

# A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO NA ENGENHARIA ELÉTRICA

Jancer Destro  
João Dallamuta  
Marcelo Granza  
(Organizadores)

 **Atena**  
Editora

Ano 2019

**Jancer Destro**  
**João Dallamuta**  
**Marcelo Granza**  
(Organizadores)

# A produção do Conhecimento na Engenharia Elétrica

Atena Editora  
2019

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

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

### **Conselho Editorial**

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof.<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. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
P964	A produção do conhecimento na engenharia elétrica [recurso eletrônico] / Organizadores Jancer Destro, João Dallamuta, Marcelo Granza. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-365-1 DOI 10.22533/at.ed.651192905  1. Engenharia elétrica – Pesquisa – Brasil. I. Destro, Jancer. II. Dallamuta, João. III. Granza, Marcelo.  CDD 623.3
<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

A engenharia elétrica tornou-se uma profissão há cerca de 130 anos, com o início da distribuição de eletricidade em caráter comercial e com a difusão acelerada do telégrafo em escala global no final do século XIX. Na primeira metade do século XX a difusão da telefonia e da radiodifusão além do crescimento vigoroso dos sistemas elétricos de produção, transmissão e distribuição de eletricidade, deu os contornos definitivos para a carreira de engenheiro eletricitista que na segunda metade do século, com a difusão dos semicondutores e da computação gerou variações de ênfase de formação como engenheiros eletrônicos, de telecomunicações, de controle e automação ou de computação.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica é portando pesquisar em uma gama enorme de áreas, subáreas e abordagens de uma engenharia que é onipresente em praticamente todos os campos da ciência e tecnologia.

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

Boa leitura.

Jancer Destro  
João Dallamuta  
Marcelo Granza

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	
Frank Wesley Rodrigues Joel Adelaide Medeiros Kaique Rhuan de Azevedo Albuquerque Diego Henrique da Silva Cavalcanti Rafael Pereira de Medeiros Jean Torelli Cardoso Hugo Rojas Espinoza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6511929051</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
AVALIAÇÃO ENERGÉTICA PREDIAL DO BLOCO I DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE PATOS DE MINAS	
Bruna Maria Pereira de Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6511929052</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>30</b>
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EM ESTABELECIMENTO DE ENSINO LOCALIZADO EM TERESINA-PI	
Cristiana de Sousa Leite Emerson Ribeiro Rodrigues Hericles Araújo Lima Marcus Vinicius Sampaio de Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6511929053</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>40</b>
TARIFA BINÔMIA PARA CONSUMIDORES DO GRUPO B: UMA PROPOSTA ADERENTE AO ATUAL ARCABOUÇO REGULATÓRIO BRASILEIRO	
Lorena Cardoso Borges dos Santos Cristiano Silva Silveira Rafael de Oliveira Gomes Carlos Cesar Barioni de Oliveira Denis Antonelli Jairo Eduardo de Barros Alvares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6511929054</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>52</b>
NOSTANDBY – ELIMINAÇÃO DO CONSUMO STAND BY EM APARELHOS ELETRÔNICOS	
Tiago Terto de Oliveira Marcony Esmeraldo de Melo Odailton Silva de Arruda Lucas Félix Magalhães Eveni Pereira Cosme	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6511929055</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>65</b>
RESSARCIMENTO DE DANOS ELÉTRICOS CARIMBO DO TEMPO COMO FERRAMENTA PARA MITIGAÇÃO DO RISCO DE TRANSGRESSÃO DE PRAZOS REGULADOS	
Alex Calvo Vieira Neiva Beatriz Ferreira Silva Vicentin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6511929056</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>72</b>
PROJETO DE OUVIDORIA DA DISTRIBUIÇÃO DA EDP SÃO PAULO – ANÁLISE DE DEMANDA DE MAIOR IMPACTO	
Márcia Lúcia Lopes de Souza Jesus	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6511929057</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>80</b>
SOOA – SISTEMÁTICA OTIMIZADA DE OPERAÇÃO DE ATIVOS	
Edcarlos Andrade Amorim Lorenzo Zandonade Carnielli Mikaelle Lucindo do Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6511929058</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>89</b>
SISTEMA GESTOR DE AJUSTES DE MEDIÇÕES DE FRONTEIRA – COPEL DISTRIBUIÇÃO	
Frank Toshioka	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6511929059</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>102</b>
FERRAMENTA PARA AUXILIAR EQUIPE DE CAMPO NA LOCALIZAÇÃO DE ESTRUTURAS DE LINHAS DE ALTA TENSÃO	
Mariana Spadetto Leão Helion da Silva Porcari	
<b>DOI 10.22533/at.ed.65119290510</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>111</b>
APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA PRÉ-FABRICADA EM SUBESTAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO COMPACTAS DA ELEKTRO	
José Augusto Ferraz Gabriel Vinicius Caciatore de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.65119290511</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>119</b>
EFICIÊNCIA DAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO LIMITES AOS PESOS PARA DEA E REA	
Lorena Cardoso Borges dos Santos Rafael de Oliveira Gomes Luana Medeiros Marangon Lima Anderson Rodrigo de Queiroz Giulia Oliveira Santos Medeiros José Wanderley Marangon Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.65119290512</b>	

