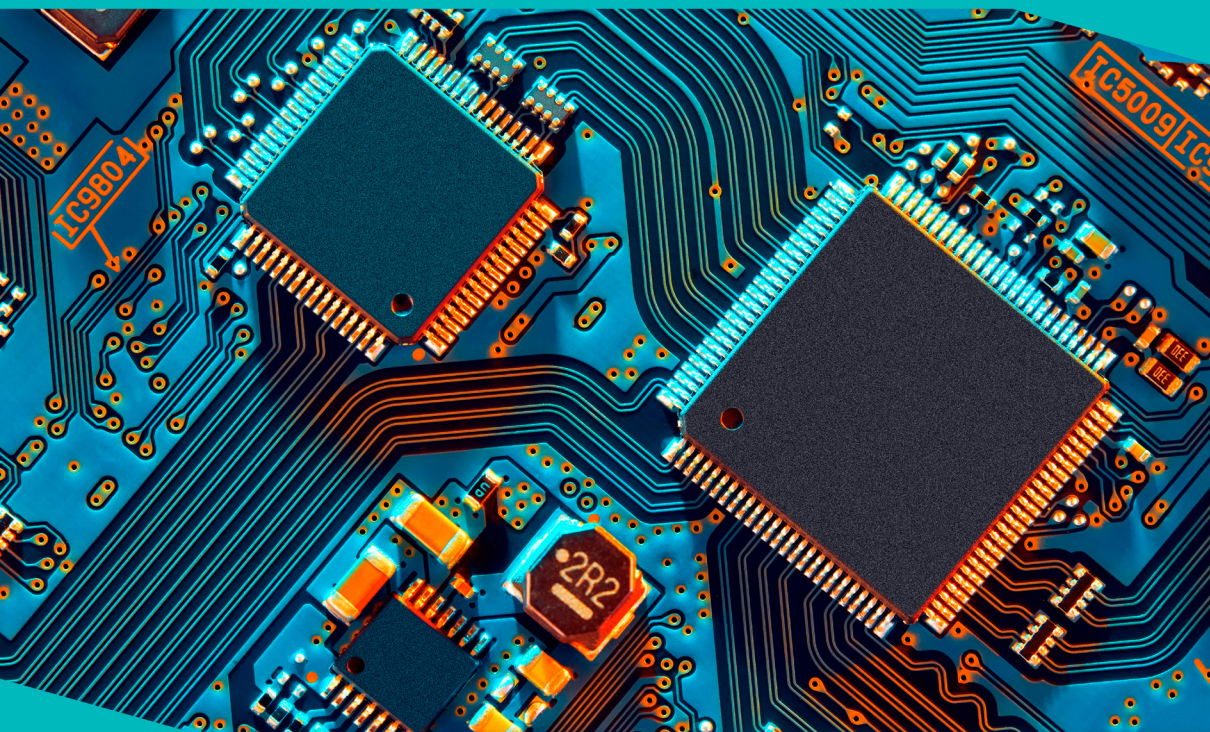


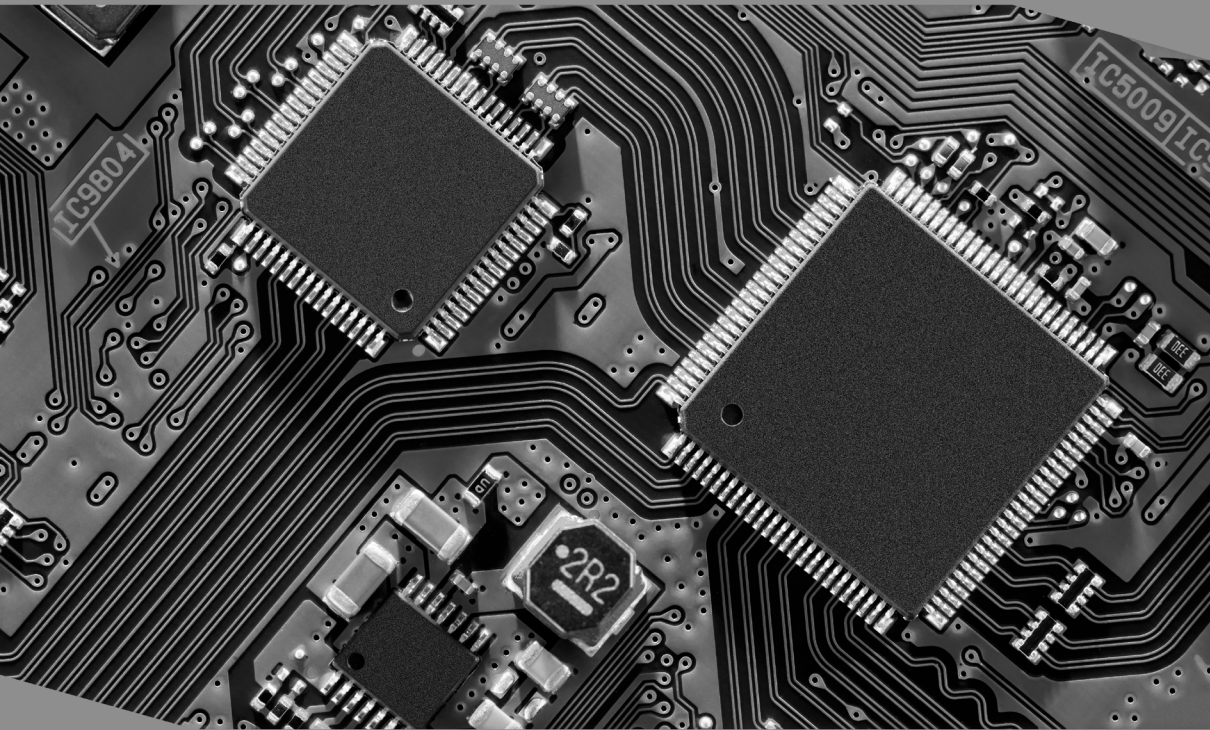
ENSINO, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NA ENGENHARIA ELETRÔNICA E COMPUTAÇÃO



Ernane Rosa Martins
(Organizador)


Atena
Editora
Ano 2021

ENSINO, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NA ENGENHARIA ELETRÔNICA E COMPUTAÇÃO



Ernane Rosa Martins
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
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. 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^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª 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 Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

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

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
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
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Ensino, pesquisa e desenvolvimento na engenharia eletrônica e computação

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Kimberlly Elisandra Gonçalves Carneiro
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Ernane Rosa Martins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 Ensino, pesquisa e desenvolvimento na engenharia eletrônica e computação / Organizador Ernane Rosa Martins. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-787-1

DOI 10.22533/at.ed.871211902

1. Engenharia eletrônica. 2. Computação. I. Martins, Ernane Rosa (Organizador). II. Título.

CDD 621.38

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A presente obra intitulada “Ensino, Pesquisa e Desenvolvimento na Engenharia Eletrônica e Computação” apresenta 15 capítulos, que abordam assuntos importantes sobre o panorama atual da Engenharia Eletrônica e Computação no Brasil, tais como: Algoritmo Genético, Cidades Inteligentes, Análise de Softwares; Desenvolvimento de Aplicativos para Dispositivos Móveis; Desenvolvimento de Jogos; Software de Supervisão Remota; Escalonamento de Processos; Inspeção de código; Processamento Digital de Imagens; Shadow IT; Sistema preditivo de ocorrência de falta em redes elétricas; Recursos Computacionais e Pensamento Computacional.

