6	59
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SOLUBILIDADE DE ELEMENTOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE DIFERENTES TIPOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS	
Eduardo Baudson Duarte	
Amanda Péres da Silva Nascimento	
Mirna Aparecida Neves	
Diego Lang Burak	
DOI 10.22533/at.ed.64819103096	

CAPÍTULO 7	68
ANÁLISE DE IMAGENS EM ESCALAS UTILIZANDO A TRANSFORMADA WAVELET	
Francisco Edcarlos Alves Leite	
Marcos Vinícius Cândido Henriques	
DOI 10.22533/at.ed.64819103097	
CAPÍTULO 8	78
ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS COM ÊNFASE EM MEIO FÍSICO NA IMPLANTAÇÃO DE UMA BARRAGEM EM ATERRO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA/MG	
Gian Fonseca dos Santos	
Anderson Nascimento Milagres	
Yann Freire Marques Costa	
Danilo Segall César	
Klinger Senra Rezende	
Adonai Gomes Fineza	
DOI 10.22533/at.ed.64819103098	
CAPÍTULO 9	86
APLICAÇÃO DA JUNÇÃO DA PLATAFORMA LIVRE SCILAB E ARDUINO PARA CONTROLE DE pH	
Annanda Alkmim Alves	
Luiz Fernando Gonçalves Pereira	
Letícia Lopes Alves	
Saulo Fernando dos Santos Vidal	
Daniel Rodrigues Magalhães	
DOI 10.22533/at.ed.64819103099	
CAPÍTULO 10	94
APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CERVEJA PARA A ADSORÇÃO DO CORANTE ÍNDIGO CARMIM EM EFLUENTE AQUOSO	
Ana Paula Fonseca Maia de Urzedo	
Taynara Mara Vieira	
Rodinei Augusti	
Kelly Beatriz Vieira Torres Dozinel	
Ana Cláudia Bernardes Silva	
Cristiane Medina Finzi Quintão	
DOI 10.22533/at.ed.648191030910	
CAPÍTULO 11	105
REAÇÕES DE BIOTRANSFORMAÇÃO PROMOVIDAS PELO FUNGO ENDOFÍTICO <i>Aspergillus Flavus</i>	
Lourivaldo Silva Santos	
Marivaldo José Costa Corrêa	
Williams da Siva Ribeiro	
Manoel Leão Lopes Junior	
Raílda Neyva Moreira Araújo Cabral	
Fabiane da Trindade Pinto	
Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon	
Haroldo da Silva Ripardo Filho	
Carlos Vinicius Machado Miranda	
Jéssica de Souza Viana	
DOI 10.22533/at.ed.648191030911	

CAPÍTULO 12 116

AUTOMETÁTESE DO DL-KAVAIN, RELAÇÃO ENTRE ATIVIDADE CATALÍTICA E IMPEDIMENTO ESTÉRICO DO SUBSTRATO

Thais Teixeira da Silva
Vanessa Borges Vieira
Aline Aparecida Carvalho França
Talita Teixeira da Silva
Mayrla Letícia Alves de Oliveira
Roberta Yonara Nascimento Reis
Maria de Sousa Santos Bezerra
Fabiana Matos de Oliveira
José Milton Elias de Matos
Benedito dos Santos Lima Neto
José Luiz Silva Sá
Francielle Aline Martins

DOI 10.22533/at.ed.648191030912

CAPÍTULO 13 128

BIOPROSPECÇÃO DE ENZIMAS PRODUZIDAS POR FUNGOS DECOMPOSITORES ISOLADOS DE DETRITOS VEGETAIS DE RIACHOS DA REGIÃO DE FOZ DO IGUAÇU-PR

Caroline da Costa Silva Gonçalves
Maria Lair Sabóia de Oliveira Lima
Rafaella Costa Bonugli-Santos
Felipe Justiniano Pinto
Daniele da Luz Silva
Ana Letícia Fernandes
Renato Malveira Carreiro do Nascimento
Mariana Gabriely da Silva Menezes

DOI 10.22533/at.ed.648191030913

CAPÍTULO 14 138

AÇÃO E IMPACTO DE *MIDDLEBOXES* PRESENTES NA *WORLD WIDE WEB*

Adenes Sabino Schwantz
Bruno Borsatti Chagas

DOI 10.22533/at.ed.648191030914

CAPÍTULO 15 144

VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA PARA QUANTIFICAÇÃO DE RUTINA E QUERCETINA NAS FOLHAS DE *Senna acuruensis*

Lucivania Rodrigues dos Santos
Adonias Almeida Carvalho
Luanda Ferreira Floro da Silva
Gerardo Magela Vieira Júnior
Ruth Raquel Soares de Farias
Mariana Helena Chaves

DOI 10.22533/at.ed.648191030915

CAPÍTULO 16 157

CLASSIFICAÇÃO TERMODINÂMICA DAS RADIOSSONDAGENS DE BELÉM DURANTE OS ANOS DE 2014 E 2015

Silvia Adriane Elesbão
Alfredo Quaresma da Silva Neto
Maria Aurora Santos da Mota

DOI 10.22533/at.ed.648191030916

CAPÍTULO 17 170

COMPOSIÇÃO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Psidium* (MYRTACEAE) DA AMAZÔNIA

Renan Campos e Silva
Joyce Kelly do Rosário da Silva
Rosa Helena Veras Mourão
José Guilherme Soares Maia
Pablo Luis Baia Figueiredo

DOI 10.22533/at.ed.648191030917

CAPÍTULO 18 182

CONSIDERAÇÃO DA INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA E DA ANÁLISE NÃO LINEAR NO PROJETO PRELIMINAR DE UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE

Wagner de Sousa Santos
Rafael Marcus Schwabe

DOI 10.22533/at.ed.648191030918

CAPÍTULO 19 195

DESENVOLVIMENTO DE UMA MEMBRANA BIODEGRADÁVEL CONTENDO ÓLEO DE COPAÍBA (*copaifera spp*) OBTIDA POR ELETROFIAÇÃO

João de Deus Pereira de Moraes Segundo
Maria Oneide Silva de Moraes
Tainah Vasconcelos Pessoa
Rosemeire dos Santos Almeida
Ivanei Ferreira Pinheiro
Karen Segala
Walter Ricardo Brito
Marcos Akira d'Ávila