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>133</b>
ANÁLISE E PROPAGAÇÃO DAS INCERTEZAS NA ESTIMAÇÃO DO TEMPO DE TRÂNSITO ULTRASSÔNICO BASEADO NO MÉTODO DE SIMULAÇÃO MONTE CARLO VISANDO A MEDIÇÃO DE VELOCIDADE DO VENTO	
Felipe Augusto Oliveira dos Santos Juan Moises Mauricio Villanueva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.65119290513</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>149</b>
DIVERSIDADE E INCLUSÃO: GESTÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA NO AMBIENTE DO TRABALHO	
Ana Paula Pinheiro de Azambuja Amaral Ligia Regina Pauli Regina Maria Joppert Lopes Yvy Karla Bustamante Abbade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.65119290514</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>161</b>
ROTAS INTELIGENTES - UTILIZAÇÃO DE GPS DE NAVEGAÇÃO PARA GEOLOCALIZAÇÃO DE ATIVOS E CONSUMIDORES DA ENERGISA A PARTIR DE PONTOS DE INTERESSE _POI_	
Cleyson Cloves do Carmo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.65119290515</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>164</b>
ENGAJAMENTO DE ESTUDANTES DE ESCOLAS PÚBLICAS NA ÁREA DAS GRANDES ENGENHARIAS: UMA PROPOSTA DE MOTIVAÇÃO E REDUÇÃO DA DISPARIDADE NA PRESENÇA DE ESTUDANTES DE ESCOLAS PÚBLICAS NO ENSINO SUPERIOR	
Anyelle Keila F. de Queiroz Rayanna Maria de O. Francklim Raimundo Carlos S. Freire	
<b>DOI 10.22533/at.ed.65119290516</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>174</b>



## APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA PRÉ-FABRICADA EM SUBESTAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO COMPACTAS DA ELEKTRO

**José Augusto Ferraz**

Elektro Eletricidade de Serviços S.A.  
Campinas – São Paulo

**Gabriel Vinicius Caciatore de Souza**

Elektro Eletricidade de Serviços S.A.  
Campinas – São Paulo

**RESUMO:** A busca por eficiência e investimentos cada vez mais prudentes controlados pelos órgãos reguladores, aliados a crescente escassez de terrenos para instalação de subestações de distribuição de energia elétrica, fazem com que as concessionárias do setor inovem em tecnologias que proporcionem a compactação do espaço necessário e redução no tempo das obras, sem reduzir a qualidade e confiabilidade dos empreendimentos.

Diante deste contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar a forma como a Elektro vem inovando em relação à aplicação de soluções pré-fabricadas na construção de subestações, uma vez que a aplicação dos equipamentos compactos isolados a gás (*Gas-Insulated Substation- GIS* e *Hybrid-Insulated Substation - HIS*) realizados pela companhia, apesar de representar ganho expressivo na diminuição do tamanho necessário para o terreno da instalação, não evoluiu proporcionalmente na redução do tempo de execução das obras.