Deste modo, esta obra reúne debates e análises acerca de questões relevantes, tais como: um modelo matemático de uma rede de distribuição de vapor de processo; uso da Metodologia Ciclo de Vida de Dados Conectados; uma análise entre softwares de modelagem de antenas; a utilização de um aplicativo de comercialização para agricultores; análise do framework JavaFX, no contexto do ensino e aprendizagem de programação orientada a objetos; uso de software de supervisão remota para autenticar e monitorar exames independentemente da localização geográfica do aluno; a execução e os resultados obtidos de um teste de usabilidade feito no simulador SSP-Edu; aplicar e coletar dados com o intuito de identificar qual técnica possui uma melhor eficácia; utilização de técnicas de Processamento Digital de Imagens para calcular automaticamente as medidas antropométricas por um software; Robótica Educacional, utilizando o Pensamento Computacional para desencadear o processo de aprendizagem da programação; protótipo do aplicativo (app) Ergon, o qual permite o acesso às informações para conscientização ergonômica de empresas e trabalhadores; um sistema de apoio à tomada de decisão baseado em um processo automático de detecção prematura de falhas, que identifica um comportamento incipiente e prevê a falha iminente, possibilitando assim a identificação e análise mais rápida de possíveis falhas na rede; um pequeno laboratório simulando uma rede para compartilhamento de dados e internet residencial utilizando a tecnologia Power Line Communications (PLC); Pensamento Computacional como estratégia de apoio ao aprendizado das habilidades de contagem, correlação e ordenação.

Nesse sentido, esta obra apresenta enorme potencial para contribuir com análises e discussões aprofundadas sobre assuntos relevantes, podendo servir de referência para novas pesquisas e estudos. Agradecemos em especial aos autores dos capítulos, e desejamos aos leitores, inúmeras e relevantes reflexões sobre as temáticas abordadas.

Ernane Rosa Martins

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A MODEL OF PROCESS STEAM NETWORK IN A STEEL PLANT WITH IDENTIFICATION OF PARAMETERS BY A GENETIC ALGORITHM

Gabriel Nazareth Guedes Alcoforado
Valter Barbosa de Oliveira Junior
Gustavo Maia de Almeida
Leandro Colombi Resendo
Marco Antonio de Souza Leite Cuadros

DOI 10.22533/at.ed.8712119021

CAPÍTULO 2..... 18

AGREGANDO SMARTNESS A UMA CIDADE / REGIÃO USANDO LOD

Daniel Minoru Amaro Takabaiashi
Lucélia de Souza
Josiane Michalak Hauagge Dall’Agnol
Gisane Aparecida Michelon
Sandro Rautenberg
José Leonardo Machado Paes
Matheus Minski dos Santos
Milena Bastos Ribas

DOI 10.22533/at.ed.8712119022

CAPÍTULO 3..... 32

ANÁLISE DE SOFTWARES DE MODELAGEM DE ANTENAS PARA CURSOS TÉCNICOS E DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Ramon Mayor Martins

DOI 10.22533/at.ed.8712119023

CAPÍTULO 4..... 39

CONCEPÇÃO DE UMA PLATAFORMA MÓVEL PARA COMERCIALIZAÇÃO DE PRODUTOS PARA REDE DE COOPERAÇÃO SOLIDÁRIA DE MATO GROSSO

Alessandra Maieski
Elmo Batista de Faria
Josiel Maimone de Figueiredo
Irapuan Noce
Oscar Zalla Sampaio Neto

DOI 10.22533/at.ed.8712119024

CAPÍTULO 5..... 49

DESENVOLVIMENTO DE JOGOS COMO ESTRATÉGIA PARA APRENDIZAGEM DE PROGRAMAÇÃO ORIENTADA A OBJETOS

Rafael Lucas da Costa
Carlos Eduardo Ribeiro
Daniela de Freitas Guilhermino Trindade
José Reinaldo Merlin

