



Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global

Ingrid Winkler
Lilian Lefol Nani Guarieiro
Josiane Dantas Viana Barbosa
Alex Álisson Bandeira Santos
Jeancarlo Pereira dos Anjos
Keize Katiane dos Santos Amparo
Ilan Sousa Figueiredo
(Organizadores)

Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global

Atena Editora
2019

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Conselho Técnico Científico

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	Ciência, tecnologia e inovação [recurso eletrônico] : desafio para um mundo global / Organizadores Ingrid Winkler... [et al.]. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciência, Tecnologia e Inovação. Desafio para um Mundo Global; v. 1) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia. ISBN 978-85-7247-501-3 DOI 10.22533/at.ed.013192907 1. Ciência – Brasil. 2. Inovação. 3. Tecnologia. I. Winkler, Ingrid. II. Guarieiro, Lilian Lefol Nani. III. Barbosa, Josiane Dantas Viana. IV. Santos, Alex Álisson Bandeira. V. Anjos, Jeancarlo Pereira dos. VI. Amparo, Keize Katiane dos Santos. VII. Figueiredo, Ilan Sousa. VIII. Série. CDD 506
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

O livro *Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global* é uma coletânea de trabalhos apresentados no IV International Symposium on Innovation and Technology (SIINTEC) e VIII Research and Innovation Workshop (PTI), eventos realizados entre os dias 24 a 26 de Outubro de 2018 no Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador – BA.

O Workshop PTI é um evento promovido desde 2011 pelo SENAI CIMATEC, com apoio do Departamento Nacional (SENAI DN) e tem o objetivo de contribuir significativamente para o desenvolvimento científico e tecnológico do país, buscando a participação massiva da academia e da indústria, envolvida em pesquisa e desenvolvimento, e o fomento da mudança cultural, a favor do espírito empreendedor, que deve ser promovido e cultivado desde cedo e ser um dos motores da inovação. Na sua oitava edição, o PTI aconteceu concomitantemente com o IV SIINTEC buscando inovar e ampliar a divulgação científica a um nível internacional e enriquecer os debates sobre o tema do evento.

O evento foi patrocinado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pelo Departamento Nacional do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI/ DN) e gerou a oportunidade de discussão sobre os principais temas relativos às inovações tecnológicas como base para atendimento dos desafios para uma sustentabilidade global, trazendo à tona a realidade, as dificuldades e os bem sucedidos exemplos de integração do trinômio, Tecnologia, Produto e Mercado, principalmente no âmbito das empresas iniciantes de base tecnológica em prol da sustentabilidade.

No VIII PTI e IV SIINTEC foram realizadas palestras, painéis de discussão sobre o tema central do evento e apresentação dos artigos completos aceitos para publicação no anuário do evento, na forma oral e de pôster. Neste contexto, alguns trabalhos apresentados merecem destaque e foram selecionados para serem publicados como capítulos para compor este livro de coletâneas.

Desta forma, esta obra pretende apresentar os desafios da Ciência, Tecnologia e Inovação para um mundo global, promovendo debates e análises acerca de várias questões relevantes, por meio de seus 21 capítulos, divididos em três eixos fundamentais: Revisões de Literatura, Análises de Cases de Inovação e Estudos preliminares e comparativos em diversos domínios de aplicação.

O primeiro eixo aborda estudos sobre Revisões de Literatura em diversas áreas de conhecimento relevantes para a compreensão do tema, tais como: Logística Reversa na Gestão das Cadeias de Suprimento Sustentáveis, Conectividade Veicular, Metodologias de Comissionamento para Implantação de Novo Processo em uma Planta Industrial, Realidade Aumentada na Indústria, Monitoramento de Frotas, Classificação Automática de Eletrocardiograma (ECG), Geração de Energia Eólica e Produção de Biosurfactantes no Refino do Processamento de Oleaginosas.

No segundo eixo, o foco foi dado à análise de diversos casos de inovação na perspectiva teórica neoschumpeteriana, em contextos distintos, como uma indústria química, uma startup na área de biotecnologia, uma spin-off do setor energético e uma empresa da indústria de compressores.

Finalmente, no terceiro eixo, foram abordados temas relacionados à análise de diversos experimentos, tais como: comparações de sobretensões atmosféricas e de desempenho de aterramento em torres de transmissão, reuso de efluente na indústria têxtil, utilização de jatos contínuos de ar para arrasto de partículas depositadas em módulo fotovoltaico através de fluidodinâmica computacional, tratamento biológico de efluente empregando bioaumentador, a influência de fatores geométricos de peça e ferramenta sobre a precisão de trajetórias de ferramenta para microfresamento e desempenho de misturas diesel com diferentes teores de biodiesel de OGR.

Nesse sentido, esta obra constitui-se como uma coletânea de excelentes trabalhos, na forma de experimentos e vivências de seus autores. Certamente os trabalhos apresentados nesta obra são de grande relevância para o meio acadêmico, proporcionando ao leitor textos científicos que permitem análises e discussões sobre assuntos pertinentes para compreensão dos desafios atuais da Ciência, Tecnologia e Inovação para um mundo global.

Os nossos agradecimentos a cada leitor pela contribuição com esta obra. Aos leitores, desejamos uma leitura proveitosa e repleta de novas reflexões significativas sobre o tema.