A análise das técnicas de construção modular e pré-fabricadas nas subestações compactas se mostra necessária levando em consideração aspectos econômicos e regulatórios, além dos impactos e benefícios intangíveis, que vão de ganhos, desde a sala de comando das subestações, até as canaletas de cabos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Subestação de distribuição compacta; Pré-fabricados protendidos; Sala de comando pré-fabricada; Parede corta-fogo pré-fabricada.

**ABSTRACT:** The search for efficiency and increasingly prudent investments controlled by the regulatory agencies, together with the growing shortage of land for the installation of electricity distribution substations, forces the concessionaires of the sector to innovate in technologies that provide the compaction of the necessary space and reduction in the time of works, without reducing the quality and reliability of the projects.

In this context, the present work aims to present the way in which Elektro has been innovating in relation to the application of prefabricated solutions in the construction of substations, since the application of Gas-Insulated Substation (GIS) and Hybrid-Insulated Substation (HIS), although it represented a significant reduction in the size required for the installation site, did not increase proportionally in the reduction of the

execution time of the works. The analysis of the modular and prefabricated construction techniques in the compact substations is necessary, taking into account economic and regulatory aspects, as well as the intangible impacts and benefits, from the substation control room to the cable channels.

**KEYWORDS:** Compact distribution substation; Prefabricated prestressed; Prefabricated control room; Prefabricated firewall.

## 1 | INTRODUÇÃO

O setor de distribuição de energia elétrica brasileiro é caracterizado por rigoroso controle de órgãos reguladores, que prezam pela eficiência e qualidade das empresas detentoras de áreas de concessão para prestação deste serviço. No que diz respeito aos empreendimentos de subestações (SEs), sejam elas novas ou existentes, o Índice de Aproveitamento de Subestações (IAS) tem como objetivo orientar as concessionárias de energia para otimização das reservas instaladas.

Além das diretrizes reguladas, as empresas deste setor são gradativamente desafiadas no que se refere a escolhas e aquisições dos terrenos para instalação das SEs. A aceitação social, requisitos ambientais mais exigentes e redução dos terrenos disponíveis nos centros urbanos, são exemplos que podem ser citados quanto aos impactos na execução das obras.

Diante deste contexto, o artigo em questão tem como foco apresentar estudos aplicados em novas tecnologias de construção de subestações desenvolvidos pela Elektro, empresa atuante no ramo de distribuição de energia elétrica, com o objetivo de aumentar o desempenho dos processos, reduzindo o tamanho físico dos empreendimentos e o tempo de realização dos projetos. Deste modo, serão expostos resultados de ganhos obtidos a partir da adoção de técnicas de execução civil utilizando materiais pré-fabricados em vários setores das subestações de energia.

## 2 | A ELEKTRO E O MODELO DE REGULAÇÃO

A Elektro, distribuidora de energia elétrica pertencente ao grupo Neoenergia, conta com uma área de concessão de 223 cidades no estado de São Paulo e 5 cidades no Mato Grosso do Sul, totalizando mais de 2,5 milhões de clientes atendidos. Nos últimos anos, a empresa vem buscando formas inovadoras de aplicar técnicas de construção de subestações com a finalidade de reduzir o prazo dos empreendimentos e, paralelamente, garantir confiabilidade sem interferir na qualidade de fornecimento de energia elétrica.

Desde 2014, a Elektro tem aplicado a tecnologia de equipamentos isolados a Gás SF6 (GIS) no setor de 138 kV das subestações e, em 2016, foram instalados aparatos semelhantes no setor de média tensão de três subestações em sua área de concessão, perfazendo o arranjo de GIS AT e MT no mesmo projeto. Para os casos

onde são necessárias intervenções em instalações já existentes que necessitem de compactação por restrições no terreno, equipamentos híbridos (HIS) estão sendo instalados, conforme definidos na norma IEC 62271-205.

O uso das tecnologias citadas logo acima, apesar de reduzir consideravelmente o terreno necessário para construção de novas subestações, pouco auxiliam no ganho de tempo dos empreendimentos, deste modo, a equipe técnica de subestações da Elektro tem buscado formas de aperfeiçoar os processos construtivos, uma vez que as atividades civis compõem parte do caminho crítico dentro dos projetos de construção de uma nova SE. Diante deste cenário, a companhia, portanto, vem buscando soluções inovadoras em tecnologias pré-fabricadas, almejando o reconhecimento tarifário da ANEEL para o desenvolvimento de novas subestações, além da procura por maior retorno financeiro através dos custos de oportunidade.