DOI 10.22533/at.ed.8712119025

CAPÍTULO 6.....	61
EL RETO DE AUTENTICAR Y VIGILAR EXÁMENES A DISTANCIA: SUPERVISIÓN REMOTA A TRAVÉS DE SOFTWARE	
Jessica Fernández Garza Martha Eugenia Alemán Flores	
DOI 10.22533/at.ed.8712119026	
CAPÍTULO 7.....	70
ESTIMANDO A USABILIDADE DE UM SIMULADOR DE APOIO AO ENSINO E APRENDIZAGEM DE POLÍTICAS DE ESCALONAMENTO DE PROCESSOS: UM RELATO DE TESTES DE USUÁRIO	
Leo Natan Paschoal João Paulo Biazotto Myke Moraes de Oliveira Ana Caroline Fernandes Spengler	
DOI 10.22533/at.ed.8712119027	
CAPÍTULO 8.....	88
INSPEÇÃO DE SOFTWARE BASEADA EM LEITURA DE CÓDIGO APLICADA A UM SOFTWARE DE GERENCIAMENTO ODONTOLÓGICO	
Osmar Roncasalia Junior Carlos Eduardo Ribeiro José Reinaldo Merlin Daniela de Freitas Guilhermino Trindade	
DOI 10.22533/at.ed.8712119028	
CAPÍTULO 9.....	100
LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE OBTENÇÃO DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS UTILIZANDO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS	
Milena Augusta de Oliveira Botelho Mauro Miazaki	
DOI 10.22533/at.ed.8712119029	
CAPÍTULO 10.....	107
O PENSAMENTO COMPUTACIONAL COMO ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DAS HABILIDADES BÁSICAS PARA O ENSINO DE ROBÓTICA	
Andressa Kotz Marilei de Fátima Kovatli Ederson Luiz Locatelli	
DOI 10.22533/at.ed.87121190210	
CAPÍTULO 11.....	117
PROTÓTIPO DO APLICATIVO ERGON PARA INFORMAÇÃO E CONSCIENTIZAÇÃO ERGONÔMICA	
Adakrishna Sampaio Saraiva Bitencourte Márcia Maria Pereira Rendeiro	
DOI 10.22533/at.ed.87121190211	

CAPÍTULO 12.....	124
SHADOW IT COMO FERRAMENTA EDUCACIONAL: UMA ABORDAGEM NO ENSINO SUPERIOR	
Wesley Barbosa Thereza	
Dárley Domingos de Almeida	
Paula Leticia Santos Lima	
Áurea Valéria Pereira da Silva	
Elton Ricelli Ferreira de Rezende	
André Flederico Pereira	
Uilliam Oliveira	
Fernando Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.87121190212	
CAPÍTULO 13.....	131
SISTEMA PREDITIVO PARA OCORRÊNCIA DE FALTAS BASEADO EM INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL	
Cristina Yurika Konatu Obata Adorni	
Jorge Moreira de Souza	
Marcos Vanine Portilho de Nader	
Giovanni Moura de Holanda	
DOI 10.22533/at.ed.87121190213	
CAPÍTULO 14.....	142
TRANSMISSÃO DE DADOS VIA REDE ELÉTRICA: UMA ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO EM RESIDÊNCIAS PARA COMPARTILHAMENTO DE INTERNET E OUTROS RECURSOS COMPUTACIONAIS	
Álvaro Gonçalves de Barros	
DOI 10.22533/at.ed.87121190214	
CAPÍTULO 15.....	154
UMA ABORDAGEM DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL COMO APOIO AO APRENDIZADO DAS HABILIDADES DE CONTAGEM, CORRELAÇÃO E ORDENAÇÃO EM TEMPOS DE PANDEMIA	
Julio Cezar Romero	
DOI 10.22533/at.ed.87121190215	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	166
ÍNDICE REMISSIVO.....	167

CAPÍTULO 1

A MODEL OF PROCESS STEAM NETWORK IN A STEEL PLANT WITH IDENTIFICATION OF PARAMETERS BY A GENETIC ALGORITHM

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 27/11/2020

Gabriel Nazareth Guedes Alcoforado

Instituto Federal do Espírito Santo – IFES
ArcelorMittal Tubarão, Engineering Department
Serra – ES
<http://lattes.cnpq.br/3707885353725063>

