



**Atena**  
Editora

Ano 2020

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Marcelo Henrique Granza  
(Organizadores)

**Engenharia Elétrica  
e de Computação:  
Atividades Relacionadas com  
o Setor Científico e Tecnológico**

**2**



A black and white photograph of a hand holding a square microchip. The chip has a grid of pins around its perimeter and several smaller components on its surface. The background is a blurred electronic circuit board with various components like capacitors and resistors.

**Atena**  
Editora

Ano 2020

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Marcelo Henrique Granza  
(Organizadores)

**Engenharia Elétrica  
e de Computação:  
Atividades Relacionadas com  
o Setor Científico e Tecnológico**

**2**

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo

**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**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
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  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª 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 Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>Engenharia elétrica e de computação [recurso eletrônico] : atividades relacionadas com o setor científico e tecnológico 2 / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Marcelo Henrique Granza. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-168-8            DOI 10.22533/at.ed.688200707</p> <p>1. Ciência da computação – Pesquisa – Brasil. 2. Engenharia elétrica – Pesquisa – Brasil. I. Dallamuta, João. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Granza, Marcelo Henrique.</p> <p style="text-align: right;">CDD 623.3</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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

## APRESENTAÇÃO

Não há padrões de desempenho em engenharia elétrica e da computação que sejam duradouros. Desde que Gordon E. Moore fez a sua clássica profecia tecnológica, em meados dos anos 60, a qual o número de transistores em um chip dobraria a cada 18 meses - padrão este válido até hoje – muita coisa mudou. Permanece porém a certeza de que não há tecnologia na neste campo do conhecimento que não possa ser substituída a qualquer momento por uma nova, oriunda de pesquisa científica nesta área.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica e da computação é, portanto, atuar em fronteiras de padrões e técnicas de engenharia. Algo desafiador para pesquisadores e engenheiros.

Neste livro temos uma diversidade de temas nas áreas níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura!

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Marcelo Henrique Granza

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
PARADOXOS, RISCOS E REQUISITOS DA NOVA MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA	
Vitor Silva Duarte	
Mario Jorge Daher	
Alex Nunes de Almeida ( <i>in memoriam</i> )	
Maria Aparecida Martinez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6882007071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
ANÁLISE DO IMPACTO DE GERAÇÕES RENOVÁVEIS SOBRE A MARGEM DE ESTABILIDADE DE TENSÃO POR MEIO DE REGIÕES DE SEGURANÇA	
Paulo Andrade Novaes	
Antonio Carlos Zambroni de Souza	
Fábio da Costa Medeiros	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6882007072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>28</b>
APLICAÇÃO DE MODELO MULTIOBJETIVO DE ALOCAÇÃO DE GERADORES DISTRIBUÍDOS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO CONSIDERANDO OBRAS DE CONEXÃO DA REDE	
Paulo Sérgio Zanin Júnior	
Lina Paola Garcés Negrete	
Gelson Antônio Andrêa Brigatto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6882007073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>43</b>
COMPLEXIDADES DA OPERAÇÃO DO SIN E SEUS IMPACTOS NO PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO	
Vinicius Ragazi David	
Daniela Souza	
Leonardo Calabró	
João Carlos Mello	
Xisto Vieira Filho	
Edmundo P. Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6882007074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>61</b>
ESTRATÉGIAS DE O&M UTILIZADAS NA GESTÃO DE DESEMPENHO DOS PARQUES EÓLICAS, EM TEMPO REAL, PÓS OPERAÇÃO E ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO NO CURTO E MÉDIO PRAZO, MOSTRANDO OS RESULTADOS OBTIDOS COM A UTILIZAÇÃO DE BIGDATA, BUSINESS INTELLIGENCE E MACHINE LEARNING	
Flávio Martins ribeiro	
Marcus Antonius Queiroz da Cunha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6882007075</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>72</b>
IMPACT OF HOURLY PRICES ON FUTURE WIND FARM CONTRACTS IN BRAZIL	
João Carlos De Oliveira Mello	
Cláudio Ferreira	
Lucas Soares	
André Castro	
Daniela Souza	
Evelina Neves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6882007076</b>	



<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>83</b>
DESAFIOS ENCONTRADOS NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NO COMPLEXO TERMELÉTRICO JORGE LACERDA	
Liliana Dutra dos Santos	
Rofferson Rosa Izidoro	
Daniel José Schmitz de Aguiar	
Fábio Silveira Costa	
Juceli Locks Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6882007077</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>96</b>
AVALIAÇÃO DE ESFORÇOS DINÂMICOS EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DE PARÂMETROS ENVOLVIDOS NO CÁLCULO PARA ESTRUTURAS DE SUBESTAÇÕES	
Rafael Faria da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6882007078</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>108</b>
ESTUDO E SIMULAÇÃO DE PROTEÇÃO DE ZONA MORTA EM SUBESTAÇÃO DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
Rodrigo Niederauer da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6882007079</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>121</b>
ELETROENCEFALÓGRAFO DE BAIXO CUSTO: CONCEITOS E PROJETO	
Vitor Nestro Rauffmann	
Pedro Bertemes Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68820070710</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>135</b>
FONTES DE CORRENTE EM TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA MULTIFREQUENCIAL: ESTADO DA ARTE	
Lucas Cordeiro Butzke	
Pedro Bertemes Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68820070711</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>148</b>
TEORIA E ESTUDOS DE APLICAÇÕES DA TRANSFORMADA FRACIONAL DE FOURIER	
Leonardo Audalio Ferreira do Nascimento	
Adailton Braga Júnior	
Beatriz Cristina Reis Cordeiro	
Marcelo Luiz de Carvalho Ribeiro	
Pierre Teixeira Rodrigues	
Petrus Luiz Luna Pequeno	
Antônio Carlos Duarte Ricciotti	
Viviane Barrozo da Silva Duarte Ricciotti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68820070712</b>	

