

# Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 3

Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora

Ano 2020

# Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 3

Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Karine de Lima

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



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

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

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

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

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

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

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

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

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

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

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

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

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

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

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

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

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

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

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

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

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

P474 Pesquisa científica e inovação tecnológica nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-81740-21-4

DOI 10.22533/at.ed.214201402

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.  
3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio  
Mauro Braga

CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422**

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Em “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 3” temos treze capítulos que trazem preciosas contribuições para a inovação tecnológica nas engenharias.

Pesquisas na área de gestão de resíduos, produção de energia limpa, cuidados com o ambiente em que vivemos demonstram que os pesquisadores estão preocupados com a inovação, mas respeitando os recursos naturais.

Na mesma linha, pesquisas na área de logística e mecânica demonstram preocupação com o bem-estar da sociedade sem renunciar aos benefícios proporcionados pela tecnologia. Benefícios presentes ainda na otimização de custos em construção e na utilização de tecnologias de informação móveis.

Esperamos que esta obra seja útil ao progresso da ciência e possa melhorar as pesquisas na área. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Túllio  
Lucio Mauro Braga Machado

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE EFLUENTE INDUSTRIAL TRATADO DE BENEFICIADORA DE ARROZ OBTIDO COMO BIOMASSA PARA PROCESSO DE PIRÓLISE	
Emerson de Moraes Böhm Roberto Tomedi Sacco Iago Riveiro Santos Dutra Pedro José Sanches Filho Giani Mariza Barwald Bohm	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014021</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>7</b>
PETRODIESEL WITH BIODIESEL WATER/OIL SEPARATOR FILTER – LOW PERFORMANCE	
Sérgio Roberto Amaral José Luz Silveira Eloisa Couto Parkutz Costa Alan Baio Bonel Thiago de Miranda Nogueira Marcos Morin Marcondes Cesar Marcio José Cirino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014022</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
GESTÃO DOS PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO DAS MARMORARIAS DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ – PARÁ	
Taiana da Silva Ferreira Felipe José Marques Mesquita Mateus Mamede Mousinho Junior Hiroyuki Ishihara	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014023</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>32</b>
ESTUDO DA CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS E A QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DO ESCRITÓRIO VERDE DA UTFPR	
Eloi Rufato Junior Plinio Caetano de Siqueira Rafael de Freitas Gasparelo Danderfer Thomas Hideki Sasaya	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014024</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>52</b>
DESENVOLVIMENTO DE BANCADA DE VIBRAÇÃO EM PROTÓTIPO DE VAGÃO DE MINÉRIO DE FERRO	
Alexandre Luiz Amarante Mesquita Ítalo José Cunha Araújo Eivelton André Oliveira da Trindade Ronaldo Menezes dos Santos Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014025</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>62</b>
AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA BRS BELÉM, SOB A ÓTICA DOS USUÁRIOS	
Diego Ribeiro Pinto de Castro	
Jânio Luiz Marques Trindade Júnior	
Gabrieli Inácio dos Santos	
Christiane Lima Barbosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014026</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>78</b>
DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO DE TESTE PARA CONTROLE DE POSIÇÃO DA VÁLVULA DISTRIBUIDORA	
Geanderson Cutrim Soares	
Hugo da Rocha Conceição	
Marcelo Alves de Sousa	
Bernard Carvalho Bernardes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014027</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>90</b>
USO DO ALGORITMO SIMULATED ANNEALING MODIFICADO PARA OTIMIZAÇÃO DE MUROS DE CONTENÇÃO	
Carlos Millan-Paramo	
Jair de Jesus Arrieta Baldovino	
Euriel Millan Romero	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014028</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>106</b>
COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS GPS GEODÉSICO E GARMIN EM LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS	
Eduardo Vinícius Franco da Silva	
Gustavo Souza Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2142014029</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>118</b>
GERENCIAMENTO DE QUALIDADE DE PROJETO: COMPOSIÇÃO UNITÁRIA DOS CUSTOS DE SERVIÇOS DE MÃO-DE-OBRA	
Hamohhamed Henrik Santana Carvalho	
Lízia Sousa Alves	
Wilker David de Oliveira	
Selma Araújo Carrijo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21420140210</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>124</b>
SISTEMA DE INFORMAÇÃO: O USO DE APLICATIVO MÓVEL EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS	
Railma Saldanha da Silva	
Leanderson Augusto dos Santos Santana	
André Luis Rodrigues Mathias	
Suelma do Nascimento Brito Lôbo Mathias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21420140211</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>133</b>
ESTIMATION OF PARAMETERS OF THE TORQUE CONVERTER OF AN AUTOMATIC	