Valter Barbosa de Oliveira Junior

Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
ArcelorMittal Tubarão, Engineering Department
Serra – ES
<http://lattes.cnpq.br/0817306684586468>

Gustavo Maia de Almeida

Instituto Federal do Espírito Santo – IFES
Serra – ES
<http://lattes.cnpq.br/2650921349694794>

Leandro Colombi Resendo

Instituto Federal do Espírito Santo – IFES
Serra – ES
<http://lattes.cnpq.br/8108487234297364>

Marco Antonio de Souza Leite Cuadros

Instituto Federal do Espírito Santo – IFES
Serra – ES
<http://lattes.cnpq.br/8629256330944049>

ABSTRACT: This paper proposes a mathematical model of a process steam distribution network, with parameters set through a genetic algorithm, with the purpose of maximizing the energy utilization in a steel plant. The model is based on thermodynamics principles, including the

balance of mass and energy. To determine the model parameters, due the dependencies between the equations, a genetic algorithm was applied. Once the control systems are not usually interconnected, steam pressure oscillations may occur in the Coke Plant side or in the Utilities Sector resulting in a large amount of wasted steam through independent relief systems. On a steel plant, steam can be used for some specific equipment's or processes. In general, steam is considered a power source, applied on heating and power plants for electricity generation. Avoiding the steam waste is possible to improve the energy utilization figures resulting in both financial and environmental gains.

KEYWORDS: Process Steam Distribution, Modelling, Coke Plant, Utilities Plant, Genetic Algorithm, Energy Saving.

MODELO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE VAPOR EM UMA PLANTA SIDERÚRGICA PARAMETRIZADO ATRAVÉS DE UM ALGORITMO GENÉTICO

RESUMO: Este trabalho propõe um modelo matemático de uma rede de distribuição de vapor de processo, com parâmetros definidos através de um algoritmo genético, com o objetivo de maximizar a utilização de energia em uma usina siderúrgica. O modelo é fundamentado em princípios de termodinâmica, incluindo o balanço de massa e energia. Para determinar os parâmetros do modelo, devido as dependências entre as equações, foi aplicado um algoritmo genético. Uma vez que os sistemas de controle não são normalmente interligados, oscilações de

pressão de vapor podem ocorrer no lado da Coqueria ou da Utilidades resultando em uma grande quantidade de desperdício de vapor por meio de sistemas de alívio independentes. Em uma usina siderúrgica o vapor pode ser usado para alguns equipamentos ou processos específicos. Em geral o vapor é considerado uma fonte de energia aplicada em equipamentos de aquecimento e em centrais de produção de energia. Evitando o desperdício de vapor, é possível melhorar a utilização de energia, resultando em ambos os ganhos financeiros e ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Distribuição de Vapor de Processo, Modelamento, Coqueria, Utilidades, Algoritmo Genético, Recuperação de Energia.

1 | INTRODUCTION

A large amount of energy from byproduct gases, steam and electricity, is produced and recovered in the steelmaking process. It accounts for 50% - 60% of the gross energy consumption of the steelmaking process (ZHANG, 2011), presenting sometimes an imbalance between production and consumption at different points in the steam distribution network. Since this network does not have a centralized control, this imbalance causes the opening of relief valves, culminating in steam emissions into the atmosphere.

Papers such as (ZHANG, 2011), (SONG, 2011) and (Junior, 2016) demonstrate how to achieve the best distribution in the recovery of gases generated in the coke plant processes (COG), Steelmaking (LDG) and Blast Furnaces (BFG), including steam generated and extracted from the boilers in the Utilities area. However, the generation of steam in the CDQ (CDQ - Coke Dry Quenching), located in the Coke Plant area, and the mass and energy balance of steam generated in the Utilities Plant are not treated in detail.

Inside an integrated steel plant, in terms of steam generation, we can highlight the Coke Plant, more precisely in the Coke Dry Quenching area (CDQ - Coke Dry Quenching) and the Utilities Sector, with a focus on steam boilers designed for electricity generation. The CDQ process is illustrated in Figure 1.