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>166</b>
RELÉ INTELIGENTE BASEADO NA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA DE 4 VALORES MULTIFUNCIONAL - RI LPA4V	
<a href="#">Viviane Barrozo da Silva</a> <a href="#">Ghendy Cardoso Júnior</a> <a href="#">Antonio Carlos Duarte Ricciotti</a> <a href="#">Pierre Teixeira Rodrigues</a> <a href="#">Marcelo Luiz De Carvalho Ribeiro</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68820070713</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>179</b>
OPEN SOURCE MODULAR DIDACTIC PLATFORM FOR POWER ELECTRONICS TEACHING	
<a href="#">Lucas Koleff</a> <a href="#">Gustavo Soares Valentim</a> <a href="#">Luciana da Costa Marques</a> <a href="#">Victor Praxedes Rael</a> <a href="#">Adrian D'Lucas Cardoso Gonçalves</a> <a href="#">Wilson Komatsu</a> <a href="#">Lourenço Matakas Junior</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68820070714</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>204</b>
AUTOMAÇÃO DA CABINE DE LIMPEZA DE IMPRESSÃO 3D BINDER JETTING	
<a href="#">João Batista Machado Silva</a> <a href="#">Leonardo Bevilaqua dos Santos</a> <a href="#">Lucas Leandro Gomes</a> <a href="#">Mariana Silva do Nascimento Gonçalves</a> <a href="#">Vinícius de Moares Barboza</a> <a href="#">Rogério Luis Spagnolo da Silva</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68820070715</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>218</b>
USO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA OBTENÇÃO DE UM SENSOR AR/COMBUSTÍVEL VIRTUAL APLICADO A UM MOTOR MONOCILÍNDRICO	
<a href="#">Leonardo Faure Nardini Paschoa</a> <a href="#">Sergio Ribeiro Augusto</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68820070716</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>229</b>
INVESTIGAÇÃO DOS MÉTODOS NORMATIVOS PARA O CÁLCULO E ESTIMAÇÃO DA TEMPERATURA DO TOPO DO ÓLEO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA	
<a href="#">Daniel Carrijo Polonio Araujo</a> <a href="#">Gabriel De Souza Pereira Gomes</a> <a href="#">Mateus Batista De Moraes</a> <a href="#">Rafael Prux Fehlberg</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68820070717</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>242</b>
MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM A UTILIZAÇÃO DE MANTA TÉRMICA: ESTUDO DE CASO DE UMA INJETORA DE PEÇAS PLÁSTICAS	
<a href="#">Ivo Carlos Guarato Júnior</a> <a href="#">Lúcio Rogério Júnior</a> <a href="#">Antônio Manoel Batista da Silva</a> <a href="#">Guilherme Henrique Alves</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.68820070718</b>	



<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>254</b>
DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM SISTEMA PARA PESQUISA DE PRODUTOS DE SUPERMERCADO <a href="#">Marcelo Garcia Palma</a> DOI 10.22533/at.ed.68820070719	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>271</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>272</b>

## DESAFIOS ENCONTRADOS NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NO COMPLEXO TERMELÉTRICO JORGE LACERDA

Data de aceite: 01/06/2020

Data de submissão: 06/03/2020

### Liliana Dutra dos Santos

Diamante Geração de Energia LTDA  
Capivari de Baixo - Santa Catarina  
<http://lattes.cnpq.br/3339926834131652>

### Rofferson Rosa Izidoro

Diamante Geração de Energia LTDA  
Capivari de Baixo - Santa Catarina

### Daniel José Schmitz de Aguiar

Diamante Geração de Energia LTDA  
Capivari de Baixo - Santa Catarina

### Fábio Silveira Costa

Diamante Geração de Energia LTDA  
Capivari de Baixo - Santa Catarina

### Juceli Locks Junior

Diamante Geração de Energia LTDA  
Capivari de Baixo - Santa Catarina

**RESUMO:** A Usina Termelétrica Lacerda C (UTLC) gera energia elétrica a partir da queima de carvão da região sul de Santa Catarina, o qual possui alto teor de enxofre e cinzas. Os gases de exaustão saem por uma chaminé de concreto armado de 200 m de altura e aproximadamente 6,4 m de diâmetro de topo. Neste artigo serão apresentadas as etapas da implantação de um

sistema completo de monitoramento contínuo de emissões instalado na chaminé da UTLC, incluindo todos os desafios enfrentados desde a seleção da melhor tecnologia até a obtenção dos primeiros resultados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Emissões, Monitoramento, Contínuo, Termelétrica, Carvão.

### CHALLENGES IN THE IMPLEMENTATION OF A CONTINUOUS EMISSIONS MONITORING SYSTEM IN THE JORGE LACERDA THERMAL POWER STATION

**ABSTRACT:** The Lacerda C Thermal Power Plant (UTLC) burns coal from the southern region of Santa Catarina, which has a high content of sulfur and ash. The flue-gas stack made of reinforced concrete is 200 m high and approximately 6.4 m in top diameter. In this article, the stages of the implementation of a complete continuous emission monitoring system installed in the UTLC chimney will be presented, including all the challenges faced since the selection of the best technology to the first results obtained.