TRANSMISSION OF A PASSENGER VEHICLE

Elias Dias Rossi Lopes  
André Flora Alves Pinto  
Caio César do Prado Dorea Reis  
Gustavo Simão Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.21420140212**

**CAPÍTULO 13 ..... 147**

APLICAÇÃO DE *CYMBOPOGON WINTERIANUS* (CITRONELA) COMO AGENTE INIBIDOR DE BACTÉRIAS ISOLADAS DO FLUÍDO DE CORTE

Edgar Augusto Aliberti  
Kátia Valéria Marques Cardoso Prates  
Pâmela Nunes Sá

**DOI 10.22533/at.ed.21420140213**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 153**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 154**

## DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO DE TESTE PARA CONTROLE DE POSIÇÃO DA VÁLVULA DISTRIBUIDORA

Data de submissão: 04/11/2019

Data de aceite: 03/02/2020

### Geanderson Cutrim Soares

Universidade Federal do Pará – Campus  
Universitário de Tucuruí  
Tucuruí – PA  
<http://lattes.cnpq.br/4523798205337307>

### Hugo da Rocha Conceição

Universidade Federal do Pará – Campus  
Universitário de Tucuruí  
Tucuruí – PA  
<http://lattes.cnpq.br/5205109060103923>

### Marcelo Alves de Sousa

Universidade Federal do Pará – Campus  
Universitário de Tucuruí  
Tucuruí – PA  
<http://lattes.cnpq.br/2153442587409541>

### Bernard Carvalho Bernardes

Universidade Federal do Pará – Campus  
Universitário de Tucuruí  
Tucuruí – PA  
<http://lattes.cnpq.br/7562545099461171>

**RESUMO:** Em uma usina hidrelétrica, o tipo de turbina mais utilizada é do tipo Francis e neste arranjo, o regulador de velocidade da unidade geradora controla o fluxo de água através de um conjunto eletro – hidráulico denominado de Distribuidor. O correto funcionamento deste

sistema só é possível através do uso de duas válvulas, a Eletroválvula Atuadora (TR – 10) e a Válvula Distribuidora. Ao longo da operação destes equipamentos, ocorrem falhas ou problemas que demoram a ser discriminadas por conta da complexidade deste sistema. A partir disso, foi desenvolvido um módulo com peças reaproveitadas, por tanto de baixo custo, que permite emular as atividades realizadas por estas válvulas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Válvulas, Distribuidor, Regulador, Microprocessador e Emulação.

### DEVELOPMENT OF THE MODULE OF TEST FOR POSITION CONTROL OF THE DISTRIBUTION VALVES

**ABSTRACT:** In a hydroelectric plant, the most commonly used turbine type is the Francis type and in this arrangement, the generating unit speed regulator controls the flow of water through an electro - hydraulic assembly called a Distributor. The correct functioning of this system is only possible through the use of two valves, the Actuating Solenoid Valve (TR - 10) and the Distributing Valve. Throughout the operation of these equipment, failures or problems that take time to be discriminated due to the complexity of this system occur. From this, it was developed a module with reused parts, therefore low cost, which allows to emulate the activities performed

by these valves.

**KEYWORDS:** Valves, Distributor, Regulator, Microprocessor and Emulation.

## 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente no campo da geração o regulador de velocidade atua no controle da vazão de água, auxiliando o ajuste de potência elétrica gerada de acordo com a demanda que o sistema interligado solicita. A principal função do regulador de velocidade é tentar manter o giro da turbina constante para que o gerador forneça energia ao sistema elétrico brasileiro interligado na frequência próxima de 60 Hertz, podendo variar entre 59,9 Hertz e 60,1 Hertz. Para isso, o regulador atua no controle de abertura ou fechamento do distribuidor da turbina (palhetas diretrizes para as turbinas Francis) (Aneel, 2008).

Para realizar o movimento das pás do distribuidor (Figura 1) é utilizado um sistema eletromecânico com óleo sob determinada pressão saindo da válvula Distribuidora. Através dos comandos hidráulicos que chega aos servos motores, tanto na direção da direita quanto na direção da esquerda, acionam o anel de sincronismo e por consequência ativa um conjunto de bielas que movimentam as pás diretrizes no sentido abrir ou fechar.



Figura 1. Distribuidor (Pás Diretrizes, Anel de Sincronismo e Êmbolos dos Servos)

FONTE: (Alstom, 2010).