Ingrid Winkler
Lilian Lefol Nani Guarieiro

SUMÁRIO

REVISÕES DE LITERATURA

CAPÍTULO 1	1
PRODUÇÃO DE BIOSURFACTANTES UTILIZANDO COMO SUBSTRATO RESÍDUOS DO REFINO DO PROCESSAMENTO DE OLEAGINOSAS – UMA REVISÃO	
Márcio Costa Pinto da Silva Edna dos Santos Almeida Érika Durão Vieira Itana Rodrigues Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.0131929071	
CAPÍTULO 2	9
CONECTIVIDADE VEICULAR PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES: UMA BREVE REVISÃO	
Marcus Vinícius Ivo da Silva Lilian Lefol Nani Guarieiro Paulo Renato Câmara da Silva Rafael Barbosa Mendes	
DOI 10.22533/at.ed.0131929072	
CAPÍTULO 3	17
LOGÍSTICA REVERSA COMO INSTRUMENTO DA GESTÃO DAS CADEIAS DE SUPRIMENTO SUSTENTÁVEIS – REVENDO A LITERATURA	
Clara Barretto Handro Francisco Uchoa Passos	
DOI 10.22533/at.ed.0131929073	
CAPÍTULO 4	24
METODOLOGIAS DE COMISSONAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DE NOVO PROCESSO EM UMA PLANTA INDUSTRIAL: UMA BREVE REVISÃO	
Valmir da Cruz de Souza Lílian Lefol Nani Guarieiro	
DOI 10.22533/at.ed.0131929074	
CAPÍTULO 5	31
REALIDADE AUMENTADA E APRENDIZADO DE MAQUINA PARA TRACKING NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: UMA REVISÃO DA LITERATURA	
Rosalvo Matos Neto Liz Azevedo Ingrid Winkler Valter de Senna	
DOI 10.22533/at.ed.0131929075	
CAPÍTULO 6	39
REALIDADE AUMENTADA E EFICIÊNCIA NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	
Camila Santana Rossi Alex Álisson Bandeira Santos Ingrid Winkler Marinilda Lima Souza	
DOI 10.22533/at.ed.0131929076	

CAPÍTULO 7 47

TECNOLOGIA DE *LOW POWER WIDE AREA NETWORK* (LPWAN) PARA MONITORAMENTO DE FROTAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Paulo Renato Câmara da Silva
Herman Augusto Lepikson
Marcus Vinícius Ivo da Silva
Rafael Barbosa Mendes

DOI 10.22533/at.ed.0131929077

CAPÍTULO 8 55

UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE TÉCNICAS PARA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE ELETROCARDIOGRAMA (ECG)

Jandson Santos Nunes
Valter de Senna

DOI 10.22533/at.ed.0131929078

CAPÍTULO 9 61

ASPECTOS DO GERENCIAMENTO DA ETAPA DE ENCERRAMENTO DO CONTRATO DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL, COM ENFOQUE NA BAHIA

Lívia Fernanda Tavares Ornellas
Luzia Aparecida Tofaneli
Alex Álisson Bandeira Santos

DOI 10.22533/at.ed.0131929079

ANÁLISES DE CASES DE INOVAÇÃO

CAPÍTULO 10 69

ESTUDO DE CASO: INOVAÇÃO PARA DIVERSIFICAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA À LUZ DA ABORDAGEM NEOSCHUMPETERIANA

Alfredo Ruben Corniali
Lara Machado Nelli
Mariana Inah de Almeida
Ingrid Winkler
Renelson Sampaio

DOI 10.22533/at.ed.01319290711

CAPÍTULO 11 79

O CASE SUNEW ANALISADO NA ÓTICA NEO- SCHUMPETERIANA

Clara Barretto Handro
Lívia Fernanda Tavares Ornellas
Marcio Costa Pinto da Silva
Ingrid Winkler
Renelson Sampaio

DOI 10.22533/at.ed.01319290711

CAPÍTULO 12 87

O CASO DA NEOVECH – BIOTECNOLOGIA: PLATAFORMA PARA INOVAÇÕES EM DIFERENTES SEGMENTOS, UMA ANÁLISE SOB A ABORDAGEM NEO-SCHUMPETERIANA

Gabriela Chaves Valente

Taís Costa Lima

Silmar Batista Nunes

Ingrid Winkler

Renelson Sampaio

DOI 10.22533/at.ed.01319290712

CAPÍTULO 13 95

O CASE WISEMOTION SOB A ÓTICA NEOSCHUMPETERIANA

Antônio Rimaci Miguel Junior

Valmir da Cruz de Souza

Caroline C. Fernandes da Costa

Ingrid Winkler

Renelson Ribeiro Sampaio

DOI 10.22533/at.ed.01319290713

CAPÍTULO 14 103

UMA ANÁLISE DO CASE CLIEVER NA PERSPECTIVA SCHUMPETERIANA

Pedro Martins de Oliveira

Luciano Moura Costa Doria

Almir Filho

Renelson Ribeiro Sampaio

Ingrid Winkler

DOI 10.22533/at.ed.01319290714

ESTUDOS PRELIMINARES E COMPARATIVOS EM DIVERSOS DOMÍNIOS DE APLICAÇÃO

CAPÍTULO 15 111

ESTUDO COMPARATIVO DE SOBRETENSÕES ATMOSFÉRICAS EM DIFERENTES MODELOS DE TORRES DE TRANSMISSÃO

Raniere Varon Fernandes Mimoso

Guilherme Saldanha Kroetz

Daniel Travassos Afonso Bomfim

Frederico Ramos Cesário

DOI 10.22533/at.ed.01319290715

CAPÍTULO 16 120

ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE ATERRAMENTO EM TORRES DE TRANSMISSÃO