DOI 10.22533/at.ed.648191030919

CAPÍTULO 20 204

EROSÃO HÍDRICA EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS E ESTRATÉGIAS PARA O CONTROLE DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS

Ana Beatriz Alves de Araújo
Isaac Alves da Silva Freitas
Gabriela Cemirames de Sousa Gurgel
Ricardo Alves Maurício
Clédson Lucena de Araújo
Fiama Raissa Coelho Pereira
Eduardo Maurício Gadelha
Geovanna Maria Andrade de Oliveira
Lígia Raquel Rodrigues Santos
Matheus Monteiro da Silva
Raniere Fernandes Costa
Walesca Ferreira de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.648191030920

CAPÍTULO 21 214

ESTUDO CATALÍTICO DA POLIMERIZAÇÃO RADICALAR MEDIADA POR [Ni^{II}(N-SALICILIDENO-CICLOOCTILAMINA)₂] EM ACETATO DE VINILA E METACRILATO DE METILA

Talita Teixeira da Silva
Yan Fraga da Silva
Manoel Henrique dos Santos Galvão
Thais Teixeira da Silva
Sâmia Dantas Braga
Maria das Dores Alves de Oliveira
Juliana Pereira da Silva
Cristina Vidal da Silva Neta
João Clécio Alves Pereira
Geraldo Eduardo da Luz Júnior
Valdemiro Pereira de Carvalho Júnior
Nouga Cardoso Batista

DOI 10.22533/at.ed.648191030921

CAPÍTULO 22 228

DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL E ORGÂNICO EM AMOSTRAS DE PRÓPOLIS E GEOPRÓPOLIS DO ESTADO DO PARÁ

Brenda Tayná Silva da Silva
Kelly das Graças Fernandes Dantas

DOI 10.22533/at.ed.648191030922

CAPÍTULO 23 241

AValiação da Secagem da Casca de Mangostão (*Garcinia mangostana* L.) em Diferentes Ambientes

Gabriela Nascimento Vasconcelos
Elza Brandão Santana
Rafael Alves do Nascimento
Elisangela Lima Andrade
Lorena Gomes Corumbá
Lênio José Guerreiro de Faria
Cristiane Maria Leal Costa

DOI 10.22533/at.ed.648191030923

CAPÍTULO 24 254

FAKE NEWS: UM PROBLEMA MIDIÁTICO MULTIFACETADO

Felipe de Matos Müller
Márcio Vieira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.648191030924

CAPÍTULO 25 268

IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE EM TANQUES DE NÍVEL DISPOSTOS DE FORMA NÃO-ITERATIVA

Luiz Fernando Gonçalves Pereira
Fernando Lopes Santana
Mario Luiz Pereira Souza
Renan Zuba Parrela
Saulo Fernando dos Santos Vidal

DOI 10.22533/at.ed.648191030925

CAPÍTULO 26	280
IMPROVING URBAN MOBILITY THROUGH A BUS COLLABORATIVE SYSTEM	
Fábio Rodrigues de la Rocha	
Ramon Tramontin	
DOI 10.22533/at.ed.648191030926	
CAPÍTULO 27	286
GRAPPHIA: UMA FERRAMENTA <i>M-LEARNING</i> PARA ENSINO DA ORTOGRAFIA	
Luciana Pereira de Assis	
Adriana Nascimento Bodolay	
Luiz Otávio Mendes Gregório	
Magno Juliano Gonçalves Santos	
Alessandro Vivas Andrade	
Pedro Henrique Cerqueira Estanislau	
Gilberto Carvalho Lopes	
Daniela Perri Bandeira	
DOI 10.22533/at.ed.648191030927	
CAPÍTULO 28	296
LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DISPONÍVEIS PARA O ESTUDO DE ATERRAMENTOS ELÉTRICOS	
Marcos Vinicius Santos da Silva	
Márcio Augusto Tamashiro	
Kaisson Teodoro de Souza	
Antonio Marcelino da Silva Filho	
Humberto Rodrigues Macedo	
DOI 10.22533/at.ed.648191030928	
CAPÍTULO 29	303
METODOLOGIA DE PURIFICAÇÃO DA GLICERINA GERADA COMO COPRODUTO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL	
Paulo Roberto de Oliveira	
Elise Ane Maluf Rios	
Fernanda Joppert Carvalho de Souza	
Renan Vidal Viesser	
Patrick Rodrigues Batista	
DOI 10.22533/at.ed.648191030929	
CAPÍTULO 30	316
NÍVEL DE VIBRAÇÃO LOCALIZADA EM UM DERRIÇADOR MECÂNICO PORTÁTIL UTILIZADO NO CAFEEIRO	
Geraldo Gomes de Oliveira Júnior	
Irlon de Ângelo da Cunha	
Adriano Bortolotti da Silva	
Raphael Nogueira Rezende	
Luana Elís de Ramos e Paula	
Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho	
Paulo Henrique de Siqueira Sabino	
DOI 10.22533/at.ed.648191030930	

CAPÍTULO 31	323
O ENSINO NA MODALIDADE EAD: PERSPECTIVAS SOBRE O PROCESSO EDUCATIVO NA MATEMÁTICA	
Lucilaine Goin Abitante	
Máriele Josiane Fuchs	
Elizangela Weber	
Cláudia Maria Costa Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.648191030931	
CAPÍTULO 32	335
O USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO APOIO AO ENSINO E APRENDIZADO: UMA ABORDAGEM BASEADA NO BYOD	
Claudiany Calaça de Sousa	
Ennio Willian Lima Silva	
DOI 10.22533/at.ed.648191030932	
CAPÍTULO 33	352
COMPUTATIONAL METHOD H_{∞} APPLIED TO DEXTEROUS HAND MASTER - DHM	
Rildenir Silva	
Ivanildo Abreu	
Cristovam Filho	
DOI 10.22533/at.ed.648191030933	
CAPÍTULO 34	363
ÓXIDO DE CÁLCIO (CaO) OBTIDO POR PRECIPITAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE SOJA COMERCIAL	
Roberto Ananias Ribeiro	
Fernanda Barbosa Damaceno	
DOI 10.22533/at.ed.648191030934	
CAPÍTULO 35	374
PHOTOELECTROCATALYSIS PROPERTIES OF $CUWO_4$ POROUS FILM UNDER POLYCHROMATIC LIGHT	
Aline Estefany Brandão Lima	
Roberta Yonara Nascimento Reis	
Maria Joseíta dos Santos Costa	
João Paulo Carvalho Moura	
Luis Jefferson da Silva	
Reginaldo da Silva Santos	
Laécio Santos Cavalcante	
Elson Longo da Silva	
Geraldo Eduardo da Luz Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.648191030935	
SOBRE O ORGANIZADOR	384
ÍNDICE REMISSIVO	385

IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE EM TANQUES DE NÍVEL DISPOSTOS DE FORMA NÃO-ITERATIVA

Luiz Fernando Gonçalves Pereira

Instituto Federal de ciência e tecnologia do Norte de Minas Gerais, *campus* Montes Claros - Montes Claros, MG, Brasil

Fernando Lopes Santana

Instituto Federal de ciência e tecnologia do Norte de Minas Gerais, *campus* Montes Claros - Montes Claros, MG, Brasil

Mario Luiz Pereira Souza

Instituto Federal de ciência e tecnologia do Norte de Minas Gerais, *campus* Montes Claros - Montes Claros, MG, Brasil

Renan Zuba Parrella

Universidade Federal de Santa Catarina, - Florianópolis - SC, Brasil

Saulo Fernando dos Santos Vidal

Instituto Federal de ciência e tecnologia do Norte de Minas Gerais, *campus* Montes Claros - Montes Claros, MG, Brasil

RESUMO: O presente trabalho fundamenta-se na identificação e controle de um processo no qual foram realizadas perturbações, de diferentes magnitudes, nas bombas alimentadoras de dois tanques de nível dispostos de forma não-iterativa. Foram analisadas várias referências (livros, artigos científicos, revistas e sites) que demonstraram a importância da identificação e controle de processos em diversos setores industriais. Ademais, foi utilizado o software livre Scilab em comunicação com a placa

Arduino Uno para realização das perturbações e aplicação de controle PI no sistema analisado. O trabalho desenvolvido tem como justificativa o interesse dos acadêmicos às formas existentes de identificação e controle de processos e a possibilidade da aplicação de um software livre como interface de comunicação controlador sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Controle de Processos, Arduino, Scilab, Controle PI.

IDENTIFICATION AND CONTROL IN LEVEL TANKS NON-ITERATIVE

ABSTRACT: The present work is based on the identification and control of a process which disturbances, of different magnitudes, were realized in the feeding pumps of two level tanks arranged non-iteratively. Several references (books, scientific articles, magazines and websites) were analyzed and demonstrated the importance of the identification and control of processes in many industrial sectors. In addition, the Scilab free software was used in communication with the Arduino Uno board to perform perturbations and application of PI control in the studied system. The work developed has as justification the interest of the academic in the existing forms of identification and control of processes and the possibility of

the application of a free software as interface of controller-system communication.

KEYWORDS: Process Control, Arduino, Scilab, PI Control.

1 | INTRODUÇÃO

A necessidade de redução de despesas operacionais e de tempo tem inserido na indústria química uma tendência para a realização de processos integrados, os quais se caracterizam pela variabilidade em reuso de massa e energia. Para tais processos, a validação da confiabilidade do projeto e a sua operabilidade prática requerem a simulação de toda planta com o uso de modelos rigorosos (SECCHI, 1995).

Com base no supracitado, a indústria moderna necessita, em consideráveis proporções, de sistemas automáticos no processo produtivo. Tais sistemas são de grande confiabilidade e precisão, sendo essenciais para manter a alta produtividade do setor em questão. Como parte dos sistemas automáticos, tem-se os sistemas de controle, que visam manter certa variável de processo em um valor desejado.

Para tanto, deve-se dispor de sensores que forneçam o valor da variável de processo e de um controlador, o último compara o valor atual dessa variável com o valor desejado e aplica uma lógica em uma variável manipulada, a fim de que a variável de processo atinja o valor estabelecido previamente. Objetivando controlar de maneira mais eficiente um processo, pode-se obter um modelo matemático que represente os componentes do sistema de controle e, por consequência, o sistema global (FARIA, 2013).

O intuito do trabalho em questão é a utilização do software Arduino-UNO como interface de comunicação no controle de nível de um reservatório. Tem-se interesse, além dos citados anteriormente, na visualização e identificação do processo através de gráficos gerados na plataforma *Xcos* disponível no *software Scilab* com auxílio do *software LibreOffice* e a implementação do controle no sistema.

1.1 Controle PID

Consoante a Neto (2005), no meio industrial, quando existe a necessidade de se controlar uma determinada planta, através da utilização de controladores projetados a partir de um modelo matemático linear do processo a ser controlado, facilita-se tanto o projeto quanto a implementação do controlador a ser utilizado.

O controle PID é um dos controladores mais utilizados atualmente. Para Coelho (2006), é importante elencar que o controlador *PID* tem-se caracterizado mais popular, pelo fato de deter uma utilização de fácil implementação e, deste modo, possuir uma grande aceitação pelos operadores, destacando-se nos pólos industriais. Em relação às suas vantagens, dispõe de baixo custo, clareza na execução e, também, possibilita eficaz comportamento dinâmico ao processo controlado, caso seja sintonizado adequadamente.

No controle proporcional a razão dos sinais de saída $U'(s)$ e de entrada $E'(s)$ do sistema são relacionados entre si por meio de um ganho proporcional k_c . Caracteriza-se por ser um método simples e de resposta rápida pelos sistemas quanto ao aumento do ganho k_c . Seborg (2017) destaca que, uma desvantagem presente na aplicação do controle proporcional é que após uma mudança de set-point ou uma perturbação sustentada, a resposta do sistema apresenta um erro de estado estacionário (*off-sett*).