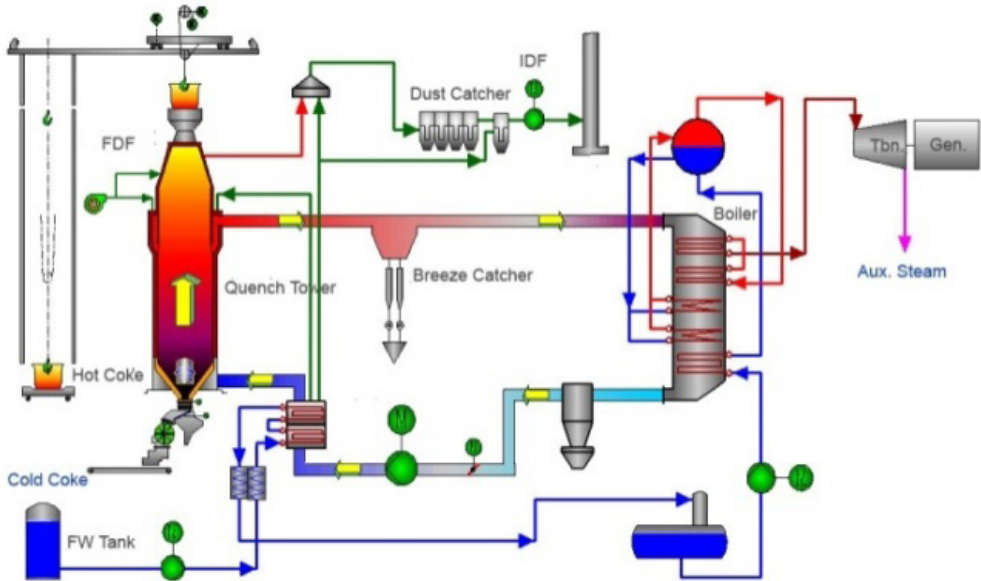


Figure 1. Coke Dry Quenching - CDQ (CHINA STEEL, 2015).

The coke cooling process is carried by blowing the cooling gas at the bottom of the chamber, passing through a distribution system, and rising toward the top, absorbing heat from the coke and reaching the temperature of approximately 800 ° C. The gas is collected by 32 channels, arranged around the upper part of the chamber, and directed through a primary collector where larger particles are retained. Then the gas is fed into the boiler where steam is produced due the heat transfer between the gas and water (ABM, 2003).

In the Utilities Sector, the process is shown in Figure 2.

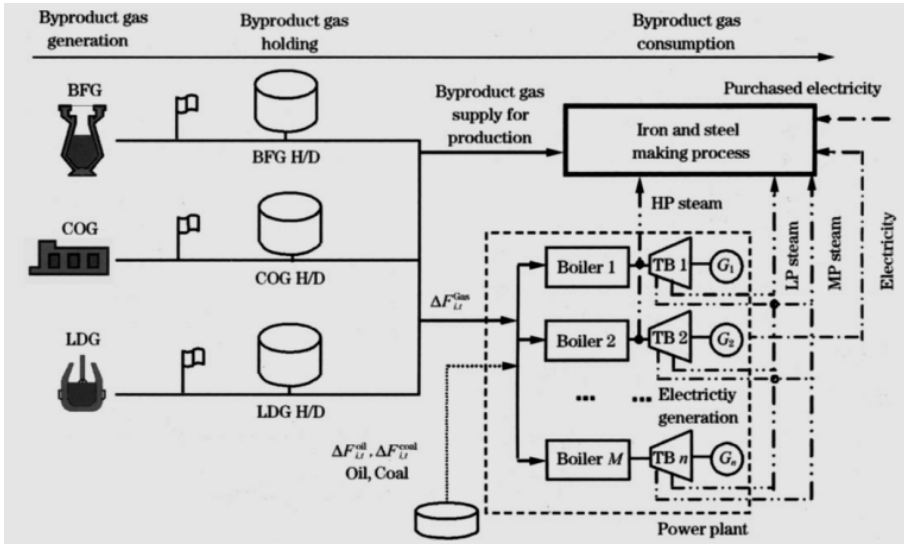


Figure 2. Generation of steam in boilers (ZHANG, 2011)