Daniel Travassos Afonso Bomfim

Guilherme Saldanha Kroetz

Raniere Varon Fernandes Mimoso

Frederico Ramos Cesário

DOI 10.22533/at.ed.01319290716

CAPÍTULO 17	128
ESTUDO DE PROCESSOS DE REUSO DE EFLUENTE EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL	
Clara Rodrigues Pereira Lílian Lefol Nani Guarieiro	
DOI 10.22533/at.ed.01319290717	
CAPÍTULO 18	136
ESTUDO PRELIMINAR DA UTILIZAÇÃO DE JATOS CONTÍNUOS DE AR PARA ARRASTO DE PARTÍCULAS DEPOSITADAS EM UMA FV ATRAVÉS DE FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL	
Pedro Freire de Carvalho Paes Cardoso Turan Dias Oliveira Paulo Roberto Freitas Neves Juliana de Oliveira Cordeiro Luzia Aparecida Tofaneli Alex Álisson Bandeira Santos	
DOI 10.22533/at.ed.01319290718	
CAPÍTULO 19	144
TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTE EMPREGANDO BIOAUMENTADOR	
Stephanie de Melo Santana Edna dos Santos Almeida Michelle Cruz Costa Calhau	
DOI 10.22533/at.ed.01319290719	
CAPÍTULO 20	151
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE FATORES GEOMÉTRICOS DE PEÇA E FERRAMENTA SOBRE A PRECISÃO DE TRAJETÓRIAS DE FERRAMENTA PARA MICROFRESAMENTO	
Marcus Vinícius Pascoal Ramos Guilherme Oliveira de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.01319290720	
CAPÍTULO 21	160
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE MISTURAS DIESEL COM DIFERENTES TEORES DE BIODIESEL DE OGR	
Arx Henrique Pedreira Reis Bastos Keize Katiane dos Santos Amparo Egídio Teixeira de Almeida Guerreiro Maurício Lerina Bonifati Elliete Costa Alves Guilherme Cunha Martins Alex Brasil Caio Henrique Alves Maciel Rodrigo Alberto Moreira Gomes Lílian Lefol Nani Guarieiro	
DOI 10.22533/at.ed.01319290721	
SOBRE OS ORGANIZADORES	168

ESTUDO COMPARATIVO DE SOBRETENSÕES ATMOSFÉRICAS EM DIFERENTES MODELOS DE TORRES DE TRANSMISSÃO

Raniere Varon Fernandes Mimoso

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Guilherme Saldanha Kroetz

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Daniel Travassos Afonso Bomfim

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Frederico Ramos Cesário

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

RESUMO: Este trabalho apresenta um estudo comparativo das sobretensões atmosféricas em diferentes modelos de torres de transmissão através do programa ATP. Foram implementados três modelos de torres: o modelo geométrico simples tronco de cone e os modelos de múltiplos estágios sem perdas e de Ishii. Verificou-se que, o modelo geométrico simples apresentou um valor de sobretensão muito elevado em comparação com os demais modelos, e que o modelo de Ishii, apesar de ter sido desenvolvido com base em experimentos em uma torre de 62,8m e 500kV, obteve ótimos resultados para uma torre de 25,1m e 138kV.

PALAVRAS-CHAVES: ATP; Descargas Atmosféricas; Torre de Transmissão; Modelo de

Ishii.

COMPARATIVE STUDY OF LIGHTNING OVERVOLTAGES IN DIFFERENT MODELS OF TRANSMISSION TOWERS

ABSTRACT: This paper presents a comparative study of lightning overvoltages in different models of transmission towers through the ATP program. Three tower models were implemented: the cone trunk geometric model, the no-loss model and the Ishii model. The results have shown that the geometric model presented a very high overvoltage value when compared to the other models, and that the Ishii model, although it was developed based on experiments in a tower of 62,8m and 500kV, obtained excellent results for the tower under analysis of 25,1m and 138kV.

KEYWORDS: ATP; Lightning Surge; Transmission Tower; Ishii Model.

1 | INTRODUÇÃO

O desempenho de linhas de transmissão frente a surtos atmosféricos é de grande interesse por parte das concessionárias de transmissão de energia elétrica, tendo em vista a possível interrupção no fornecimento de energia às diversas cargas conectadas às

linhas, em especial às indústrias. Deste modo, os modelos da torre de transmissão em simulações computacionais devem ser o mais próximo possível da realidade. Estima-se que entre 40 a 70% dos desligamentos de linhas de transmissão são provocados por um fenômeno conhecido como backflashover [1], que ocorre quando a rigidez dielétrica do ar, na incidência de uma descarga atmosférica, é rompida, gerando um arco elétrico entre a torre e a fase. O correto dimensionamento da torre de transmissão e do aterramento reduzem as sobretensões nas cadeias de isoladores, reduzindo assim, a incidência do backflashover.