Em geral, vários equipamentos são necessários para este controle, porém as principais peças deste subsistema são as válvula eletro-hidráulica; válvula distribuidora, como já foi citado. Acumulador, válvula de alívio, bomba e filtros para controle da qualidade do óleo também faz parte deste complexo. Uma tubulação rígida é utilizada para interligar todos os equipamentos e pode ser visualizada no esquemático a seguir que foi adaptado. (Barra, et. al, (2010)

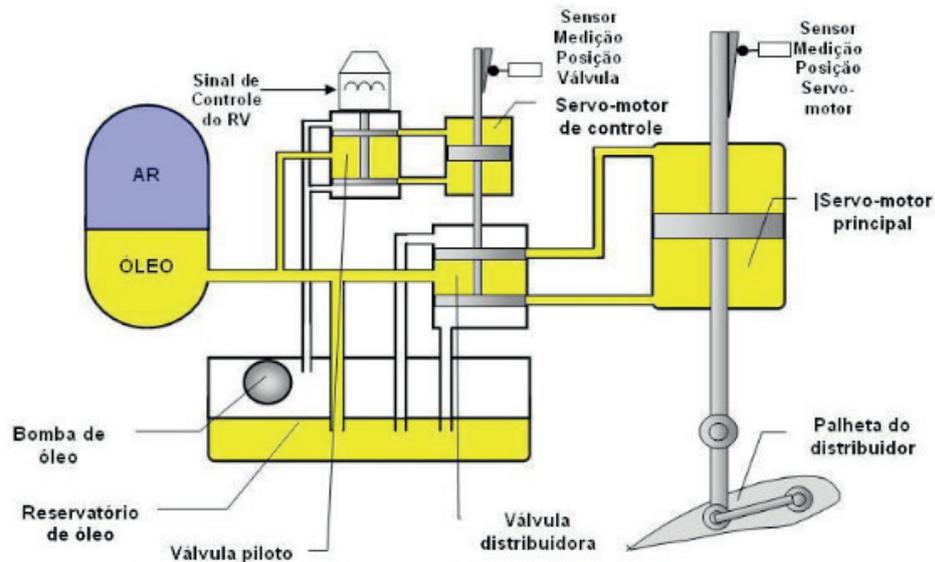


Figura 2. Esquema Adaptado de um Sistema Hidráulico de Atuação  
 FONTE: (Adaptado de A. O. LEÃO, 2013).

Ao longo do tempo, é necessário realizar manutenções preventivas e corretivas pois problemas como o óleo apresentando resíduos ou o circuito elétrico junto a parte hidráulica com algumas falhas em sua estrutura, ocorrem com uma determinada frequência. A partir do acompanhamento de manutenções realizadas em algumas máquinas geradoras de uma Usina Hidrelétrica, foi desenvolvido um módulo que simula as ações da Válvula Distribuidora visando facilitar o entendimento deste conjunto e por consequência diminuir o tempo de investigação do problema, pois, o operador pode direcionar a causa através da simulação.

## 2 | DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Manutenções corretivas têm sido realizadas com maior frequência no arranjo de regulação de velocidade das unidades geradoras, principalmente nas válvulas responsáveis pelo controle do distribuidor. Por conta de ser um conjunto que tem seu funcionamento tanto com circuito elétrico quanto com parte hidráulica, se torna complicado investigar as causas e soluções para ocorrências neste sistema de regulação de velocidade.

Uma das Válvulas que geralmente apresenta defeitos é a Distribuidora. Como pode ser vista na Figura 3, essa válvula interage com o circuito eletrônico do regulador de velocidade localizado na unidade de controle da máquina através do sinal recebido pelo atuador de forma a disponibilizar uma vazão constante para o servo, sendo assim possível manter a frequência da tensão elétrica gerada constante em 60 Hertz (Alstom, 2010).



Figura 3. Foto Externa da Válvula Distribuidora.

FONTE: Autores.

Outra válvula que também pode apresentar problemas não só hidráulicos como também elétricos, é a Eletroválvula Atuadora (TR – 10) (Figura 4) que é composto por um transdutor eletro-hidráulico, onde o sinal elétrico recebido pelo regulador de velocidade passa a ser um comando de abrir ou fechar o servo motor que comanda as pás diretrizes através do anel de sincronismo.



Figura 4. Eletroválvula Atuadora (TR – 10)

FONTE: Autores.

Com o intuito de minimizar o tempo de investigação e viabilizar o entendimento prático deste conjunto, tanto para a equipe de manutenção elétrica quanto para a equipe de manutenção mecânica, foi desenvolvido com materiais encontrados no próprio laboratório de manutenção que permite emular o funcionamento da Válvula

### 3 | OBJETIVOS

O principal objetivo deste projeto é realizar a emulação simplificada das atividades exercidas pelas válvulas e apresentar de forma didática, o seu funcionamento dentro do sistema de regulação de velocidade das unidades geradoras. Para isto, foi utilizado materiais de baixo custo, que seriam descartados pela falta de uso ou pelo estado de conservação. E com o auxílio de um Arduino Nano, foi possível mostrar que através do controle e medição de um servo motor é possível emular os valores de abertura e fechamento das pás diretrizes do distribuidor conforme o projeto real.