No contexto regulatório brasileiro, as companhias do setor de distribuição trabalham com foco no IAS, que considera um horizonte de dez anos antes da incorporação do ativo à Base de Remuneração Regulatória (BRR), sendo que durante este período, as concessionárias devem otimizar suas reservas de capacidade de potência instalada. Dessa maneira, os esforços da Elektro para desenvolver subestações modulares também são justificados perante a ANEEL e permitem a realização de modelos compactos que acarretam em mais eficiência no processo, menores tempos de construção e disponibilidade para inserção de novos blocos de potência, proporcionando maior rentabilidade e menores riscos ao planejamento elétrico.

### **3 | MODELOS CONSTRUTIVOS UTILIZADOS PELA ELEKTRO EM SUBESTAÇÕES**

As subestações da Elektro são construídas em aproximadamente 9 meses e em uma área de 3600 m<sup>2</sup>. A busca contínua da companhia pelo aumento da eficiência na execução dos empreendimentos desencadeou a necessidade de inovar em soluções que possibilitassem modularizar a maneira como a concessionária executa suas obras, assim, como já dito, começaram a ser estudadas soluções pré-fabricadas.

O arranjo das instalações da concessionária é configurado de forma modular, conforme definido no estudo do IAS, onde em sua maioria contam com barra simples no setor de alta tensão (138 kV), barra principal e transferência no setor de média tensão (13,8 kV), barra dupla no setor de média tensão (13,8 kV), 02 (dois) bays de entrada de linha, 02 (dois) bays de transformadores e de 04 (quatro) a 10 (dez) bays de alimentadores. Vale ressaltar que, para os casos recentes, a companhia tem aplicado equipamento GIS tanto no setor de alta quanto de média tensão, sendo que o primeiro é instalado no pátio da SE (outdoor) e o segundo na sala de comando (indoor). A Figura 1 apresenta a planta e o corte eletromecânico típico das subestações da Elektro com a configuração citada.

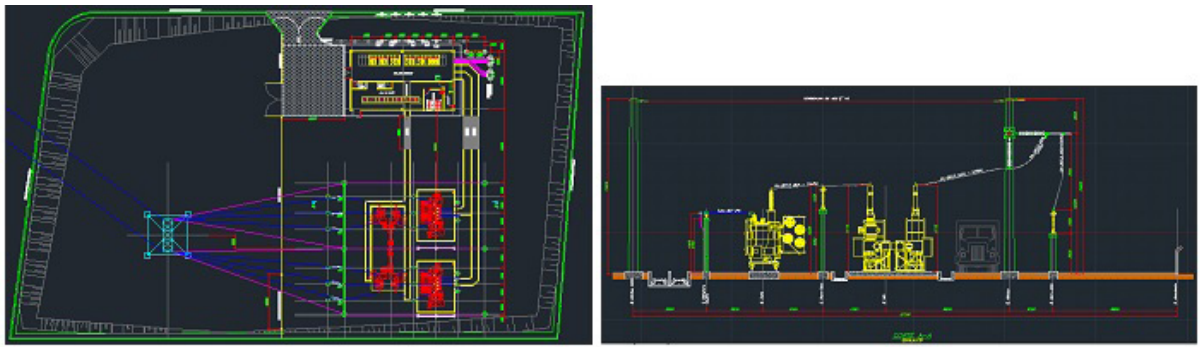


Figura 1 - Arranjo básico da subestação modular da Elektro

Levando em consideração a montagem da SE como um todo, a casa de comando representa papel fundamental devido à sua importância e tempo de construção, além de ser o item civil que emprega maior equipe em sua montagem, sendo assim, a casa de comando das subestações da Elektro foi o primeiro item de estudo para ganho de tempo e produtividade. Vale dizer que os modelos convencionais levam em média cinco meses para serem construídos e, caso ocorram atrasos em sua execução, invariavelmente o prazo do projeto é impactado diretamente, já que faz parte das atividades que compõem o caminho crítico do mesmo, sobretudo porque sua montagem é predecessora de outras importantes entregas, tais como dos painéis internos, do módulo GIS MT de saída dos alimentadores, dos bancos de baterias e retificadores, entre outros.