A impedância de uma torre de transmissão vista como um condutor vertical foi estudada por meio de abordagens experimentais [2,3], por meio da teoria de circuitos [4], e pela abordagem eletromagnética [5,6]. A impedância de surto da torre depende da geometria da mesma e da forma e tempo de frente da corrente injetada. Neste trabalho, diferentes modelos de torre de transmissão foram analisados: o modelo aproximado por geometria simples (tronco de cones [7]); o modelo composto por linhas sem perdas [8]; e o modelo de múltiplos níveis de Ishii [3]. No presente artigo é realizado um estudo comparativo das sobretensões atmosféricas em diferentes modelos de torres de transmissão por meio do programa ATP.

2 | MODELOS APLICADOS AO ESTUDO DAS SOBRETENSÕES ATMOSFÉRICAS

Nesta seção apresenta-se o programa ATP e os modelos da haste de aterramento da torre e os modelos de torres de transmissão: o modelo aproximado por geometria simples; o modelo composto por linhas sem perdas; e o modelo de múltiplos níveis de Ishii.

2.1 Programa ATP

O ATP (Alternative Transients Program) é um programa do tipo EMTP (Electromagnetic Transient Program). É o software mais utilizado entre pesquisadores, pois é robusto e confiável nos estudos de transitórios eletromagnéticos em sistemas elétricos de potência.

2.2 Modelos Aproximados por Geometria Simples

Nestes modelos, utiliza-se a teoria de campos eletromagnéticos para a obtenção das impedâncias de surto, e a torre é modelada através de formas geométricas simples, como cones, cilindros ou troncos. Foram os primeiros modelos de torre de transmissão, deste modo, são úteis para a obtenção da tensão de surto da torre (tensão no topo), pois neste modelo, a impedância de surto representa a torre por completo, sem distinção das seções referentes a cada braço da mesma. O modelo utilizado para a representação da torre foi a aproximação por troncos de cone. Este modelo pode ser observado na Figura 1-(d).

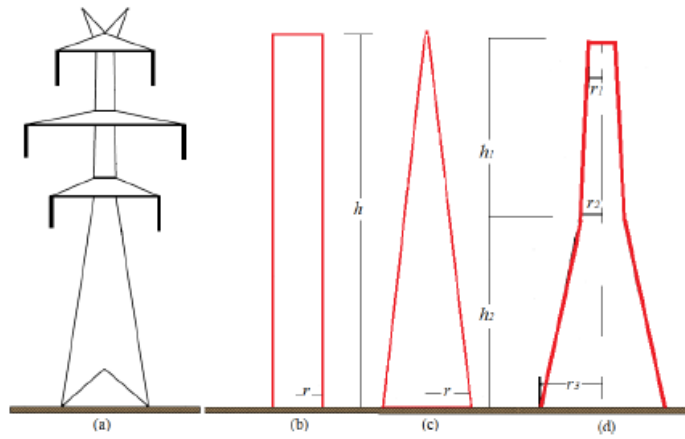


Figura 1. (a) Silhueta de uma torre de alta tensão; Aproximações (b) cilíndrica, (c) cônica e (d) por troncos de cone [7].

A equação utilizada para o cálculo da impedância de surto da torre aproximada por troncos de cone é dada por:

$$Z_T = 60 \ln \left(\cot \left(\frac{1}{2} \tan^{-1} T \right) \right) \quad (1)$$

onde T é dado por:

$$T = \frac{r_1 h_2 + r_2 (h_1 + h_2) + r_3 h_1}{(h_1 + h_2)^2} \quad (2)$$

2.3 Modelos Compostos por Linhas sem Perdas

A representação deste modelo pode ser observada através da Figura 2.

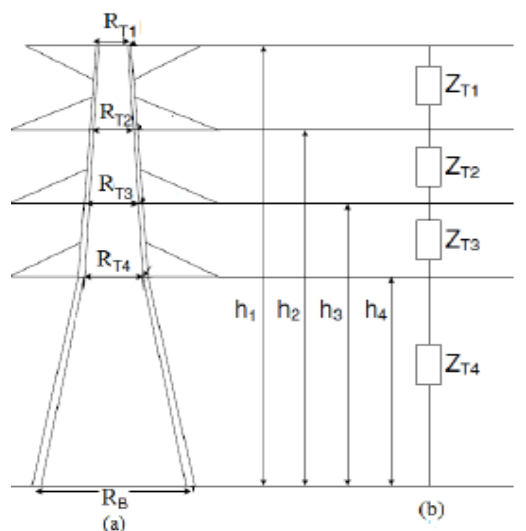


Figura 2. (a) Silhueta de uma torre de alta tensão; (b) Impedância de surto para cada trecho.

Neste modelo, a torre de transmissão é segmentada em quatro seções, cada uma representada por uma impedância de surto a parâmetros distribuídos (Figura 2). A torre de transmissão é representada por linhas curtas sem perdas, que representam as pernas, as barras inclinadas e os braços da torre. As tensões obtidas computacionalmente por [7] estão de acordo com as tensões obtidas experimentalmente, deste modo, os autores propuseram uma equação empírica para o cálculo da impedância de surto para cada seção da torre. Neste trabalho, utilizou-se os mesmos parâmetros da torre de transmissão modelada em [9].