Outro benefício alcançado com este projeto, é a redução dos riscos ergonômicos de se levar repetidas vezes uma equipe ao local da ocorrência e facilitar a investigação que conseqüentemente permite chegar a uma determinada solução antes mesmo de efetuar qualquer visita técnica. Além disso, o projeto viabiliza a redução de gastos e procura mostrar para os funcionários das usinas e a comunidade interessada, uma versão simplificada do funcionamento das válvulas já citadas e o processo complexo de Regulação de Velocidade.

### 4 | MATERIAIS UTILIZADOS

Para a construção do módulo de teste foram utilizados:

- 1 - Engrenagem de Mini Impressora;
- 1 - Botão;
- 1 - Microcontrolador Arduíno Nano;
- Jumpers;
- 1 - Protoboard;
- 1- Sensor Indutivo;
- Resistores;
- 1 - Módulo Motor Drive L298;
- 1 - LCD I2C 16x2;
- 1 - Fonte de 12V.

## 5 | METODOLOGIA

### 5.1 Pesquisa

No estudo de turbinas hidráulicas manteve-se o foco nos modelos de Reguladores de Velocidades dentre os assuntos abordados. Além disso, foi consultado as plantas de projeto do sistema de regulação de unidades geradoras com a finalidade de entender o funcionamento tanto da parte hidráulica quanto do circuito eletrônico para o desenvolvimento do módulo.

Com relação à descrição das turbinas hidráulicas, Kundur (1994) apresenta toda modelagem do sistema hidráulico de uma usina hidrelétrica começando pelo equacionamento completo do conduto forçado e a função de transferência contemplando um modelo simplificado de turbinas hidráulicas conhecido como modelo linear até o modelo não linear, mais completo e real assim como o modelo de seu respectivo Regulador de Velocidade e seu sistema hidráulico de controle.

Ainda no que diz respeito ao regulador, Kundur (1994) apresenta o mesmo sem estatismo, isócronos, e com estatismo permanente, além de uma análise da modelagem do servoposicionador que foi utilizada no estudo para o desenvolvimento do controle, conforme pode ser visto na Figura 5.

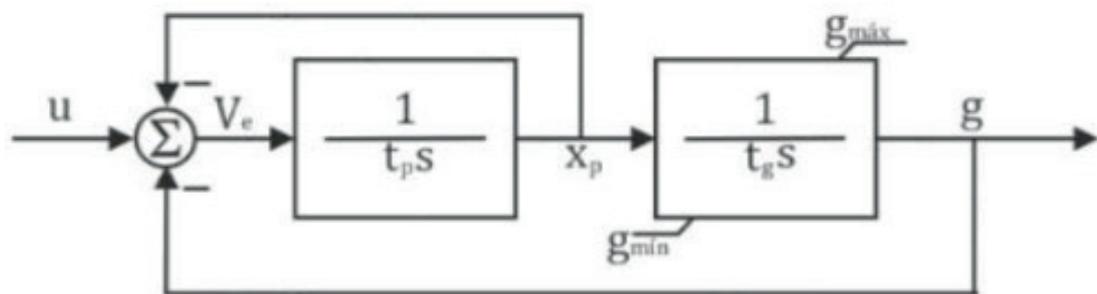


Figura 5. Diagrama de Blocos Simplificado do Servoposicionador

FONTE: (Adaptado de KUNDUR, 1994).

Foi necessário o desenvolvimento de um controle PID com o objetivo de evitar erros na medição do controle do motor DC (Servo). O controle PID é um acrônimo das combinações das ações de controle proporcional, de controle integral e de controle derivativo e é denominada de ação de controle proporcional - integral - derivativo. Essa ação combinada tem as vantagens individuais de cada uma das três ações de controle. A equação implementada no Arduino de um controlador com essas ações combinadas é dada por (Ogata, 2006)

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_I}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_D T_d \frac{d e(t)}{dt}$$

## 5.2 Construção do Módulo

O projeto foi elaborado primeiramente em um escritório para em seguida realizar o desenvolvimento do módulo em um laboratório simples que permite efetuar manutenções eletrônicas de forma segura. Foi reaproveitado boa parte de uma placa isolante para servir de base da estrutura, assim como, foi aproveitado o “*esqueleto*” de uma mini impressora com um motor de corrente contínua de 12 Volts para a movimentação de uma chapa metálica que assemelha à utilizada na Válvula Distribuidora das unidades geradoras.