**KEYWORDS:** Emissions, Monitoring, Continuous, Powerplant, Coal.



## 1 | INTRODUÇÃO

As emissões atmosféricas representam um dos maiores aspectos ambientais de uma usina termelétrica, especialmente quando o combustível utilizado é o carvão mineral, como no caso do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda (CTJL). A queima do carvão resulta na emissão de diferentes efluentes gasosos, sendo os principais o material particulado e os óxidos de enxofre e nitrogênio (NOx e SOx). O monitoramento destes poluentes é fundamental para adoção de medidas de controle, cumprimento de condicionantes ambientais e avaliação do impacto das atividades das usinas na qualidade do ar da região.

O monitoramento das emissões de processos de combustão em termelétricas é realizado principalmente através de medições pontuais nos gases de exaustão. Apesar do histórico de resultados servir como base para avaliação, este tipo de medição representa apenas uma fotografia do momento, dificultando o controle no processo produtivo em tempo real.

A primeira usina do CTJL a receber um sistema completo de monitoramento contínuo de emissões atmosféricas (CEMS) foi a Usina Termelétrica Lacerda C (UTLC), a qual possui capacidade instalada de 363 MW. O projeto contemplou o monitoramento de vazão, temperatura, pressão, teor de oxigênio e as concentrações de NOx, SO<sub>2</sub>, CO e material particulado. Os dados serão transmitidos em tempo real para o órgão ambiental.

As características únicas desta usina tornaram o projeto complexo e cheio de desafios. Neste artigo serão apresentadas as etapas da implantação do sistema, incluindo a escolha da melhor tecnologia, peculiaridades do processo de instalação e primeiros resultados. O orçamento para implantação do projeto foi liberado em 2017 e a instalação foi concluída em 2018. Não serão abordados detalhes comerciais do projeto e detalhes que pertençam à propriedade intelectual do fornecedor.

## 2 | IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

A implantação do projeto contemplou desde a fase de estudo do sistema até a seleção do fornecedor, aprovação do projeto, instalação e comissionamento.

### 2.1 Descrição do Empreendimento

A UTLC faz parte do CTJL, localizado no sul de Santa Catarina, no centro da cidade de Capivari de Baixo. A região de influência do CTJL inclui a cidade onde está inserido, a qual possui pouco mais de 24 mil habitantes, e a cidade vizinha, Tubarão, com população aproximada de 105 mil habitantes.

A usina possui capacidade instalada de 363 MW e queima aproximadamente 125.000 toneladas de carvão por mês. A Licença Prévia do empreendimento foi emitida em 1989 e a operação foi iniciada apenas em 1996. Atualmente possui Licença Ambiental

de Operação (LAO) emitida pelo órgão ambiental estadual de Santa Catarina (Instituto de Meio Ambiente – IMA) em janeiro de 2018, válida até 2022.

O carvão mineral CE 4500, utilizado como fonte de energia no processo, é proveniente da bacia carbonífera do sul de Santa Catarina. Este carvão possui em média 43% de cinzas e 2% de enxofre, e sua combustão gera gases contendo SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> e alto teor de material particulado.

Os gases de exaustão da combustão na caldeira da UTLC passam por dois precipitadores eletrostáticos, com eficiência mínima de 99%, para remoção de material particulado e saem por uma chaminé de 200 m de altura. Até a implantação deste projeto, não existiam equipamentos ou sistemas de controle para as emissões de SO<sub>x</sub> e NO<sub>x</sub>. Pontos de amostragem de material particulado e gases estão localizados nos dutos de saída dos precipitadores eletrostáticos, antes da entrada dos gases na chaminé. Além das medições pontuais, estão instalados nestes locais, monitores contínuos de material particulado, conforme apresentado na Figura 1.

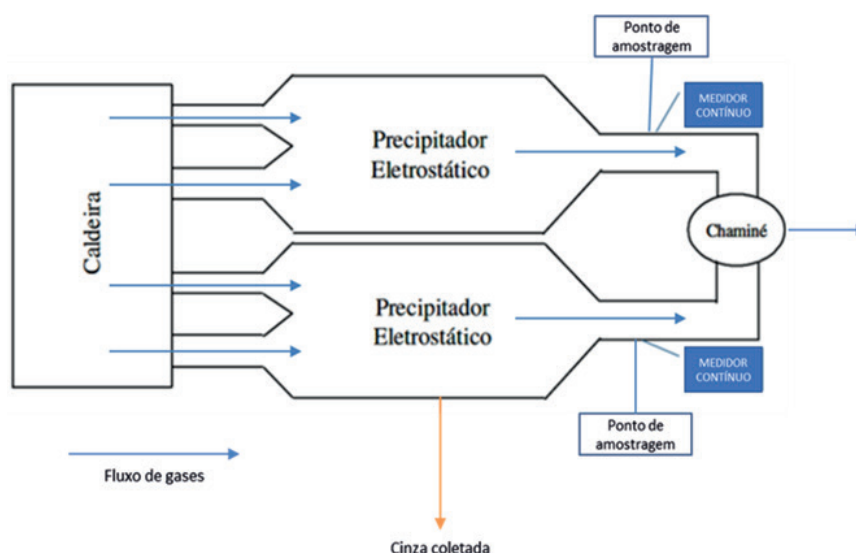


Figura 1. Fluxo de gases na UTLC e pontos de monitoramento das emissões.

## 2.2 Objetivo da implantação do sistema

A medição em tempo real das emissões, além de melhorar o monitoramento, permite maior rapidez na aplicação dos controles operacionais, quando necessário.