2.4 Modelo de Torre de Múltiplos Níveis de Ishii

A torre de transmissão é representada por quatro impedâncias de surto a parâmetros distribuídos Z_i , como ilustrado na Figura 3. Para representação da distorção e atenuação da onda viajante, um circuito paralelo RL é inserido em cada seção. Os valores dos resistores e indutores são definidos através das seguintes equações:

$$R_i = \Delta R_i * x_i \quad (3)$$

$$L_i = 2\tau R_i \quad (4)$$

$$\Delta R_1 = \Delta R_2 = \Delta R_3 = \frac{2Z_{t1}}{(h - x_4)} * \ln\left(\frac{1}{\alpha_1}\right) \quad (5)$$

$$\Delta R_4 = \frac{2Z_{t2}}{h} * \ln\left(\frac{1}{\alpha_4}\right) \quad (6)$$

onde

τ - Tempo de propagação ao longo da torre $\left(\frac{h}{c}\right)$;

h - Altura da torre;

c - Velocidade de propagação da onda na torre;

$\alpha_1 = \alpha_4$ - Atenuação ao longo da torre = 0,8;

R_f - Resistência de aterramento;

Z_t - Impedância de surto.

Os valores ótimos encontrados para o modelo de torre de transmissão de Ishii foram de 220Ω e 150Ω para as impedâncias de surto Z_{t1} e Z_{t2} respectivamente. Estes valores foram obtidos empiricamente, com o objetivo de se obter os mesmos valores experimentais medidos em uma torre de transmissão de 500kV, com altura de 61,8m. Neste modelo, para diferentes alturas de torres de transmissão, as impedâncias de surto de cada trecho não se alteram, todavia, os parâmetros RL devem ser calculados sempre que a altura for alterada. Ishii considerou um valor mais alto de Z_{t1} devido ao

elevado valor da impedância de transferência na cadeia de isoladores quando o cabo-guarda está conectado à torre; e também devido à indução instantânea da tensão no cabo-guarda, o que leva a uma superestimação do efeito de acoplamento entre os cabos-guarda e os condutores fase [10].

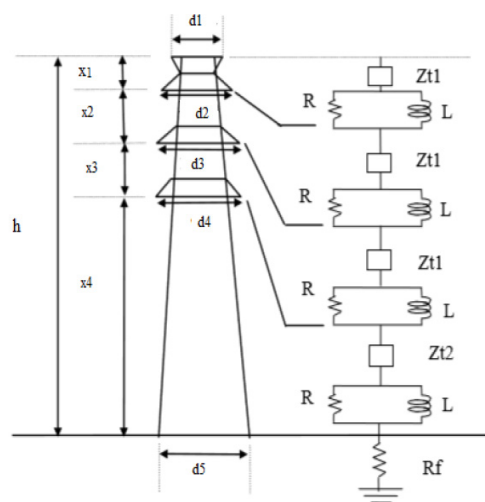


Figura 3. Modelo multinível proposto por Ishii [3].

2.5 Modelo da Haste de Aterramento

A haste de aterramento é representada por um circuito RLC e a modelagem matemática é realizada através das equações de Sunde [11].

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} * \left[\ln \frac{4l}{r} - 1 \right] \quad (7)$$

$$C = 2\pi\epsilon l * \left[\ln \frac{4l}{r} - 1 \right]^{-1} \quad (8)$$

$$L = \frac{\mu l}{2\pi} * \left[\ln \frac{2l}{r} - 1 \right] \quad (9)$$

onde:

R - É a resistência de aterramento da haste (Ω);

C - É a capacitância da haste (F);

L - É a indutância da haste (H);

l - É o comprimento da haste (m);

r - É raio da haste (m);

μ - É a permeabilidade magnética do solo (considerada igual à do ar) (H/m);

ϵ - É a permissividade elétrica do solo (F/m);

ρ - É a resistividade do solo ($\Omega.m$);

3 | METODOLOGIA

No ATPDraw, as linhas de transmissão foram representadas pelo modelo LCC de Bergeron, ambas de 138kV. A corrente de descarga incide diretamente no topo da torre, e foi representada pela função de Heidler [12] com amplitude de 45,3kA, tempo de frente de $5,6\mu\text{s}$ e tempo de cauda de $53,5\mu\text{s}$. A resistividade do solo escolhida foi de $500\ \Omega\cdot\text{m}$. Considerou-se uma velocidade de propagação da onda na torre de $280\cdot 10^6\ \text{m/s}$. Os parâmetros da linha de transmissão encontram-se na tabela 1. A configuração da torre de transmissão pode ser observada na Figura 4 [9]. No modelo de aterramento, considerou-se uma haste de $\frac{3}{4}\text{''}\times 1,5\text{m}$, permissividade relativa do solo de 10 e permeabilidade relativa do solo unitária.

O valor calculado da impedância de surto do modelo de geometria simples, para a torre da Figura 4, foi de $201\ \Omega$. O modelo de torre sem perdas foi utilizado para validação, pois [9] utilizou o mesmo modelo de torre e a mesma configuração de linha de transmissão. A impedância utilizada para este modelo foi de $180\ \Omega$ para cada seção. Já no modelo de torre de Ishii, foram utilizadas impedâncias de surto Z_{t1} e Z_{t2} de $220\ \Omega$ e $150\ \Omega$, respectivamente. Foi simulado também o modelo de torre de Ishii com $Z_{t1} = Z_{t2} = 180\ \Omega$. É válido ressaltar que alterando Z_t , altera-se, no modelo de Ishii, os parâmetros RL.