Para realizar a leitura, foi aproveitado um sensor indutivo que envia um sinal elétrico para o Arduino de acordo com a distância que o sensor está localizado da chapa metálica. Uma régua com porcentagem, foi fixada na chapa para realizar a aferição analógica da posição do servo motor, este valor também pode ser visualizado na tela de LCD, assim como demais informações.

Uma ponte H denominada de “*Motor Drive L298*” possibilitou realizar o controle do motor DC e permitindo que, através da placa microprocessadora e a chave seletora, o motor movimente a chapa metálica com uma determinada inclinação. Assim, na medida em que a distância entre o sensor e a chapa diminui o Arduino Nano recebe o sinal elétrico, processa e converte para o valor em porcentagem que é mostrado no display LCD. Na Figura 6, pode ser visualizado o módulo desenvolvido com todos os periféricos.

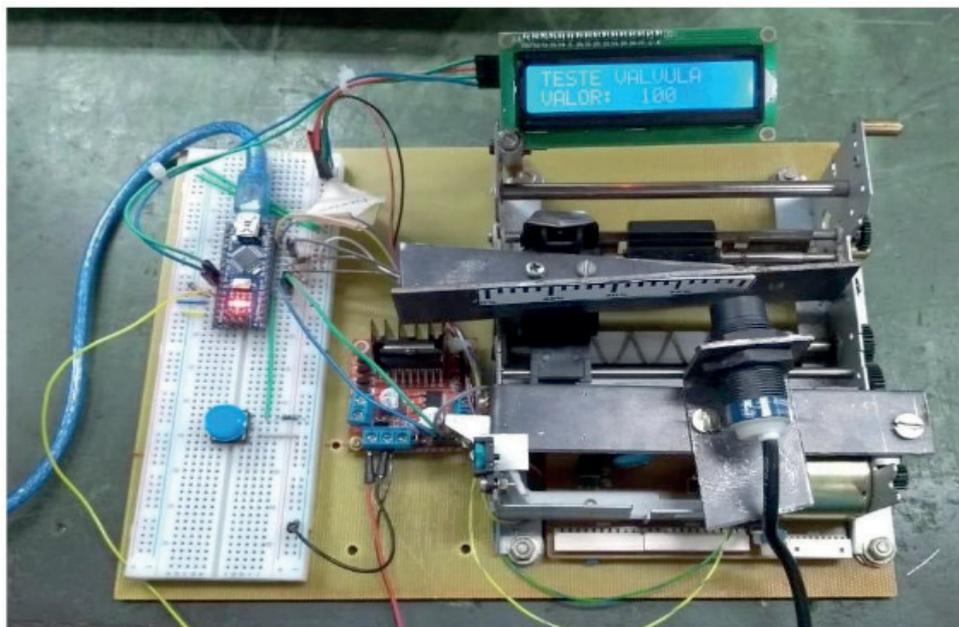


Figura 6. Módulo de Simulação da Válvula Distribuidora.

FONTE: Autores.

## 5.3 Microcontrolador Arduino Nano

A placa microcontroladora Arduino tem ganhado vários adeptos entre estudantes e profissionais da área de eletrônica pois possui uma plataforma de prototipagem

de hardware livre, projetada com um microcontrolador Atmel (AVR) com suporte de entrada/saída embutido, uma linguagem de programação essencialmente C/C++. (Arduino, 2018)

O uso de uma placa microcontroladora Arduino se faz necessária para o projeto pois possui plataforma de código aberto (IDE), baixo custo e tem características didáticas. Com esta placa foi possível conectar e controlar os periféricos utilizados neste módulo. Projetos construídos com o Arduino possuem grande desempenho onde dependendo de como são projetados, a placa pode ter respostas rápidas e confiáveis pois realiza a tarefa específica para a qual foi programada.

A placa utilizada neste trabalho foi o Microcontrolador Arduino Nano acoplado a uma *Protoboard* e com auxílio de *Jumpers*, conectou-se um display LCD para visualização em tempo real do valor medido através do sensor indutivo que também foi conectado a placa. O Arduino permite ser alimentado com uma tensão de até 5 Volts, para isto foi utilizado de uma fonte de alimentação externa (Micro USB). Além disso, também foi conectado a placa uma chave de três posições que permite o operador comandar o movimento do motor DC e um *button* que tem o papel de *off-set*, permitindo que o teste possa começar ou terminar a partir de um valor pré-determinado.