O CTJL possui 3 estações de qualidade do ar nas cidades de Tubarão e Capivari de Baixo, as quais monitoram partículas, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO e outros, em tempo real. Também são realizados estudos de dispersão atmosférica para avaliação da influência das usinas no ar da região. O registro de dados de emissões também em tempo real tornará estes estudos muito mais precisos.

O projeto em questão tratou da instalação de um sistema de monitoramento contínuo das emissões da UTLC contemplando as concentrações de material particulado, SO<sub>x</sub> em



termos de SO<sub>2</sub> (dióxido de enxofre), NO<sub>x</sub> em termos de NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrogênio), CO (monóxido de carbono), com medições de O<sub>2</sub> (oxigênio) para correção das concentrações, e ainda vazão, temperatura e pressão dos gases.

O monitoramento contínuo das emissões de material particulado, SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> e O<sub>2</sub> com a transmissão dos dados para o órgão ambiental atenderá as condicionantes da LAO 202/2018. O monitoramento contínuo de vazão, pressão e temperatura permitirá também o cálculo da massa de poluentes emitida.

### 2.3 Local de Instalação

A primeira decisão a ser tomada foi o local de instalação do sistema: mesmo local dos monitores de particulado já instalados, com acesso mais fácil; ou na chaminé. Para instalação nos dutos seria necessária a instalação de dois sistemas, ou então, de uma sonda para cada duto e um sistema único de análise, o qual intercalaria as amostragens entre os dois dutos. Avaliou-se neste caso, as determinações sobre monitoramento contínuo de emissões descritas no anexo XIV da Resolução Conama 436/2011, o qual exige o mínimo de 67% do tempo da operação monitorada em um ano, sendo a média diária válida quando houver monitoramento válido no mínimo 75% do tempo (BRASIL, 2011).

Tendo em vista que as seções transversais dos dutos não atendem aos critérios de medição ideal descritos pela norma CETESB L9.221/1990 (CETESB, 1990), concluiu-se que a instalação na chaminé atenderia melhor as condições de linearidade de fluxo para medição de material particulado, facilitaria a avaliação das emissões da usina (sem a necessidade de calcular a média ponderada entre os dutos) e atenderia mais facilmente os requisitos de frequência definidos pela Resolução Conama 436/2011.

### 2.4 Avaliação das Características dos Processo

O monitoramento contínuo de emissões deve ser confiável, preciso e robusto, especialmente considerando a necessidade da transmissão dos dados para os órgãos ambientais. Desta forma, foram avaliadas criteriosamente as tecnologias mais utilizadas e disponíveis no mercado.

Inicialmente, procurou-se encontrar referências na literatura, em normas internacionais, e em grandes companhias, avaliando as melhores práticas entre os sistemas apresentados. No entanto, constatou-se que não existe melhor sistema, e sim o sistema mais adequado para cada aplicação. Desta forma, foi dada atenção às características da estrutura de instalação e do processo.

A chaminé da UTLC pode ser visualizada na Figura 2, na qual é possível identificar a existência de plataforma, construída na altura de 63,35 m, com acesso através de escada marinho.

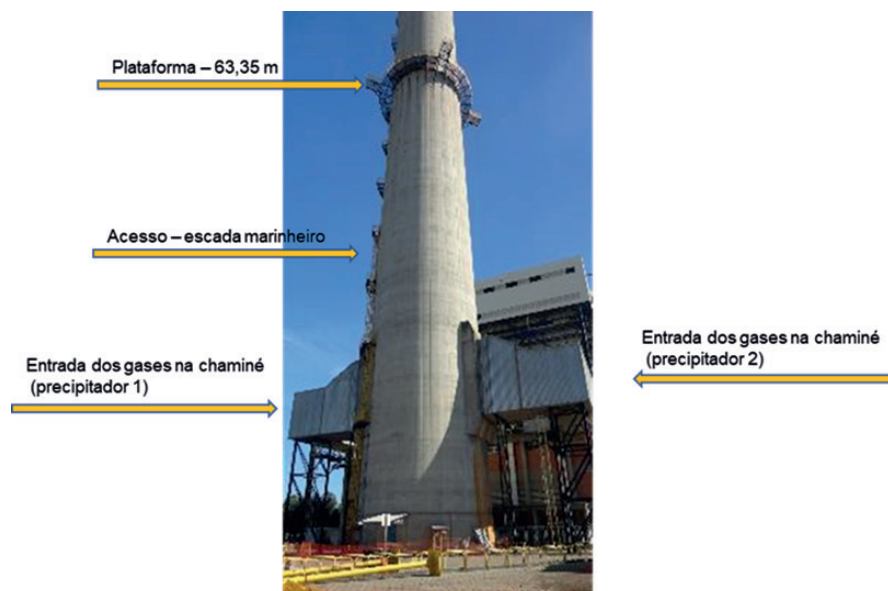


Figura 2. Chaminé da UTLC vista de baixo.

Nesta fase de estudo foram levantadas as características da chaminé, através de desenho antigo encontrado, as quais são apresentadas na Tabela 1.

<b>Altura total chaminé (m) – nível solo</b>	200,00
<b>Altura plataforma (m)</b>	63,35
<b>Diâmetro externo (m) – na altura da plataforma</b>	11,42
<b>Diâmetro interno (m) – na altura da plataforma</b>	9,96
<b>Largura plataforma (m)</b>	2,00
<b>Espessura parede (m)</b>	0,73
<b>Diâmetro superior interno (m)</b>	6,44
<b>Material construtivo</b>	concreto

Tabela 1. Características da Chaminé da UTLC.