Diante dos desafios citados e com o apoio de empresas especialistas em pré-fabricado protendido, a companhia padronizou quatro modelos de casa de comando a serem aplicadas em subestações de 34,5 a 138 kV, conforme área de concessão da empresa. Na figura 2, disposta logo adiante, é apresentada a planta baixa e a imagem do modelo finalizado, sendo que a casa de comando ali utilizada foi, naturalmente, uma dentre as quatro padronizadas e possui compartimentos de painéis, banco de baterias, GIS de média tensão e infraestrutura.

Observou-se ganho expressivo com este novo modelo, pois a casa de comando que outrora era construída em uma média de cinco meses, passou a ser executada em período em torno de três meses, restando, no geral, apenas detalhes de acabamento que não interferem nas demais atividades. Tal otimização do tempo nessa fase do empreendimento é significativo e impacta em média 40% a quantidade de dias de obra, porém, não é o único resultado positivo que pôde ser observado. Além deste ganho, verificou-se que com a solução pré-fabricada houve também uma redução considerável nos resíduos de obra resultantes da montagem civil da casa de comando.

Abaixo, como mencionado acima, segue a figura 2 com a planta baixa e a imagem de modelo de casa de comando finalizada.

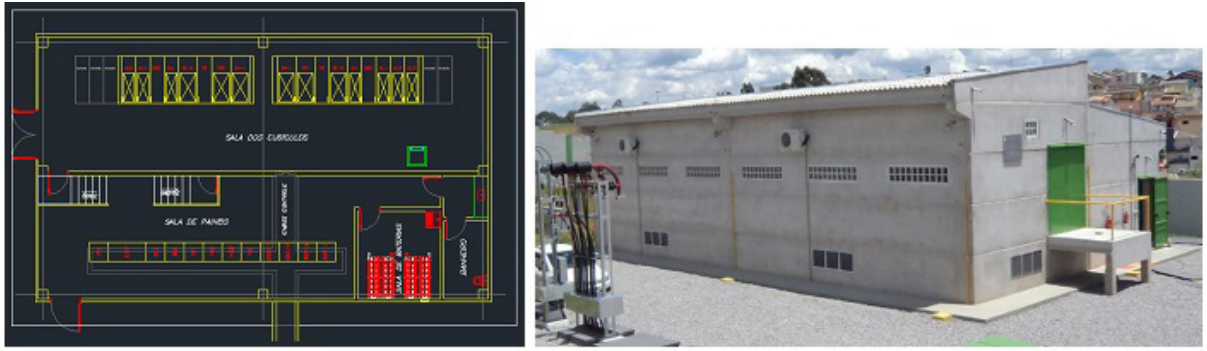


Figura 2 - Casa de comando pré-fabricada

Como o modelo da subestação apresentado possui poucos equipamentos no pátio, em paralelo ao estudo da casa de comando, passou-se a desenvolver a base dos transformadores e paredes corta-fogo de material pré-fabricado e protendido. Apesar da execução destes itens não representar um grande impacto no cronograma do projeto de uma nova SE, o interesse em executar a parede corta-fogo com agilidade se deu pela necessidade em subestações já existentes que precisavam desta regularização. Este tipo de empreendimento, que durava em média de duas a três semanas, necessitando de liberação da subestação, hoje é desenvolvido em menos de uma semana, sendo que, após a construção das fundações, a execução da parede em si é feita em apenas um dia.

Assim como no caso da casa de comando, a padronização da parede corta-fogo com os aspectos mencionados apresentou ganhos, tanto na fase de execução da obra em si quanto na elaboração e correção dos projetos.

A figura 3 apresenta projeto padrão e parede corta-fogo executada, além da base do futuro transformador montada com dormentes pré-fabricados.