O código criado para o Arduino Nano realiza a captura de valores de tensão enviada pelo sensor indutivo, através de uma entrada analógica e calcula a posição do servo motor baseado na variação de distância de leitura do sensor. Esses valores são mostrados para um display LCD instalados no protótipo e, também, podem ser conferidos através da leitura visual da régua.

## 6 | RESULTADOS

### 6.1 Testes Iniciais

Para verificação da leitura e calibragem do sensor indutivo utilizado, foram realizados testes utilizando primeiramente o *Serial Monitor* da própria plataforma IDE do Arduino e em seguida utilizou a aferição realizada pela régua e o Display LCD para calibrar e verificar se os dados recebidos estão de acordo com a movimentação definida pelo operador através do comando realizado na chave de seleção. Também foram realizados testes de comparação do módulo com a Válvula Distribuidora e Atuadora (TR-10), principalmente no quesito de velocidade de abertura ou fechamento do servo motor.

### 6.2 Emulação

A validação de que os procedimentos realizados pelo projeto estão de acordo com as ações das Válvulas: Distribuidora e Atuadora, ambas do sistema de regulação de velocidade, foram feitas colocando primeiramente o sensor na posição “0%” através do comando do operador pela chave seletora. Em seguida, verifica-se se na régua de medição e no Display LCD se o valor corresponde à posição “zero”, conforme pode

ser visualizado na Figura 7:



Figura 7. Protótipo em Teste (0%).

FONTE: Autores.

Isto significa que o êmbolo do servo motor está totalmente disposto para fora e conseqüentemente as pás diretrizes do distribuidor estão totalmente fechadas. O Gráfico 1 mostra atuação do controle PID projetado onde os valores de leitura do sensor indutivo diminuem ao longo do tempo caracterizando o estado de totalmente fechado.

Se o comando efetuado na chave for no sentido contrário e deixar o sensor na posição “100%”, conforme a Figura 8, significa que o êmbolo está totalmente disposto para dentro e conseqüentemente as pás diretrizes do distribuidor estão totalmente abertas. Em seguida, o Gráfico 2 mostra atuação do controle de acordo com os valores de leitura do sensor.

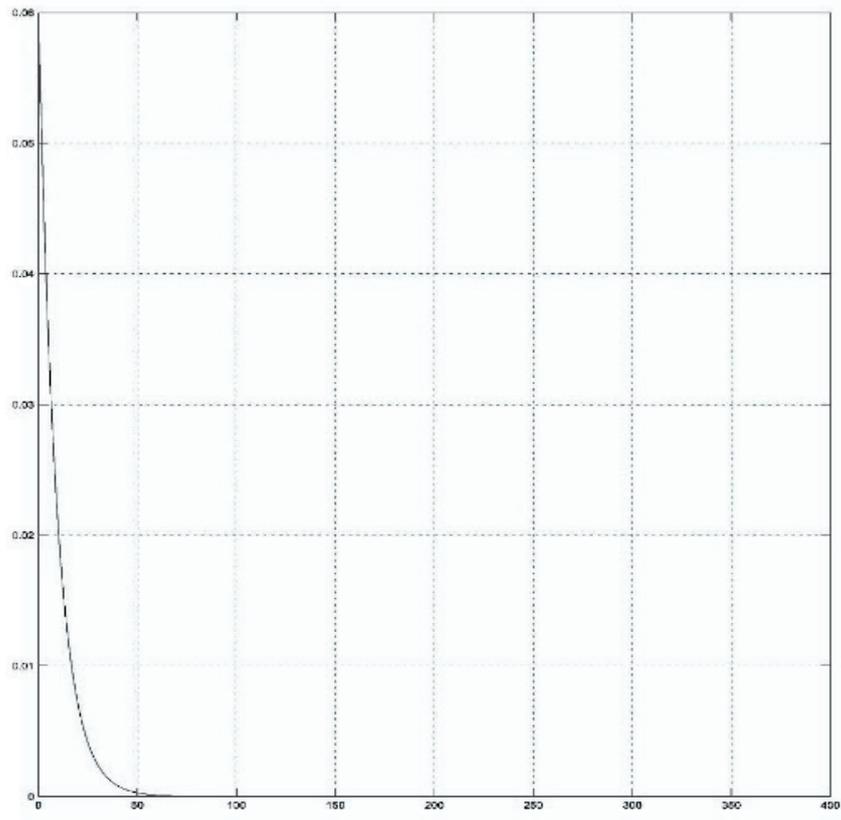


Gráfico 1. Curva dos Valores de Leitura Versus o Tempo (Fechamento do Distribuidor).  
FONTE: Autores.