A natureza das emissões também é fator determinante na definição da tecnologia a ser adotada e dos ranges de medição. A Tabela 2 apresenta as características das emissões da UTLC. Os valores foram calculados com base nos registros históricos obtidos a partir das medições realizadas nos pontos de amostragens apresentados na Figura 1.

Parâmetros	Mínimo	Média	Máximo	Unit
Velocidade (dutos)	14	18	20	m/s
Umidade	6	8	12	%
Vazão do gás seco	800.000	1.250.000	1.500.000	Nm <sup>3</sup> /h
Temperatura média do gás	155	162	168	°C
Concentração média de material particulado	15	150	300	mg/Nm <sup>3</sup>
Pressão (saída pptdor 1)	-9,7		-29,8	mmaq
Pressão (saída pptdor 2)	-10,1		-30,3	mmaq
O <sub>2</sub>	4	6	9	vol-%
SO <sub>x</sub> (expresso em termos de SO <sub>2</sub> )	1000	1.884	2500	ppm
NO <sub>x</sub> (expresso em termos de NO)	300	460	700	ppm
Temperatura ambiente	0	15	30	°C

Tabela 2. Características das emissões atmosféricas da UTLC.

Observa-se que nunca haviam sido realizadas medições de emissões na chaminé, apenas nos dutos, e assim foram feitas algumas inferências para o processo. Considerando a vazão de gás úmido e o diâmetro na altura da plataforma da chaminé, estimou-se uma velocidade dos gases no ponto de amostragem da chaminé entre 3 e 6 m/s considerando 8% de umidade. Também se considerou a média das concentrações de poluentes medidas nos dutos.

Além disso, foi importante considerar que as concentrações de particulado apresentadas na Tabela 2 se referem às condições normais de operação. Porém, concentrações instantâneas podem ultrapassar este valor caso ocorram falhas nos precipitadores eletrostáticos, as quais devem ser apontadas pelo medidor. Os medidores contínuos em operação nos dutos chegaram a registrar picos instantâneos de concentração maiores que 500 mg/Nm<sup>3</sup>, exigindo a prática das ações do plano de emergência pela operação da usina.

## 2.5 Escolha das Tecnologias

Ainda no intuito de escolher um sistema que atendesse todas as necessidades, foram visitadas várias empresas com sistemas de monitoramento de emissões instalados, com variadas configurações, e foi possível perceber que existem ofertas no mercado de ótimos equipamentos de medição. Ainda assim, independentemente da tecnologia e/ou fabricante, os cuidados na instalação, a manutenção e a boa assistência técnica são fundamentais para o sucesso do monitoramento. Todo esse processo de benchmarking foi fundamental para a segurança na tomada de decisão. Ganham maior peso os sistemas que já operavam com sucesso em plantas com características semelhantes ao CTJL.

As dimensões da chaminé e a dificuldade de acesso também foram consideradas. O acesso através de escada marinho na altura de 63 m exige, além de planejamento, boas condições físicas da equipe, condições climáticas adequadas e liberação pela equipe de segurança do trabalho. Desta forma, optou-se por instalar o mínimo de componentes na altura de 63 m, quando possível.



### *2.5.1 Medidores de Gases*

As principais tecnologias sugeridas para medição de gases foram os métodos extrativos por diluição e por extração total cold/dry. Os sistemas por extração total hot/wet não foram considerados por serem muito mais caros e os sistemas in situ não foram considerados pelo baixo desempenho para altas concentrações de particulado e dificuldade para calibração (MCKETTA, 1998).

Na Extração por diluição, é realizada a injeção de ar puro no momento da coleta do gás na chaminé com o objetivo de reduzir o ponto de orvalho da amostra ao ponto de orvalho do ar, evitando o uso de linhas aquecidas. Neste caso são utilizados analisadores com faixas de medição na escala de ppb (partes por bilhão) e posteriormente calculada a concentração dos poluentes considerando o fator de diluição. Estes sistemas exigem extremo cuidado com o sistema de diluição, pois qualquer contaminação pode acarretar grandes erros.

No sistema de extração total cold/dry a amostra é captada, sem diluição, através de uma sonda com um filtro para reter o material particulado e bombeada através de um traço aquecido para impedir a condensação da amostra até a entrada no sistema de análise. Ao chegar no sistema de análise a amostra é resfriada rapidamente para condensação e retirada da umidade, para que a amostra de gás seco possa entrar no analisador propriamente dito. Nesta configuração, com a amostra concentrada, é possível a utilização de multianalisadores, e não é necessária a aplicação de fatores de correção. Por outro lado, o traço aquecido é um item caro do sistema e requer muito cuidado durante a instalação e atenção na operação pois o sistema de resistência deve manter a temperatura em todo o percurso da amostra. Considerando o benchmarking realizado optou-se pelo sistema extrativo total cold/dry.

### *2.5.2 Medidores de material particulado*

A medição contínua de material particulado nas emissões das usinas do CTJL já era realizada por meio de medidores com princípio de cintilação óptica. Este tipo de medidor é composto por um transmissor e um receptor de um feixe de luz visível. Quando as partículas passam através deste feixe, causam uma variação na intensidade da luz recebida. A variação no percentual da luz recebida em relação à emitida é convertida em termos de concentração de material particulado. Existem diversas outras tecnologias disponíveis no mercado para medição de material particulado em fontes fixas, no entanto, os demais princípios de medição não se mostraram adequados ao processo da UTLC, seja pela interferência eletrostática dos precipitadores, seja pela concentração de partículas ou pelo diâmetro da chaminé. Desta forma buscou-se variações mais modernas do próprio

sistema de transmissão óptica.