The COG (Coke Oven Gas) generated in the coke batteries, LDG (Linz-Donawitz Gas) generated in Steelmaking and BFG (Blast Furnace Gas) generated in the Blast Furnaces are transported to the boilers where its calorific power is harnessed to heat water and generate steam. Basically, the steam produced in the boilers is intended for the turbines, for electricity generation, but is possible to reduce this generation and assign the steam to other consumers when necessary.

Despite the connection between the steam pipes between the plants (Coke Plant and Utilities Sector), they have independent controls, turning the balance between production and consumption, a major challenge. In some cases, while CDQ discards steam to the atmosphere, the steam for the turbines is being extracted (reduction of electricity generation), to supply other consumers, causing an inefficient use of steam.

Aiming to anticipate control actions to prevent any loss of steam and maximize the electricity production, we propose a model of the steam distribution network. The model uses as input, current flows of steam consumption and generation to estimate the pressure variations in future instants of time.

This article is organized around 5 sections. Section 2 describes the steam balance model and its mathematical deduction. Section 3 presents de genetic algorithm and the model fitting results are presented in Section 4. Section 5 is reserved for the conclusions, relevant considerations and future developments.

2 | THE STEAM BALANCE MODEL

The steam distribution network on an integrated steel mill is usually fed by the steam extracted from the power plant's boilers and by the steam from CDQ.

Considering the mass and energy balance, the distributed nature of the process will be modeled in concentrated volumes, as shown in Figure 3.

In the model presented in Figure 3, based on (ÅSTRÖM, 2000) and (OLIVEIRA JUNIOR, 2009), V represents volume, ρ density, h specific enthalpy, T temperature, p pressure, and q is the mass flow rate. The subscripts ps , m and w indicate respectively process steam, water and metal. The subscript t is used to indicate the total amount, which refers to the system. The Coq and Utl superscripts indicate, respectively, quantities related to the process steam distribution network from Coke Plant and Utilities Sector side.

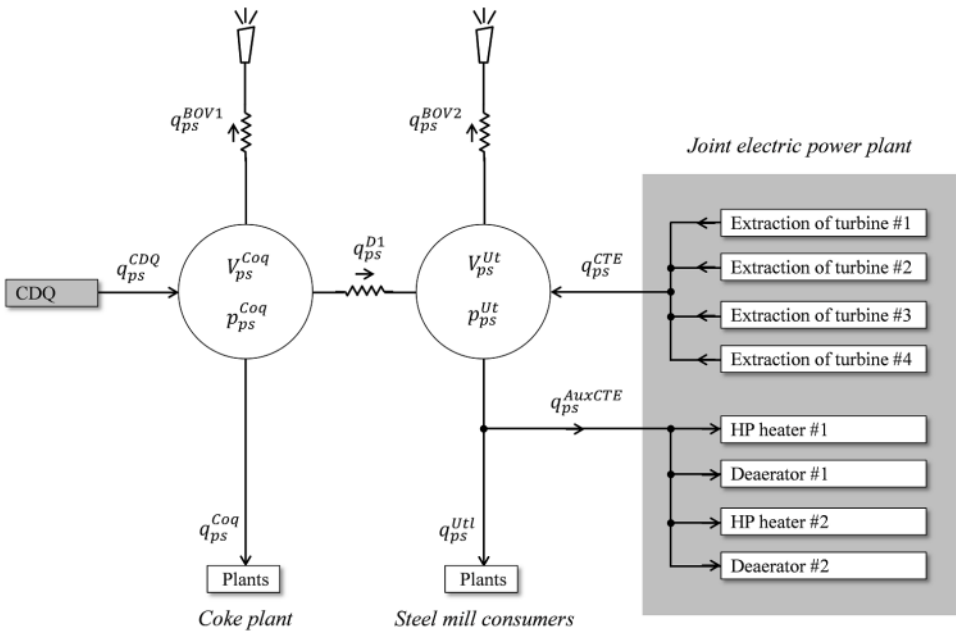


Figure 3. Simplified Steam Balance Model

It is considered that there is a flow restriction between the concentrated volumes V_{ps}^{Coq} e, V_{ps}^{Utl} so that it is possible to have different pressures in each volume.