A ação de controle integral é proporcional a área do erro atual do controle e é comumente utilizada porque proporciona a eliminação do erro de estado estacionário. Contudo, complementam Dorf e Bishop (2011) que, se aumentado, o ganho integral k_i poderá vir a propiciar instabilidade a resposta do sistema.

A ação de controle gerada pelo termo derivativo é proporcional à taxa de variação do sinal de erro, ou seja, a sua derivada no tempo (PATANÉ, 2008), é também conhecida como ação antecipatória.

A Figura 1 ilustra o diagrama de blocos do controle PID em paralelo. A Equação 1 descreve a ação de controle para este arranjo com sua função de transferência no domínio de Laplace.

$$G_c(s) = K_c + \frac{K_i}{s} + K_D s \quad (1)$$

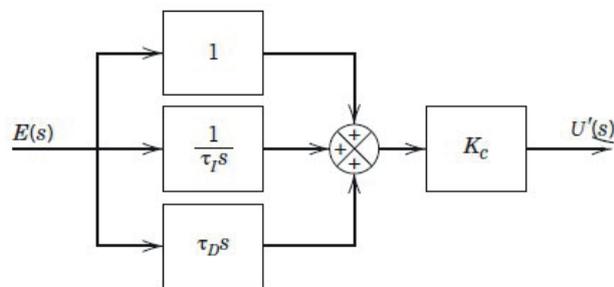


Figura 1: Diagrama de blocos de um controle PID.

1.2 Identificação e sintonia da planta de nível

Uma função de transferência de segunda ordem pode surgir fisicamente sempre que dois processos de primeira ordem estão conectados em série, cada um com uma função de transferência de primeira ordem, que relaciona a entrada com a saída do processo, pode ser fisicamente conectado para que a saída do primeiro processo seja utilizada como entrada do segundo processo (SEBORG, 2017). A Equação 2 exibe uma função de transferência de segunda ordem.

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K_{P1}K_{P2}}{(\tau_1s+1)(\tau_2+1)} = \frac{K_P}{\tau^2s^2+2\xi\tau s+1} \quad (2)$$

Onde K_p e τ correspondem ao ganho do processo e o período natural de oscilação, respectivamente. Já o ξ fornece a medida de quantidade de amortecimento do processo.

Ziegler e Nichols propuseram regras para a determinação dos parâmetros de controle *PID* baseadas na resposta do sistema frente a uma perturbação (OGATA, 2010). A Figura 2 exibe uma curva de reação de um processo de segunda ordem após a aplicação de um degrau de magnitude A , que é aproximada para um processo de primeira ordem com tempo morto com intuito de melhorar o acordo entre modelo e respostas experimentais. Essa modificação é conhecida como modelo de primeira ordem com tempo de atraso (SEBORG, 2017) e esta apresentada na Figura 3.

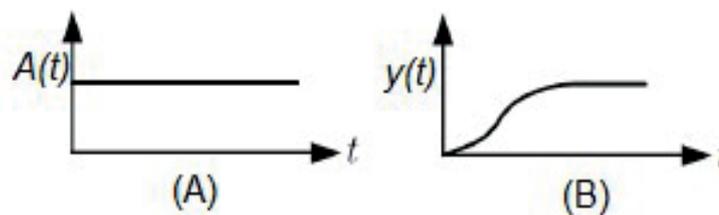


Figura 2: Resposta de um processo para um degrau de magnitude A . (A) Perturbação do tipo degrau e (B) curva de reação do sistema.

Uma tangente deve ser traçada no ponto de inflexão da resposta ao degrau. A interseção da reta tangente traçada com o eixo x (onde $y = 0$) é o tempo de morto, t_d , do sistema. O ponto que a reta tangente cruza o valor do estado estacionário (onde $y' = AK_p$) corresponde ao tempo $t = t_d + \tau$. Assim sendo, a constante de tempo do processo, τ , pode ser encontrado subtraindo t_d do ponto de interseção (SEBORG, 2017). Essa aproximação resulta na Equação 3.

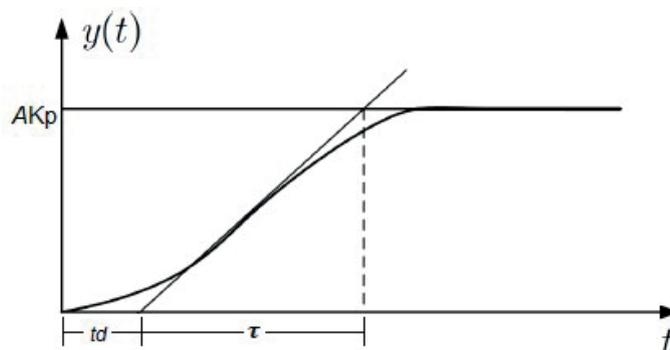


Figura 3: Análise gráfica da curva de reação do processo para obter parâmetros de um modelo de primeira ordem e atraso de tempo.

$$G(s) = \frac{K_p \cdot e^{-t_D s}}{\tau \cdot s + 1} \quad (3)$$

Com a definição dos valores de K_p , τ e t_d , Ziegler e Nichols sugeriram determinar os parâmetros do controle *PID* de acordo com a Tabela 1.

Tipo de controlador	K_C	τ_I	τ_D
P	$\frac{\tau}{t_D K_P}$	∞	-
PI	$\frac{0,9\tau}{t_D K_P}$	$0,33t_D$	-
PID	$\frac{1,2\tau}{t_D K_P}$	$2t_D$	$\frac{t_D}{2}$

Tabela 1: Regra de sintonia de Ziegler-Nichols baseada na resposta ao degrau da planta.

Fonte: Ziegler (1942)

2 | MATERIAIS E METÓDOS

Para a realização do experimento de identificação do processo, utilizou-se uma planta de um sistema de nível de segunda ordem. Sua modelagem é efetuada por equações diferenciais lineares obtidas a partir da natureza física do sistema. Na Figura 4, é mostrado a estrutura física do Sistema utilizado nesse trabalho, possuindo os seguintes materiais:

- Placa Arduino UNO;
- Duas Pontes H L298N;
- Sensor de Nível por Pressão diferencial (MPX5010DP);
- Duas Bombas submersas de 12v;
- Fonte de 12v;
- Computador que possua o software Scilab (para realizar a comunicação serial com o Arduino).