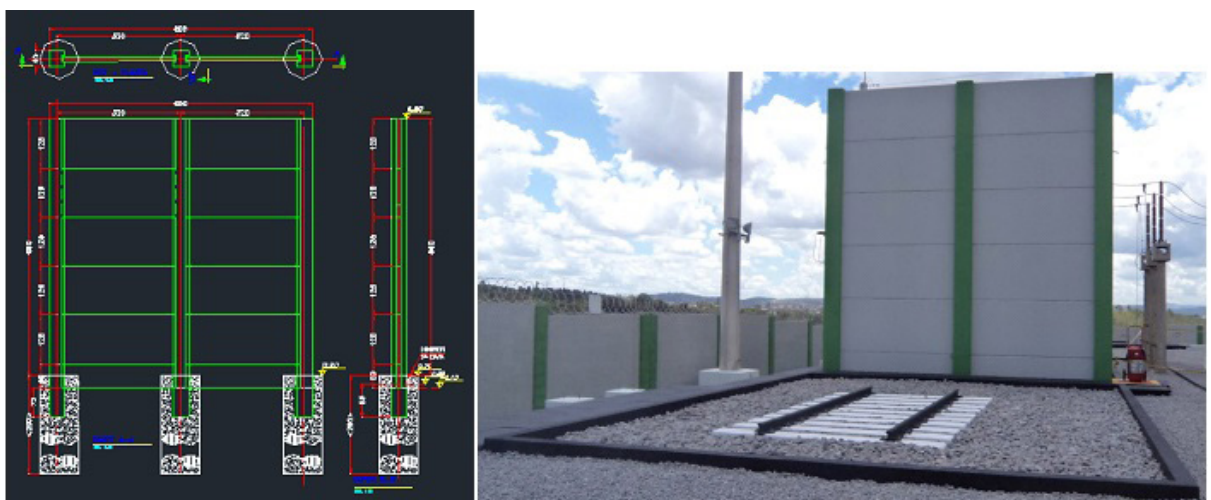


Figura 3: Base de transformador e parede corta-fogo pré-fabricados

A confecção do muro periférico e das canaletas pré-fabricadas foram realizadas em loco, em um curto prazo de tempo, sendo que esta maior agilidade possibilitou

a mobilização do canteiro e início das obras sem impactos iniciais no cronograma do empreendimento. Além disso, a bacia coletora e separadora de água e óleo foi padronizada com anéis retangulares, melhorando o aproveitamento da área e possibilitando a montagem com menor profundidade, o que reduz o risco de atingimento de lençóis freáticos. A dificuldade com solos encharcados é uma realidade da Elektro, uma vez que sua área de concessão conta com diversas cidades do litoral paulista, desta forma, quanto menor a profundidade da escavação para execução das bacias, no geral, melhor é a qualidade de procedimentos.

A figura 4 mostra o muro periférico pré-fabricado após sua montagem na subestação.



Figura 4: Muro periférico pré-fabricado aplicado na subestação

Os ganhos com a aplicação das tecnologias pré-fabricadas em subestações de distribuição são consideráveis em relação ao cronograma do empreendimento, padronização dos métodos construtivos e organização da obra com a redução de resíduos. Com isso, hoje, cerca de 80% das intervenções civis em subestações da Elektro são desenvolvidas com a tecnologia apresentada e espera-se que em pouco tempo, possivelmente em uma média de quatro anos, sejam realizadas em sua totalidade, porém, ressalta-se sobretudo que todos os esforços com estudos e desenvolvimento culminaram em subestações padrão que possibilitam a rápida execução em terrenos compactos.

Em 2018, também entrou em operação a primeira subestação da Elektro com a tecnologia de eletrocentro, a SE Eldorado 02, que possui classe de tensão de 34,5 kV e foi projetada para auxiliar no aumento de carga na região sul do estado de São Paulo, próximo à cidade de Registro. Além do eletrocentro, que abriga na totalidade os painéis e cubículos da SE, possibilitando a compactação da área necessária, a instalação conta com todas as tecnologias civis desenvolvidas e explicadas anteriormente. Como resultado, o empreendimento foi executado em apenas quatro meses.

A seguir, a figura 5 mostra a SE Eldorado 02, mencionada acima.



Figura 5: SE Eldorado 02

#### 4 | CONCLUSÕES

Inseridas em um setor que a cada dia aumenta a exigência por excelência e qualidade na prestação de serviços, as concessionárias de energia elétrica brasileira se reinventam na busca por inovações que vão de encontro com o que lhes é cobrado pelos órgãos reguladores. Diante deste contexto e da dificuldade cada vez maior em se obter terrenos para construção de novas subestações e/ou ampliação das existentes, a Elektro têm realizado diferentes estudos para compactação de suas instalações.