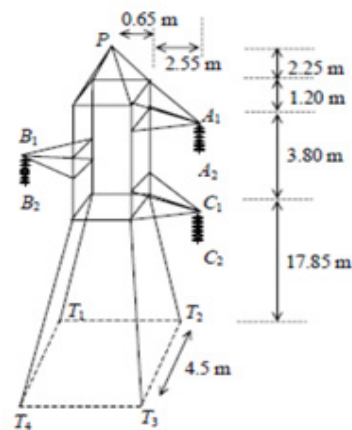


Figura 4. Configuração da torre do modelo de linhas sem perdas.

Tipo	Fase	Guarda
Comprimento do Vão (m)	300	300
Flechas (m)	7	4
Raio Interno (cm)	0,2976	0
Raio Externo (cm)	0,9155	0,476
Resistência em CC ($\Omega\cdot\text{km}$)	0,2032	3,81

Tabela 1. Parâmetros da linha de transmissão.

4 | RESULTADOS

Esta seção apresenta as tensões calculadas no topo da torre de transmissão e nas cadeias de isoladores dos diferentes modelos de torres de transmissão. Como a tensão nas fases são muito próximas, para efeito de análise, nas Figuras 5 e 6, apenas as tensões na fase A estão inseridas. A comparação entre os resultados pode ser melhor visualizada através da tabela 2, onde *1: $Z_{t1} = 220\Omega$ e $Z_{t2} = 150\Omega$; e *2: $Z_{t1} = Z_{t2} = 180\Omega$.

O erro entre os valores de sobretensão no topo da torre do modelo sem perdas em relação ao calculado em [9] foi de 1,74%, validando a simulação. O modelo de geometria simples, apresentou a maior sobretensão atmosférica, chegando a 4,15MV, ultrapassando em aproximadamente 1,2MV o valor de [9]. Este valor elevado ocorre, pois o modelo geométrico simples não leva em consideração os braços da torre, aumentando sua impedância de surto. É possível observar também, de acordo com a Figura 5 e 6, que os valores de pico (valores de interesse do presente artigo) das sobretensões no topo da torre e na fase A do modelo sem perdas e de Ishii atingiram valores próximos. O valor mais elevado de Ishii se deve ao fato do mesmo utilizar impedâncias de surto Z_{t1} maiores que a do modelo de torre sem perdas. O atraso da onda no modelo de Ishii em relação ao do modelo sem perdas ocorre em decorrência da inclusão do fenômeno da dispersão.

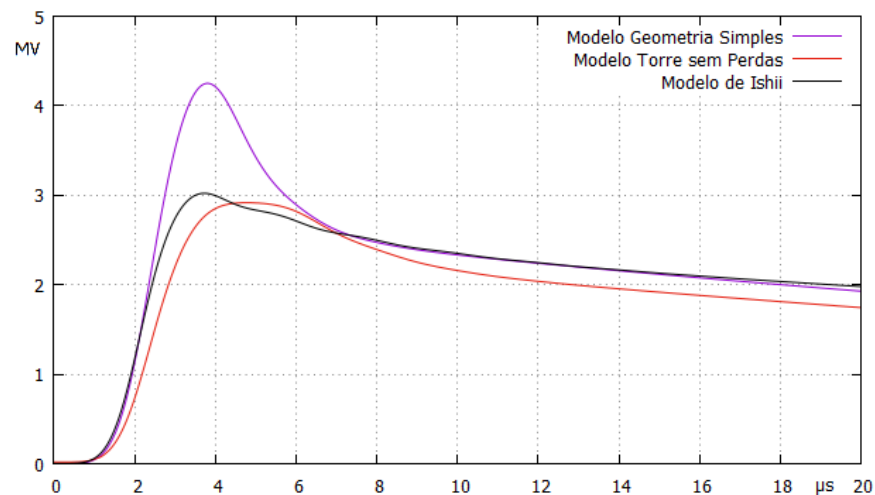


Figura 5. Sobretensões atmosféricas no topo das torres de transmissão.

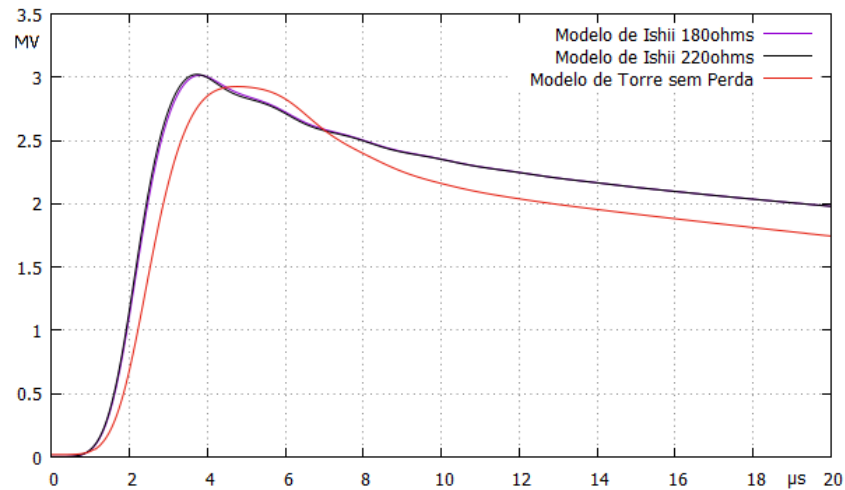


Figura 6. Sobretensões atmosféricas na fase A do modelo sem perdas e de Ishii para Z_t 's de 180 e 220 Ω .