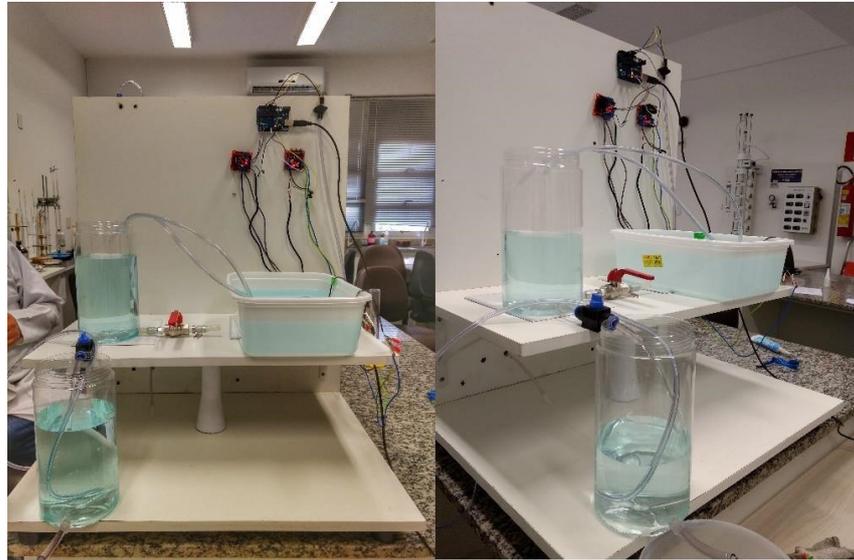


Figura 4 - Módulo de Controle de Nível.

O processo é composto por variável manipulada, controlada e distúrbio; a altura do segundo tanque (h_2) é a variável controlada, uma vez que esta é a grandeza ou condição que se deseja medir e controlar, para que o tanque nunca transborde ou esvazie, por exemplo. A variável manipulada é a grandeza ou condição modificada pelo controlador, que neste processo uma das bombas é entendida como variável manipulada. Por fim, o distúrbio é um sinal que tende a afetar de maneira adversa o valor da variável controlada do sistema, neste caso, o distúrbio é uma das vazões de entrada do primeiro tanque, sendo entendida como a outra bomba existente no sistema.

2.1 Calibração Do Sensor De Nível

O sensor foi calibrado para adequar os valores de leitura de nível no sistema.

- Utilizando uma fita métrica mediu-se o nível de líquido em um dos recipientes utilizados na montagem do módulo de nível;
- Simultaneamente, através do *Scilab (Xcos)* foram adquiridos dados de nível que eram indicados pelo sensor;
- Através dos dados mensurados pela fita métrica e os dados obtidos por meio do indicador do sensor, traçou-se uma curva com ajuste, obtendo assim, a equação de calibração do sensor.

2.2 Identificação Do Sistema

O processo de identificação do Módulo de Controle de Nível foi realizado por meio de perturbações de diferentes magnitudes realizadas na variável de entrada do processo para se determinar a função de transferência do sistema.

As perturbações foram realizadas por meio do ajuste do valor do sinal de entrada das bombas. Para variável manipulada realizou-se as seguintes perturbações no

sinal PWM enviado para a bomba em relação ao valor inicial: +10%; +20%; -10%; -20%, onde o valor de PWM varia de 0 a 255, onde 0 significa zero volts e 255 corresponde a 12 V. O valor inicial de funcionamento da bomba que faz o papel de variável manipulada no processo foi fixado em 35%.

Após a aquisição de dados experimentais realizada, a curva de identificação é encontrada via aproximação da função de segunda ordem para uma de primeira ordem com tempo morto. O *Solver*, ferramenta do *software LibreOffice*, é utilizado na identificação com intuito de encontrar os valores de τ , k_p e t_d minimizando o erro entre a curva de reação do sistema e a curva de identificação simulada.

2.3 Controle e sintonia do sistema

Para realização do controle e sintonia do sistema, optou-se pelo uso de técnicas já estabelecidas na literatura uma vez que, o intuito do trabalho é verificar se o módulo didático possa ser utilizado em aulas práticas e verificar a funcionalidade Arduino-Scilab aplicado em controle de processos.

Para que o processo exiba uma resposta desejada frente a uma perturbação, deve-se inserir um sistema de controle. Um passo importante ao aplicar o controle no sistema, é definir as características desejadas de desempenho do controlador, para que seja possível avaliar a aplicação do controle no sistema.

Apenas as ações proporcional e integral foram implementadas a fim de que fosse possível eliminar o *off-set* no sistema e analisar a influência de cada ação na resposta de controle do processo.

O método de sintonia de Ziegler-Nichols foi escolhido pela facilidade de sintonia e pela característica do processo de segunda ordem, podendo assim, ser aproximado para um processo de primeira ordem com tempo morto.

Para avaliação de eficiência da aplicação do controle foram realizados dois testes: supervisorio e regulatório. No teste supervisorio, o valor de referência, y_{sp} , é alterado por meio de uma perturbação degrau inserida no sistema, o objetivo do controle é agir na variável manipulada afim de fazer a variável controlada alcançar o valor de referência, y_{sp} . Para o teste regulatório, o objetivo da malha de controle é eliminar todos os efeitos dos distúrbios do processo para manter o valor de referência do processo.

Inseridos os parâmetros do controlador *PI*, a resposta do sistema frente a um degrau de $y'_{sp} = (2 \text{ cm})/s$, no distúrbio do processo de +10% no sinal de entrada do distúrbio do sistema.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Posteriormente, foi realizada a calibração do sensor de pressão diferencial MPX5010DP, usado como sensor de nível, instrumento fundamental para a aquisição

de dados experimentais no sistema. A Figura 5 exibe a curva de ajuste utilizada para condicionar os dados de saída do sensor para realização dos experimentos.