### 2.5.3 Medidores de vazão

Para escolha do medidor de vazão foi considerada tecnologia adequada para o diâmetro da chaminé, a qual tivesse robustez para suportar a agressividade dos gases e menor probabilidade de entupimento pelo material particulado, evitando falhas e grande número de manutenções. Desta forma, optou-se pela medição ultrassônica.

## 2.6 Etapa de Projeto

As etapas do projeto envolveram o levantamento das informações solicitadas pelo fornecedor para determinar os ranges dos equipamentos e realizar a aquisição, elaboração dos projetos pelo fornecedor (projeto executivo, elétrico etc.), aprovação dos projetos e execução do sistema de análise durante a importação dos equipamentos (em torno de 120 dias).

Todo o sistema analítico foi montado e testado na fábrica do fornecedor. A conclusão da montagem do sistema, a chegada dos equipamentos importados e a furação da chaminé eram pré-requisitos para instalação de todos os componentes na usina. O sistema contemplou medições in situ de temperatura, pressão, vazão e concentração de material particulado, além de sonda para extração dos gases. Na base da chaminé, no nível do solo, foi projetada casa de analisadores, para acondicionamento dos analisadores de gases e demais partes do sistema. O projeto teve início em abril de 2018 e a configuração simplificada é apresentada na Figura 3.

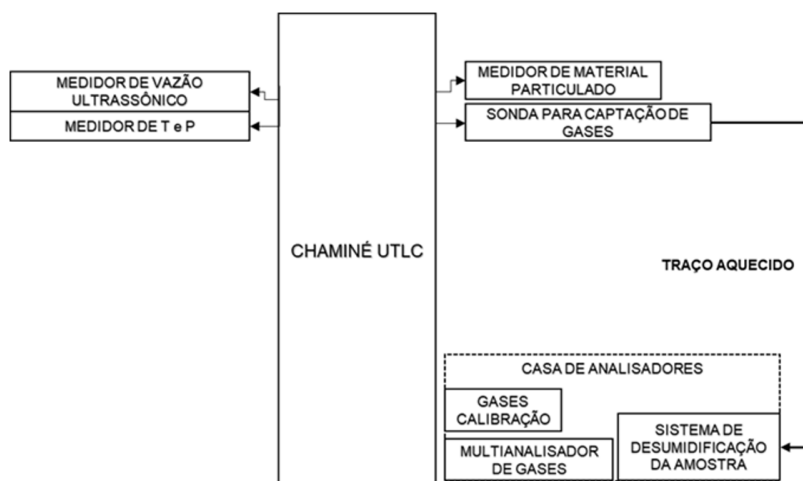


Figura 3. Configuração simplificada do sistema de monitoramento de emissões da UTLC

### 2.6.1 Dificuldades Enfrentadas

As informações relativas à chaminé haviam sido coletadas a partir de desenhos

antigos da época de construção da usina. Durante o levantamento dos dados para o fornecedor, decidiu-se conferir in loco as condições da chaminé, do acesso à plataforma, das furações já existentes para isocinética e da estrutura em si, para subsidiar inclusive a atividade de furação.

Esta inspeção revelou detalhes inesperados. Conforme descrito na Tabela 2, imaginava-se que a chaminé possuía estrutura inteira de concreto armado, com 9,96 m de diâmetro interno. Contudo, a chaminé possui parede dupla, sendo a parede externa de concreto armado, com espessura de 0,43 m, plataforma interna contornando toda a estrutura interna com largura de 1,00 m, e parede interna construída com tijolo refratário, com 0,16 m de espessura e diâmetro interno de 8,48 m. As imagens da inspeção são apresentadas na Figura 4.



Figura 4. (a). Plataforma de acesso na altura de 63 m. (b). Vão interno da chaminé com plataforma interna de 1m de largura. (c). Confirmação da espessura da parede externa. (d). Verificação dos dutos instalados para amostragem isocinética.

As diferenças encontradas na estrutura trouxeram preocupação tanto em relação às alterações necessárias no projeto, quanto em relação à furação da chaminé propriamente dita. O principal impacto sofrido foi na medição da vazão. O medidor de vazão é composto por duas partes, as quais devem ser instaladas alinhadas em um ângulo de  $45^\circ$  ou  $60^\circ$ , sendo o alinhamento perfeito crucial para uma boa medição. O equipamento não possuía comprimento suficiente para ser instalado na parede externa e ainda assim atingir a parede interna (1,6 m de distância). Cogitou-se a fabricação de uma extensão, mas isso dificultaria o alinhamento das partes e a remoção nas manutenções e limpezas periódicas. Assim, a solução seria a instalação direta na parede interna, o que trouxe dúvidas da equipe de engenharia civil quanto à integridade da estrutura. Sendo assim a solução encontrada foi soldar o bocal (conjunto flange + tubo) em uma placa e parafusar na parede de refratário da chaminé.

A instalação de equipamentos na parede interna da chaminé caracterizou a atividade como espaço confinado, sendo necessária atenção da equipe de segurança do trabalho. A equipe multidisciplinar envolvida decidiu pela contratação de empresa especializada para furação da chaminé e não se considerou necessária a parada de máquina para a



atividade.