Modelo	V_{topo} [MVA]	[MVA]
Geometria Simples	4,15	-
Linhas sem Perdas	2,92	2,9
Ishii*1	3,01	3
Ishii*2	3,02	3
[9]	2,87	2,85

Tabela 2. Sobretensões atmosféricas no topo e na fase A em diferentes modelos de torre de transmissão.

5 | CONCLUSÃO

Este trabalho analisou o desempenho de diferentes modelos de torres de transmissão frente às descargas atmosféricas. Foram simulados no programa ATP o modelo geométrico simples tronco de cone, o modelo sem perdas e o modelo de Ishii com dois valores de impedância de surto (180 Ω e 220 Ω). Verificou-se que, o modelo geométrico simples apresentou um valor de sobretensão muito elevado em comparação com os demais modelos (1,2MV a mais), isto se deve ao fato deste modelo levar em consideração os braços da torre. Já as sobretensões no topo da torre e nas fases dos modelos sem perdas e de Ishii, apresentaram valores bem próximos, comprovando que o modelo de Ishii, apesar de ter sido desenvolvido com base em experimentos em uma torre de 62,8m e 500kV, pode ser utilizado para representar torres com nível de tensão 138kV e altura de 25,1m.

REFERÊNCIAS

¹SHUWEN, W. e WENXIN, S. **Backflashover protection performance analysis of 220kV double circuit transmission line**. APPEEC, 2011.

²KAWAY, M. **Studies of the surge response on a transmission line tower**. IEEE Trans Power Apparatus Syst, pp: 30–34, Jan, 1964.

- ³ISHII, M et al., **Multistory transmission tower model for lightning surge analysis**, IEEE Trans. Power Delivery, vol. PWRD-6, no. 3, p. 1372, Jul. 1991.
- ⁴AMETANI, A. e KAWAMURA T. **A Method of a Lightning Surge Analysis Recommended in Japan using EMTP**, IEEE Trans. Power Delivery, vol. 20, no 2, Abril, 2005.
- ⁵BABA, Y. e ISHII M. **Numerical Electromagnetic Field Analysis of Tower Surge 66 Response**. IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 12, no 1, Janeiro, 1997.
- ⁶NODA, T. **A Tower Model for Lightning Overvoltage Studies Based on the Result of an FDTD Simulation**. Electrical Engineering in Japan, vol. 164, no 1, 2008, Criepe, Japão.
- ⁷CHISHOLM, W.A., CHOW Y. L. e SRIVASTAVA K. D. **Lightning Surge Response of Transmission Tower**. IEEE Trans., vol. PAS-102, 1983.
- ⁸SALARI J. C., PORTELA C. **A Methodology for Electromagnetic Transient Calculations**. IEEE Transaction on Power Delivery, 2007.
- ⁹VASCONCELLOS, F. M. e MOREIRA, F.A. **Avaliação e Dimensionamento de Sistemas de Aterramento para Redução de Desligamentos de uma Linha Transmissão de 138kV por Backflashover**. XII Conferência Brasileira de Qualidade de Energia Elétrica, 2017.
- ¹⁰KROETZ, G. S., MOREIRA, F. A. e NOVO, M. S. **Estudo Comparativo de Sobretensões Atmosféricas em Linhas de Transmissão Devido às Descargas em Torres por meio do Método FDTD e do Programa ATP**. SBSE 2016 – Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2016.
- ¹¹SUNDE, E. D. **Earth Conduction Effects in Transmission Systems**, 1949.
- ¹²HEIDLER, F. **Calculation of Lightning Current Parameters**, IEEE Trans. 1999.

SOBRE OS ORGANIZADORES

INGRID WINKLER Professora e Pesquisadora dos PPGs Stricto Sensu em Gestão e Tecnologia Industrial (GETEC) e em Modelagem Computacional (MCTI) do Centro Universitário SENAI CIMATEC, é graduada em Computação pela Universidade Mackenzie (1998) e Doutora em Administração pela Universidade Federal da Bahia (2012), com estágio doutoral na Ecole de Gestion - HEC Montreal. É líder do Grupo de Pesquisa CNPQ Realidade Aumentada, Realidade Virtual e interfaces inovadoras para Interação Humano-Computador na Indústria, Saúde e Educação, onde investiga temas relacionados à Indústria 4.0, Manufatura Avançada, eHealth, Tecnologias Assistivas e Metodologias Ativas de Ensino, entre outros. Possui sólida experiência na captação de recursos e execução de projetos de pesquisa aplicada, contribuindo de forma direta para o aumento da competitividade da indústria brasileira ao coordenar 23 projetos de inovação e desenvolvimento tecnológico financiados por players como EMBRAER, SHELL, VALE, FORD, TOTVS, Petrobras e startups, através de recursos da EMBRAPPII (Empresa Brasileira de Inovação Industrial), ANP (Agência Nacional de Petróleo) e SEBRAE, entre outros programas de fomento.