A curva obtida através da aquisição de dados do sistema montado possui muitos ruídos, que podem ser causados por oscilações de carga no tanque, devido a sensibilidade do sensor, e pelos ruídos elétricos gerados pelo sistema. Esses ruídos dificultam a identificação do sistema. Com auxílio da ferramenta *Solver* do *software* LibreOffice, após a identificação do sistema por meio da aplicação dos dados experimentais na equação da curva característica para processos de primeira ordem com tempo morto, obteve-se os valores do ganho (k_p e k_d), do tempo morto (t_d) e da constante de tempo (τ) e se obteve a função de transferência proveniente das respostas geradas pelo sistema após as perturbações realizadas.

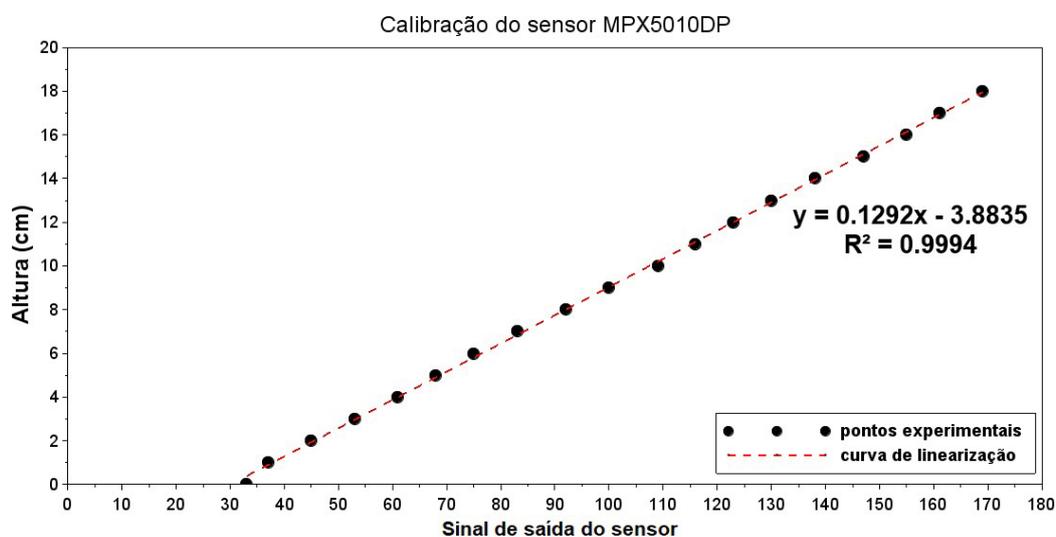


Figura 5: Curva de calibração do sensor de nível.

A Figura 6 apresenta os gráficos de resposta frente as perturbações realizadas na bomba de entrada (h_2' vs tempo) e a Figura 7 mostra a comparação da curva de reação do sistema com a curva de identificação.

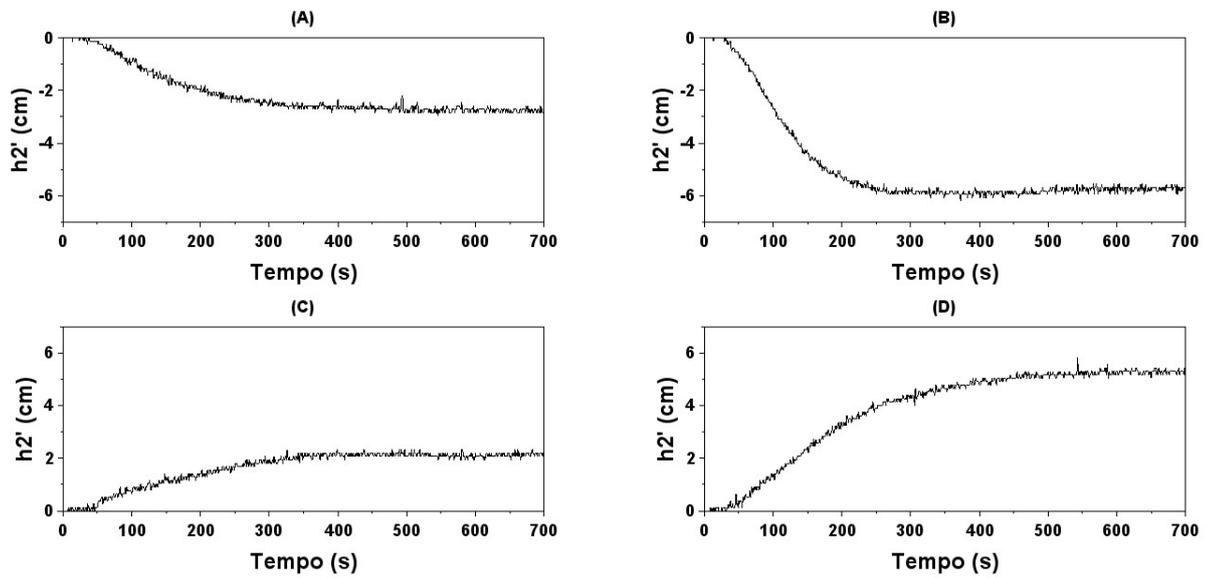


Figura 6: Curva de reação do sistema após perturbações na variável manipulada. (A) corresponde a perturbação -10%, (B) corresponde a perturbação -20%, (C) corresponde a perturbação +10% e (D) corresponde a perturbação +20%.