Figura 8. Protótipo em Teste (100%).  
FONTE: Autores.

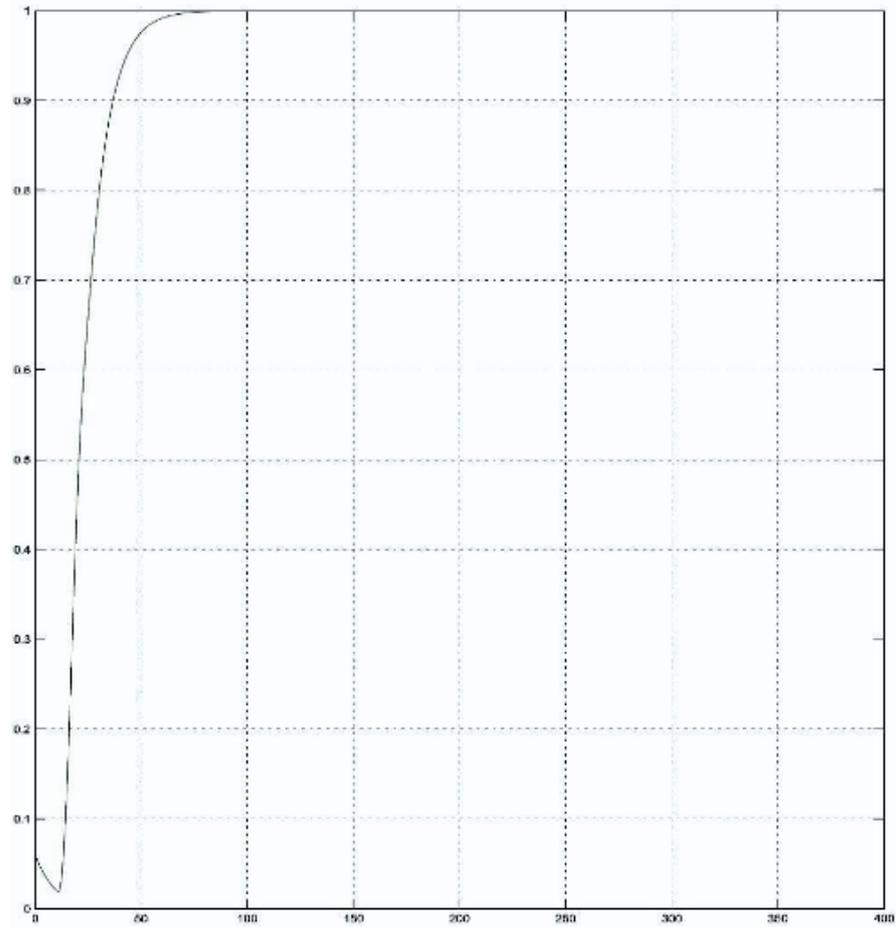


Gráfico 2. Curva dos Valores de Leitura Versus Tempo (Abertura do Distribuidor).

FONTE: Autores.

Portanto, com o módulo de simulação é possível ver qualquer posição do servo motor e conseqüentemente a porcentagem de abertura das pás do distribuidor. Conforme pode ser observado na Figura 9, por exemplo.



Figura 9. Protótipo em Teste (50%).

FONTE: Autores.

## 7 | CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, constatou-se que o projeto atendeu as expectativas e mostrou ser uma ferramenta prática e de simples manuseio. Com a construção do módulo foi possível entender as atividades executadas pelas válvulas e como elas atuam diretamente no sistema de regulação de velocidade utilizando materiais de baixo custo. Desse modo, o controle projetado para a emulação e que por consequência controla abertura ou fechamento dos servos motores das pás do distribuidor possibilitou o entendimento do sistema elétrico e hidráulico das válvulas na regulação de velocidade de uma unidade geradora do tipo Francis.

Outro benefício alcançado com este projeto, foi a redução dos riscos ergonômicos de se levar repetidas vezes uma equipe ao local para realizar a manutenção e facilitar a investigação de problemas com as válvulas como: erro na calibragem do sensor indutivo, falhas nas conexões (do Sensor para o Regulador e o sinal que chega à Válvula Atuadora), impurezas no óleo de lubrificação, dentre outros. Com isto, o projeto viabiliza a redução de gastos e procura mostrar para os colaboradores de uma usina e a comunidade interessada no assunto, uma versão simplificada da operação das válvulas já citadas dentro do sistema de Regulação.

## REFERÊNCIAS

ALSTOM. **Alstom in Brazil**. Disponível em: <<http://www.alstom.com.br>>. Acesso em: 07 de jun. 2018.

ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. 2008. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2ª. ed. Brasília: ANEL, 2008. ISBN: 85-87491-09-1

ARDUINO. **Arduino Playground**. Disponível em: <<http://playground.arduino.cc/Portugues/HomePage>>. Acesso em: 08 de Jun. 2018.

JÚNIOR, WALTER BARRA, DA COSTA JÚNIOR, CARLOS TAVARES e NOGUEIRA, FABRÍCIO GONZALES. 2010. **Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D): Implementação de um Estabilizador de Sistema de Potência Piloto, com capacidade de Adaptação, em Gerador da Etapa da 1 UHE de Tucuruí, como continuidade de Projeto P&D do Ciclo 2000-2001**. Belém: Universidade Federal do Pará - UFPA & Regional de Produção de Tucuruí - CTC, 2010.

KUNDUR, P. 1994. **Power System Stability and Control**. 3ª. New York: McGraw-Hill, 1994. ISBN: 0-07-035958-X.

LEÃO, Amanda. O. 2013. **Projeto de reguladores de velocidade de uma UGH por técnicas convencionais e locação Polinomial em RST**. Universidade Federal do Pará, Tucuruí: 2013.

OGATA, K. 2003. **Engenharia de Controle Moderno**. Tradução de Paulo Alvaro Maya. 4ª. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003. ISBN: 85-87918-23-0.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Franciele Braga Machado Tullio:** Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

**Lucio Mauro Braga Machado:** Bacharel em Informática (Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG/1995), Licenciado em Matemática para a Educação Básica (Faculdade Educacional da Lapa – FAEL/2017), Especialista em Desenvolvimento de Aplicações utilizando Tecnologias de Orientação a Objetos (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/ 2008). É coordenador do Curso Técnico em Informática no Colégio Sant’Ana de Ponta Grossa/PR onde atua também como professor desde 1992, também é professor na Faculdade Sant’Ana atuando nas áreas de Metodologia Científica, Metodologia da Pesquisa e Fundamentos da Pesquisa Científica e atua como coordenador dos Sistemas de Informação e do Núcleo de Trabalho de Conclusão de Curso da instituição. E-mail para contato: machado.lucio@gmail.com

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Absorção atômica 1, 3  
Agências bancárias. 129, 130, 131  
Algoritmo *simulated annealing* modificado 90, 91, 97, 104  
Análise termogravimétrica 1, 3, 4, 5  
Aplicativos móveis 124, 129  
Automatic Transmissions 133, 134

### B

Biocida natural 147

### C

Carvão 1, 5  
Controle de poeira 52, 60

### D

Distribuidor 78, 79, 80, 82, 86, 87, 88, 89

### E

Eficiência Energética 33  
Emulação 78, 82, 85, 89  
Energia Fotovoltaica 33

### F

Filmes poliméricos 52, 53, 55, 60

### G

Gestão 19, 21, 31, 118, 119, 123, 126  
Granito 21, 23, 25, 29, 30, 31

### H

Halos 147, 148, 149, 150, 151

### I

Insumos 118, 119, 120, 122

### M

Mão-de-Obra 118, 119, 120  
Mármore 21, 22, 23, 25, 28, 29, 30  
Microprocessador 78  
Minério de ferro 52, 53, 60  
Muros de contenção 90

## **N**

NDAE 21, 52, 53, 59, 60, 62, 63

## **O**

Orçamento 118, 119, 120, 123, 153

Otimização 90, 91, 95, 98, 99, 103

Oxidation stability 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 18

## **P**

Particle Swarm Optimization 90, 133, 134, 139

Potencial inibitório 147, 151

Pre filter 7, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 18

Produtividade 27, 118, 119, 120

## **Q**

Qualidade de Energia Elétrica 32, 33, 35, 38, 40, 41, 44, 48, 49, 51

Qualidade de Serviço 62

## **R**

Reaproveitamento 21, 30

Regulador 23, 78, 79, 80, 81, 83, 89

Resíduos 1, 2, 5, 19, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 80, 118

## **S**

Sistema BRS 62, 68, 70

Sistema de informação 65, 124, 125, 126, 127, 132

Sludge 1, 2, 5, 6, 7, 8, 13

## **T**

Torque Converter 133, 134, 135, 136, 137, 140, 141, 142, 146

Transporte público 62, 64, 65, 66, 67, 73, 74, 75, 76, 77

## **V**

Vagão 52, 53, 55, 56, 58, 59, 60

Válvulas 78, 80, 82, 85, 89

Vibração 52, 53, 55, 58, 59, 60

## **W**

Water separation 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**