O projeto foi reajustado e a versão final previu 8 furos na chaminé para instalação dos equipamentos, sendo 4 apenas nas paredes internas para instalação do medidor de vazão (duas partes), T e P, 3 furos alinhados nas paredes externa e interna para instalação do medidor de particulado (duas partes) e sonda para coleta de gases e mais 1 apenas na parede externa para passagem de cabos.

## 2.7 Etapa de Instalação

### 2.7.1 Furação da Chaminé

O fundamental para o sucesso da etapa de furação foi o planejamento das atividades. Os responsáveis pelo projeto primeiramente fizeram as marcações para as furações e inspecionaram o local. Assim, a empresa contratada para furação conseguiu realizar as atividades em 2 dias, sem maiores contratempos. A Figura 5 mostra as imagens da realização das atividades.



Figura 5. (a). Parede externa durante a furação. (b). Parede externa finalizando o primeiro furo. (c). Vista da parede interna depois de furada em diagonal para instalação do medidor de vazão. (d). Resíduos de concreto da furação.

### 2.7.2 Instalação dos Equipamentos

Após a furação da chaminé foi dado início à instalação do sistema de bandejamento para cabos, contemplando o traço aquecido, alimentação elétrica, alimentação de ar comprimido e demais suprimentos do sistema. Todo o serviço foi executado com atividade de alpinismo industrial, exigindo atenção redobrada nos quesitos de segurança. A Figura 6 apresenta algumas imagens da execução dos serviços.

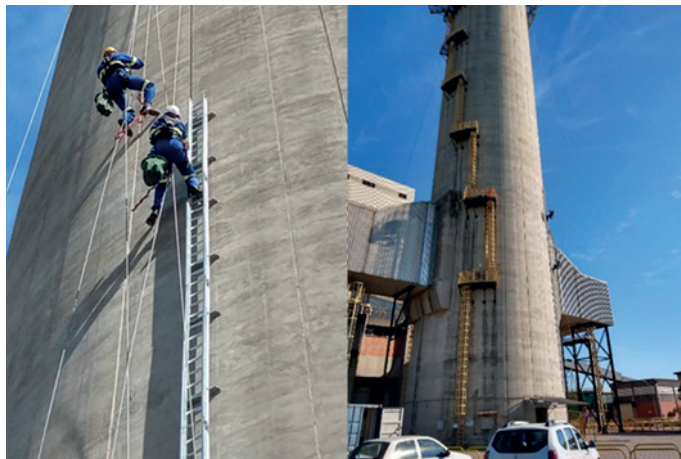


Figura 6. Alpinistas industriais realizando a instalação do sistema de bandejamento.

### *2.7.3 Dificuldades Enfrentadas*

A principal dificuldade na etapa de instalação dos equipamentos foi devida às condições climáticas que interferiram diretamente nas atividades de alpinismo. Os serviços de instalação estavam previstos para o mês de novembro e justamente neste período houve vários dias de chuva e principalmente fortes ventos no período da tarde. Muitas vezes com a previsão do vento após o meio dia, as atividades não eram liberadas no período da manhã pelo setor de segurança, pois não haveria tempo hábil para a subida dos equipamentos, realização dos serviços e descida das equipes de forma segura, antes das rajadas de vento. Esse período de incerteza exigiu muita paciência e negociação com a equipe contratada e causou atrasos no projeto.

## **2.8 Comissionamento e primeiros resultados**

No mês de dezembro de 2018 foi concluída a instalação dos equipamentos, realizadas as calibrações dos medidores de gases e realizadas as amostragens isocinéticas para calibração de material particulado. A Figura 7 mostra o painel localizado na casa de analisadores com os registros de dados instantâneos das concentrações dos parâmetros, os quais são armazenados em um datalogger, permitindo a elaboração de gráficos e relatórios. Também é possível visualizar um exemplo de gráfico com as concentrações dos parâmetros medidos.

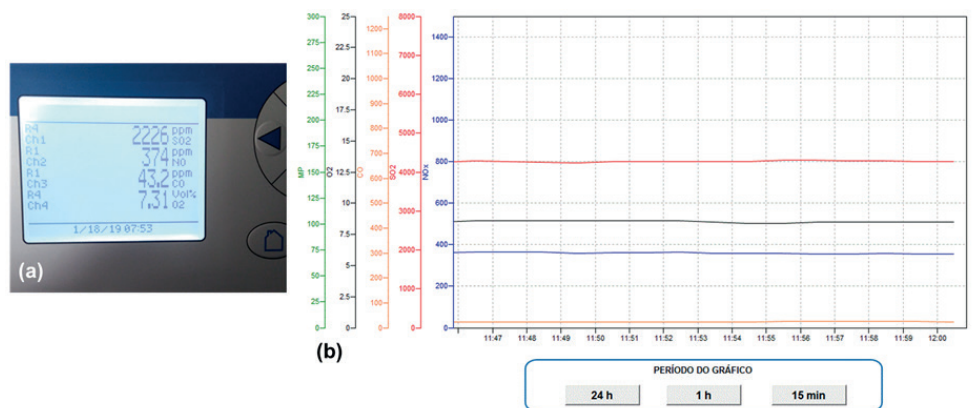


Figura 7. (a). Painel mostrando as concentrações dos parâmetros medidos em ppm e %vol. (b). Gráficos apresentando as concentrações em mg/Nm<sup>3</sup>.

Os primeiros resultados têm se apresentado dentro da ordem de grandeza esperada pelo histórico registrado na unidade. O sistema está sendo avaliado no primeiro semestre de 2019 para posterior interligação dos dados com o órgão ambiental. Pretende-se utilizar os dados de emissões gerados em tempo real para rodar modelos de dispersão atmosférica com maior precisão, gerando maior confiabilidade perante os órgãos ambientais e comunidades vizinhas.