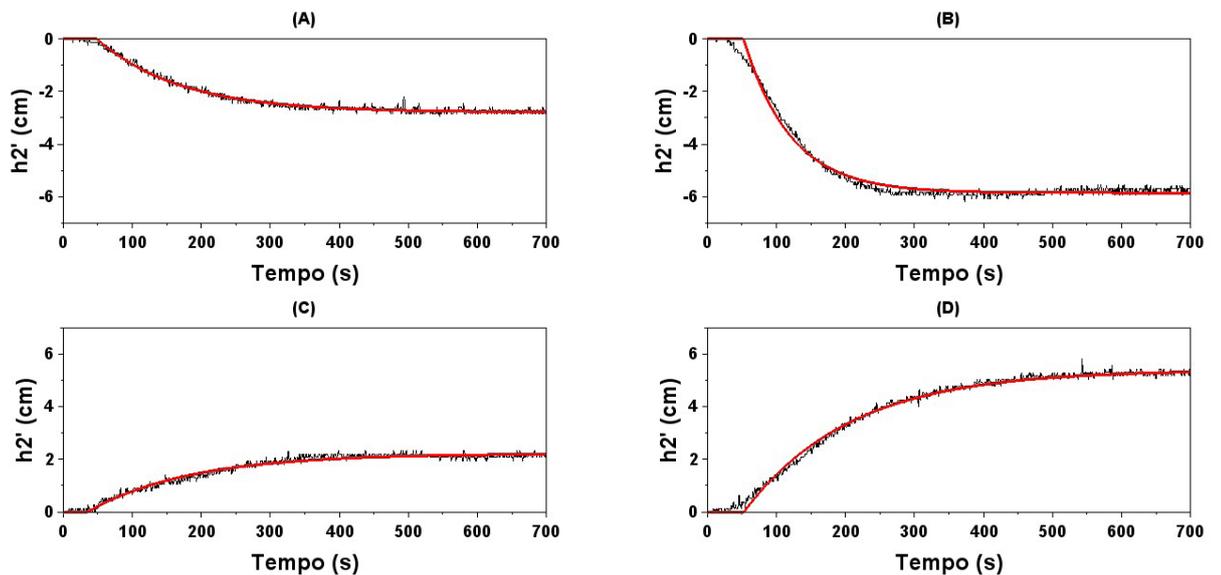


Figura 7: Curva de reação do sistema com a curva de identificação da variável manipulada. (A) corresponde a perturbação -10%, (B) corresponde a perturbação -20%, (C) corresponde a perturbação +10% e (D) corresponde a perturbação +20%.

Os resultados provenientes da identificação do processo após perturbações na variável manipulada estão expostos na Tabela 2.

Perturbação	τ	K_p	t_d
-10%	120,00	0,73	48,51
-20%	68,17	0,56	52,34
+10%	148,43	1,88	35,24
+20%	153,81	0,93	53,17

Tabela 2: Parâmetros do sistema após perturbações na variável manipulada.

A função de transferência, $G_P(s)$, obtida através da média dos valores encontrados para as quatro perturbações realizadas, que determina o comportamento dinâmico do processo é descrita pela Equação 4.

$$\frac{h'_2(s)}{F'_M(s)} = G_P(s) = \frac{1,03.e^{-47,31.s}}{122,60.s+1} \quad (4)$$

Após a identificação do processo ocorre e a seleção do tipo de controlador do processo em malha fechada, foram definidos os parâmetros do controlador por meio das regras de sintonia de Ziegler-Nichols. Os parâmetros de sintonia do controlador encontrados foram de $K_c = 2,26$ e $\tau_i = 157,54$. Para este caso de aplicação é possível inferir que a diminuição do tempo de integração leva o processo a apresentar oscilações de menor amplitude, além de tornar o processo mais rápido. O termo integral elimina o *off-set* apresentado pelo controle proporcional, porém, como pode ser observado pela Figura 8, ao inserir-se o termo integral o processo tornou-se oscilatório. Para o teste regulatório, a ação do controle eliminou os efeitos do distúrbio aplicado no processo, como exibe a Figura 9.

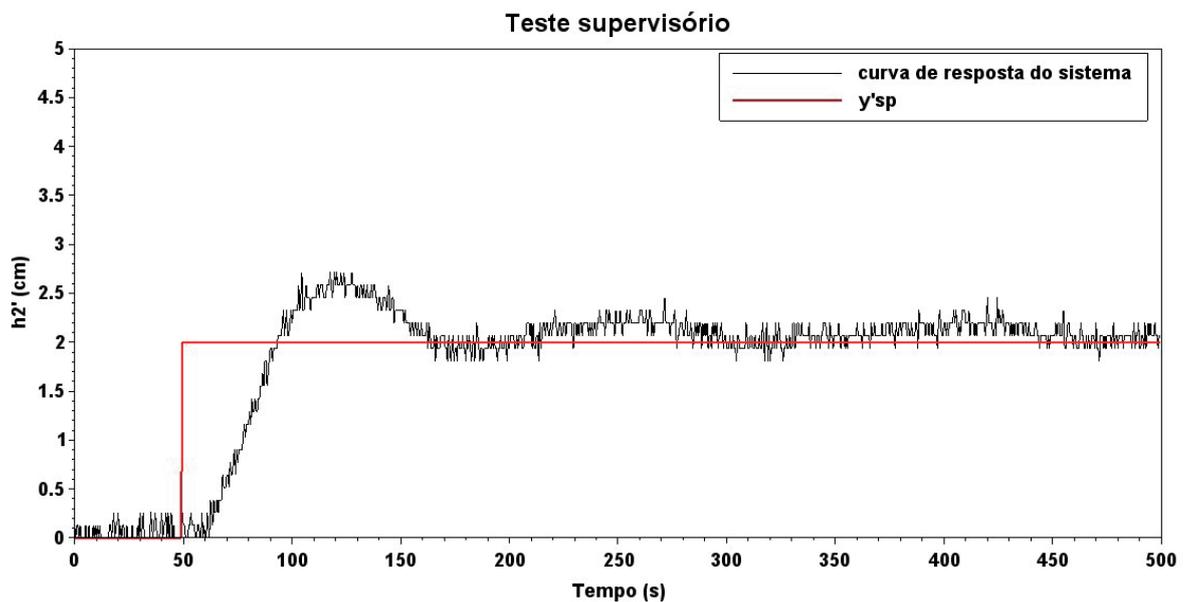


Figura 8: Teste supervisorío com controle *PI*.