LILIAN LEFOL NANI GUARIEIRO Possui Graduação em Química pelo Centro Universitário de Lavras (2003), Mestrado em Química Orgânica e Especialização em Química do Petróleo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2006), Doutorado em Química Analítica pela Universidade Federal da Bahia (2010), Doutorado Sanduíche na Virginia Polytechnic Institute and State University em Blacksburg, VA-EUA e Pos-Doc pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energia e Ambiente (2011). Foi membro afiliado da Academia Brasileira de Ciências para o quinquênio 2014-2018 e é membro Júnior da Academia de Ciências da Bahia. Atualmente é Professor Adjunto do SENAI CIMATEC, Salvador-BA onde atua como Coordenadora do Mestrado Profissional de Desenvolvimento Sustentável (MPDS), Coordenadora do Laboratório de Pesquisa Aplicada em Química (LIPAQ), Membro do Corpo Docente do CONSU e do CONSEPE do Centro Universitário SENAI Bahia (SENAI CIMATEC) e Membro permanente dos Programas de Pós Graduação (PPG) em Gestão e Tecnologia (GETEC), PPG em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial (MCTI) e MPDS. Já recebeu os prêmios: (2007) Best of Biorenewables (ACS). (2009 e 2011) Prêmio PUBLIC-FAPEX, (2010) Prêmio Inventor UFBA, (2012) Medalha RVq, (2012) Prêmio Ciência Tecnologia e Inovação em Biodiesel, (2013) Inova SENAI e (2014) Prêmio PubliTec.

JOSIANE DANTAS VIANA BARBOSA Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande (2004) e Pós-graduada em nível de Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande (2011). Atualmente é Coordenadora do Mestrado Profissional e do Doutorado em Gestão e Tecnologias Industriais - PPGGETEC. É docente dos Programas de pós-graduação em Gestão e Tecnologias Industriais - GETEC no SENAI CIMATEC e no Programa de Tecnologias em Saúde na Faculdade Bahiana de Medicina. Atuou por seis anos como Gerente da área de Materiais no SENAI CIMATEC, desempenhando atividades de coordenação de equipe, projetos de P&D&I e gestão da qualidade de laboratórios de calibração e ensaios mecânicos. No âmbito de projetos de pesquisa vêm desenvolvendo estudos relacionados a nanocompósitos, blendas de polímeros biodegradáveis, processamento de polímeros, compósitos poliméricos, biomateriais, e materiais aplicados a saúde. Atualmente trabalha no Projeto de Implantação do Instituto de Tecnologia em Saúde - ITS CIMATEC.

ALEX ÁLISSON BANDEIRA SANTOS Doutorado pelo Programa de Energia e Ambiente do Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente (CiEnAm) da Universidade Federal da Bahia (2010). Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Bahia (1998) e Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2001). Professor e Pesquisador do SENAI CIMATEC, e, Membro Sênior da Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas (ABCM). Coordenador do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial do Centro Universitário SENAI CIMATEC. Também no SENAI CIMATEC, foi Gerente do Departamento de Eficiência Energética e Energias Renováveis e do Departamento de Manutenção Industrial. Coordenou projetos de infraestrutura e de P&D com empresas de atuação nacional e internacional, como também com financiamento de agências e secretarias de estado como CNPq, FINEP, SECTI/Governo da Bahia, SEINFRA/Governo da Bahia e FAPESB. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica atuando principalmente nos seguintes temas: combustão industrial, formação e controle da fuligem e de NOx, energia, engenharia térmica, manutenção industrial, eficiência energética de processos e equipamentos industriais.

JEANCARLO PEREIRA DOS ANJOS Possui graduação em Química (Licenciatura) pela Universidade Federal de Lavras - UFLA (2008) e Mestrado em Agroquímica (2010) pela mesma universidade. cursou o Doutorado em Química pela Universidade Federal da Bahia - UFBA (2014), com ênfase em Química Analítica. Foi bolsista de Pós-doutorado pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Energia e Ambiente (INCT - E&A), na Universidade Federal da Bahia - UFBA (2014-2016). Atualmente, é Professor adjunto e vice-coordenador do Mestrado Profissional em Desenvolvimento Sustentável no Centro Universitário SENAI CIMATEC (Salvador-BA). Tem experiência na área de Química, atuando principalmente nos seguintes temas: técnicas de separação (cromatografia líquida e cromatografia a gás), técnicas de preparação de amostras (extração, pré-concentração e clean-up), análises físico-químicas de aguardente, controle de qualidade de bebidas e coleta/análise de poluentes atmosféricos (fase gasosa e particulada)

KEIZE KATIANE DOS SANTOS AMPARO Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial no SENAI CIMATEC. Possui graduação em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário Jorge Amado (2016) e graduação em Tecnólogo em Sistemas Automotivos pela Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC (2013). Atualmente é bolsista de Desenvolvimento e Inovação Tecnológica da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC.

ILAN SOUSA FIGUEIREDO Possui graduação em Engenharia de Petróleo pelo Centro Universitário Jorge Amado (2013), especialização em Engenharia de Dutos pela PUC-Rio (2015), mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial (MCTI) pelo Centro Universitário SENAI CIMATEC (Departamento Regional da Bahia). Atualmente é doutorando em MCTI no Senai Cimatec com linha de pesquisa voltada para a área de Engenharia e Modelagem Computacional. Foi professor da Universidade Regional da Bahia nos cursos de Engenharia Química, Engenharia de Produção, Engenharia Ambiental e Tecnólogo de Petróleo e Gás. Tem experiência na área de engenharia, emissões, química, automotiva, modelagem computacional, petróleo e mineração

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-501-3



9 788572 475013