No que tange as subestações, a solução que tem como premissa utilizar equipamentos isolados a gás SF6 (GIS) se mostrou eficiente, tanto na operacionalidade quanto na compactação da área necessária para construção. Apesar da aplicação da tecnologia GIS na alta e média tensão apresentar ganhos expressivos, pouco retorno foi notado referente à redução do tempo de execução dos empreendimentos, portanto, diante disso, a Elektro vem se empenhando para desenvolver materiais e novas tecnologias que possibilitem alcançar tais indicadores de eficiência.

A tecnologia do pré-moldado tem apresentado resultados específicos em redução de tempo de obra, sem perder em nenhum momento a qualidade requerida pela companhia. A casa de comando padronizada pela Elektro possibilitou um ganho de aproximadamente 40% em tempo de execução, o que justifica o investimento, uma vez que tal fase representa expressiva importância e complexidade aos projetos de subestações. Somados aos demais itens já desenvolvidos com esta tecnologia, aproximadamente 80% das intervenções civis da Elektro estão sendo aplicadas com este novo conceito e espera-se que em um horizonte de cerca de quatro anos ocorra em sua totalidade, resultando em padronização e redução nos resíduos ao final das obras.

Além das novas instalações, empreendimentos em subestações existentes que necessitam de intervenções estão sendo beneficiados, devido à agilidade da execução em campo e menor exposição dos funcionários aos riscos presentes em equipamentos energizados.

Em suma, a Elektro tem investido capital financeiro e intelectual no

desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas na construção de subestações de distribuição, com o objetivo de executar obras que auxiliem o reforço e confiabilidade do sistema elétrico, sem abrir mão da excelência na execução dos empreendimentos.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 6118:2014. **Projeto de estruturas de concreto**: Procedimento.

ABNT NBR 14931:2004. **Execução de estruturas de concreto**: Procedimento.

ANEEL. **Procedimentos de Regulação Tarifária**: Módulo 2 - Revisão Tarifária Periódica de Concessionárias de Distribuição, Sub módulo 2.3 - Base de Remuneração Regulat6ri. Resolução Normativa n6 686/2015, de 23/11/2015.

CIGRE B3-20. **Evaluation of different technologies (AIS, GIS, MTS) for rated voltages of 52 kV and above**. November 2008.

CIGRE *Technical Brochure* 483. **Circuit Configuration Opticization**. June 2014.

GODOY, A.V. de; GODOY, M.V. de; SÁ, R. Del. **Estado da Arte das Subestações no Mundo e sua Inserção no Brasil**. XIX Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE, Rio de Janeiro- RJ, 2007.

IEC 61936-1. **Power Installations Exceeding 1 kV a.c. Part 1: Common rules**.

IEC 62271-205. **High-voltage switchgear and controlgear. Part 205: Compact switchgear assemblies for rated voltages above 52 kV**.

KOUTLEV, K.; PAHWA, A.; WANG,Z.; TANG, L. **Methodology And Algorithm For Ranking Substation Designer Alternatives**. *Transmission and Distribution Conference and exposition*, 2003. IEEE PES, Volume 2, *September* 2003.



## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Jancer Destro:** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro Eletricista com ênfase em Eletrônica e Telecomunicações pelo INATEL Mestre em Engenharia Industrial pela UNESP Campus de Bauru. Doutorando em Energia Aplicada a Agricultura pela UNESP Campus de Botucatu Coordenador do curso de especialização em engenharia de segurança do trabalho na UTFPR Campus de Cornélio Procópio. Trabalha com temas: Sistema de Telecomunicações, Segurança do trabalho e Energia Solar.

**João Dallamuta:** Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Trabalha com Gestão da Inovação, Empreendedorismo e Inteligência de Mercado.

**Marcelo Henrique Granza:** Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro Eletrônico. Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná e Doutorando em Engenharia Elétrica. Trabalha com os temas: conversores estáticos com alto fator de potência, acionamento e controle de motores e geradores elétricos de indução.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-365-1



9 788572 473651