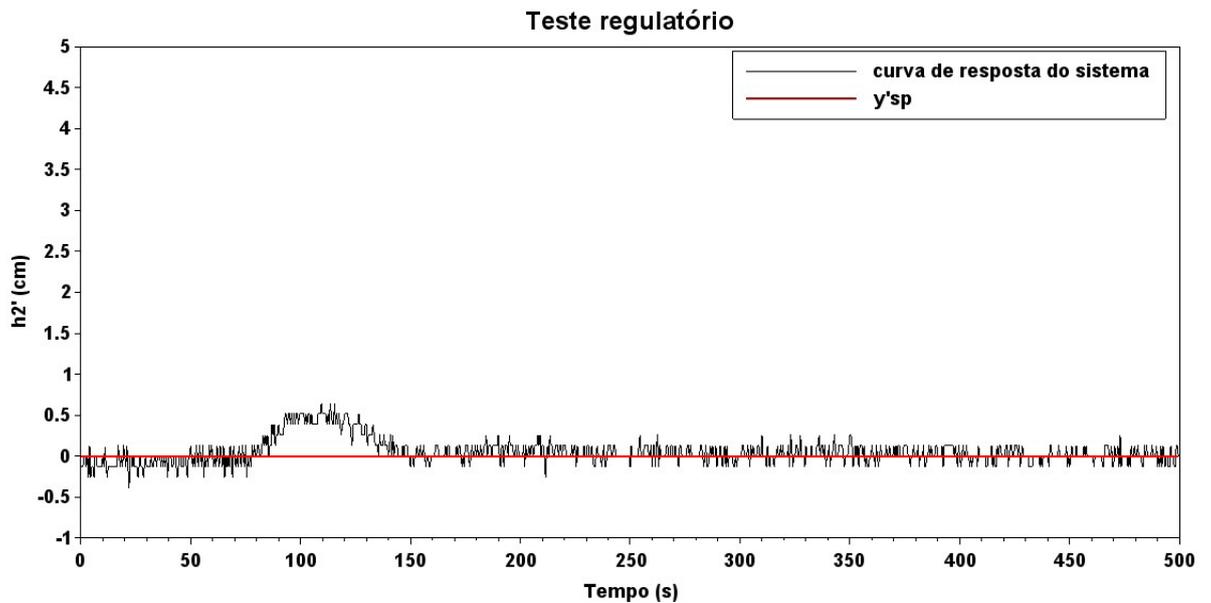


Figura 9: Teste regulatório com controle *PI*.

4 | CONCLUSÃO

A análise do trabalho realizado mostra que os objetivos foram atingidos e exibem que o Arduino possui um grande potencial de aplicação para construção de sistemas de controle de nível de baixo custo.

Os resultados se mostraram satisfatórios desde a identificação do processo até a resposta do controlador *PI* sintonizado pela regra de Ziegler-Nichols, nota-se uma resposta eficaz do sistema em malha fechada. As respostas frente as perturbações foram estáveis apresentando oscilações, naturais da implementação do termo integral no controle, apenas no teste supervisorio, com o controlador sempre retornando a variável controlada ao seu valor de referência.

REFERÊNCIAS

COELHO, L.S.; MARIANI, V.C.; Sistema híbrido neuro-evolutivo aplicado ao controle de um processo multivariável. Revista Controle & Automação/Vol.17 no.1/Janeiro, Fevereiro e Março 2006.

DORF, RICHARDS C.; BISHOP, ROBERT H. Sistemas de Controle Modernos. 12 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

FARIA, R. de O.(2013) Controle de Nível em um Tanque sujeito à Perturbações e Mudanças do Valor de Referência. UFRJ, Escola Politécnica. Rio de Janeiro.

NETO, A. H. Técnicas ant-windup em estruturas de controle PID, RST E GPC. UFSC. Florianópolis, 2005

SANTOS, C. M. M.; COSTA, B. L. G.; SILVA, R. A.; SCALASSARA, P. R.. Desenvolvimento de um módulo de controle de nível utilizando o kit arduino uno. Anais do XX Congresso Brasileiro de Automática Belo Horizonte, p. 4091-4097. 2014

OGATA, KATSUHIKO. Engenharia de controle moderno. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

PATANÉ, E. J.. Implementação de controle de velocidade em malha fechada para motores de corrente contínua utilizando sistema de aquisição de dados. Dissertação – Escola de Engenharia Mauá. São Caetano do Sul, 2008 SEBORG, D. E., Process dynamics and control. Mellichamp – 4th ed. John Wiley & Sons, 2017.

SECCHI, A.R.(1995) Modelagem e Simulação de Processos. UFRGS. Disponível em: http://www2.peq.coppe.ufrj.br/Pessoal/Professores/Arge/COQ790/Modelagem_Processos.pdf

ZIEGLER, J. G., NICHOLS, N. B., Optimum Settings for Automatic Controllers, Trans. ASME, 64, 759, 1942.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento urbano 78

Aprendizagem 35, 38, 39, 46, 47, 48, 286, 287, 288, 289, 295, 323, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 336, 339, 341, 343, 345, 348, 350

Aspergillus flavus 105, 106, 108, 109, 110, 114, 115

Aterramentos elétricos 296, 297, 301, 302

Atividade antioxidante 170, 171, 172, 175, 179, 180, 181

B

Biodiesel 303, 304, 305, 306, 314, 315, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373

Biotransformação 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 131

C

Cadernos escolares 1, 3, 4, 5, 9

Cafeeiro 317

Catálise 24, 26, 117, 126, 222, 363, 366, 368

D

Dispositivos móveis 286, 289, 293, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 345, 346, 347, 349, 350, 351

E

Ensino 1, 2, 4, 12, 13, 15, 17, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 47, 48, 80, 105, 286, 287, 288, 294, 295, 297, 298, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 344, 346, 348, 349, 350, 351

Escolas paroquiais 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13

G

Geometria 2, 12, 28, 185, 187, 299

H

História da Educação Matemática 1, 2, 14

I

Impactos ambientais 61, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 107, 210

K

Kavain 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127

L

Lama abrasiva 59, 60

M

Metátese 116, 117, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126

Middleboxes 138, 139, 140, 141, 142, 143

Modelagem computacional 49, 50, 69, 296

N

Nanopartículas 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 196, 203

O

Óxido de cálcio 363, 364, 367, 368, 369, 371, 373

Óxido de cobre 24, 25, 27, 30, 31, 33, 34

P

Polimerização Radicalar 215

R

Resíduos industriais 59

Resistividade do solo 296

Rhodamine B 374, 376, 381, 382

Robótica 35, 37, 38, 40, 41, 46, 47, 48

S

Smart Cities 280

T

Transporte de nêutrons 49, 50, 51, 57

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-641-6