### 3 | CONCLUSÃO

Durante o projeto em questão, foram realizadas pesquisas de mercado e visitas técnicas em diferentes empresas, sendo avaliados diferentes sistemas de monitoramento de emissões atmosféricas. Constatou-se que não existe um único e melhor sistema, e sim sistemas mais adequados para cada aplicação, sendo necessário, em primeiro lugar, o pleno conhecimento das características do processo produtivo (especialmente as concentrações dos poluentes e umidade), e da estrutura de instalação.

Conforme as dúvidas foram surgindo, mais profissionais foram sendo envolvidos na equipe do projeto, mostrando a necessidade de uma equipe multidisciplinar, como os profissionais da área de meio ambiente, os quais conhecem as necessidades de atendimento ambiental, da área de automação e controle, para suporte em relação aos princípios de funcionamento dos equipamentos, das áreas de elétrica e civil para avaliação e acompanhamento dos projetos e instalação, de saúde e segurança do trabalho para supervisão e liberação das atividades, e ainda da operação da usina, os quais deverão observar a influência nas emissões atmosféricas e prever os controles a serem tomados, quando necessário.

Os dados contínuos das emissões serão transmitidos aos órgãos ambientais e devem ter precisão e confiabilidade. Mesmo tendo sido escolhidos equipamentos robustos, uma das principais conclusões deste projeto foi que o bom funcionamento está



diretamente relacionado aos cuidados dedicados ao sistema. A estação deve ser verificada periodicamente, deve haver plano de calibração e manutenção preventiva e ainda assim uma boa assistência técnica será fundamental e isso deverá ser levado em consideração no processo de aquisição.

A implantação deste sistema aprimorará a qualidade do monitoramento das emissões, facilitando a adoção de medidas de controle operacionais, quando necessário. A comparação dos dados contínuos de emissões e de qualidade do ar permitirá uma melhor avaliação da contribuição da operação da usina na qualidade do ar da região em que está instalada. Espera-se a consolidação do sistema em 2019, trazendo maior confiabilidade ao processo.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA n°. 436, de 22 de dezembro de 2011. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez. 2011. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660>>. Acesso em: 14.mar.2019.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **L9.221 – Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias – Determinação dos Pontos de Amostragem: Procedimento**. São Paulo, 1990.

MCKETTA, John. J. **Encyclopedia of Chemical Processing and Design: Volume 65 -- Waste: Nuclear Reprocessing and Treatment Technologies to Wastewater Treatment: Multilateral Approach**. 1. ed. New York: Marcel Dekker, Inc., 1998.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Automação 10, 64, 94, 120, 133, 165, 204, 216, 256

### C

Compulsória 1, 12

Confiabilidade 2, 18, 43, 45, 47, 94, 95, 133, 163, 166, 167, 173, 176

### E

Eficiência energética 10, 242, 243, 244, 250, 252

Energética 10, 1, 2, 3, 8, 13, 37, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 58, 59, 242, 243, 244, 250, 252, 253

### G

Geração 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 36, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 55, 56, 57, 59, 61, 64, 67, 83, 166, 167, 168, 173, 177, 243, 256

Geração distribuída 28, 31, 42, 45, 166, 173, 177

Grau 1, 4, 5, 10, 30, 32, 65, 66, 137, 162, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 263

### I

Ilhamento 149, 150, 161, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177

Impressão 3D 10, 204, 206

Intermitência 2, 8, 15, 16, 17, 31, 40, 43, 45, 47, 49, 50

### J

Jateamento 204, 207, 212, 213, 217

### M

Manta térmica 10, 242, 244, 246, 248, 249, 250, 251, 252, 253

Máquina injetora 242, 245, 246, 251

Matriz de energia elétrica brasileira 8, 1, 2

### N

Novas fontes 2, 43, 49

## O

Oferta 1, 3, 8, 9, 10, 16, 29, 44, 45, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 57, 59, 167, 255

## P

Paraconsistente 10, 166, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 178

Pesquisa 7, 11, 6, 13, 37, 42, 44, 106, 120, 165, 204, 243, 244, 253, 254, 255, 256

Processamento 129, 130, 132, 133, 134, 137, 149, 150, 161, 163, 164, 165, 177, 243, 259, 261

Produtos 11, 44, 50, 206, 253, 254, 255, 256, 264, 265, 266

Proteção 9, 24, 29, 30, 34, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 166, 167, 172, 177, 231, 241, 242, 244, 246, 248, 250, 251, 252

Proteção térmica 242, 244, 246, 248, 250, 251, 252

## R

Rede neural 166, 169, 173, 175, 176, 219, 220, 223, 224

Regularização 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 220, 225

Relé inteligente 10, 166, 168, 169, 171, 174, 175

## S

Sazonalidade 1, 2, 5, 8, 9, 10, 29

Segurança 8, 5, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 23, 25, 26, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 59, 88, 91, 92, 93, 94, 138, 166, 167, 171, 217, 231, 246

Sinais 11, 121, 122, 123, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 137, 148, 149, 150, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 168, 169, 172, 174, 175, 214, 245

Supermercado 11, 254, 255, 256, 268

## T

Térmica 10, 1, 4, 8, 10, 11, 12, 21, 23, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 206, 230, 231, 232, 234, 242, 244, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253

Transformada de Fourier 149, 152

Transformada fracional de Fourier 9, 148, 149, 150, 157, 159, 161, 165

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**