The overall mass balance is given by:

$$\frac{d}{dt}(\rho_{ps}^{Coq} V_{ps}^{Coq} + \rho_{ps}^{Utl} V_{ps}^{Utl}) = (q_{ps}^{CDQ} + q_{ps}^{CTE}) - (q_{ps}^{Coq} + q_{ps}^{Utl}) \quad (1)$$

The overall energy balance is given by:

$$\frac{d}{dt} [\rho_{ps}^{Coq} u_{ps}^{Coq} V_{ps}^{Coq} + \rho_{ps}^{Utl} u_{ps}^{Utl} V_{ps}^{Utl} + m_m^{Coq} c_m^{Coq} T_m^{Coq} + m_m^{Utl} c_m^{Utl} T_m^{Utl}] = (q_{ps}^{CDQ} - q_{ps}^{Coq} - q_{ps}^{D1}) h_{ps}^{CDQ} + (q_{ps}^{D1} + q_{ps}^{CTE} - q_{ps}^{Utl}) h_{ps}^{Utl} \quad (2)$$

where:

- ρ_{ps}^{Coq} and ρ_{ps}^{Utl} are the process steam density values [kg/m³];
- u_{ps} is the internal process steam energy [kJ/kg], and can be rewritten as follows:

$$u = h - \frac{P}{\rho} \quad (3)$$

- h_{ps} is the process steam enthalpy [kJ/kg];
- V_{ps}^{Coq} and V_{ps}^{Utl} are the steam distribution network pipes internal volumes [m³];
- m_m^{Coq} and m_m^{Utl} are the steam distribution network pipes mass values [kg];
- c_m is the pipe metal specific heat value [kJ/kg°C];
- T_m is the pipe metal temperature [°C];
- q_{ps}^{CDQ} is the total steam flow received from CDQ [kg/s];
- q_{ps}^{Coq} is the total steam flow consumed in the Coke Plant [kg/s];
- q_{ps}^{CTE} is the total steam flow received from the Power Plant [kg/s];
- q_{ps}^{Utl} is the total steam flow consumed by the distribution network consumers [kg/s];
- q_{ps}^{D1} is the total steam flow in the desuperheater which is responsible for the steam transfer between the Coke Plant and Utilities Sector [kg/s];

The following considerations are also applied in the model:

1. Steam, water and metal are in thermal equilibrium. Therefore T_m (metal temperature) is considered equal to T_s (steam saturation temperature).
2. The variables ρ_{ps}^{Coq} and ρ_{ps}^{Utl} can be written as a function of the steam pressure considering that the whole system is in saturated state and the pressure has the same value in all points inside the concentrated volume. Then:

$$\frac{d\rho_{ps}}{dt} = \frac{\partial\rho_{ps}}{\partial t} \frac{dp_{ps}}{dt} \quad (4)$$

3. There are no volume variations inside the pipes along the time. Then:

$$\frac{dV_{ps}^{Coq}}{dt} = 0 \xrightarrow{\text{and}} \frac{dV_{ps}^{Utl}}{dt} = 0 \quad (5)$$

From (1) and (2):

$$e_{11} \frac{dp_{ps}^{Coq}}{dt} + e_{12} \frac{dp_{ps}^{Utl}}{dt} = q_{ps}^{CDQ} + q_{ps}^{CTE} - q_{ps}^{Coq} - q_{ps}^{Utl} \quad (6)$$

$$e_{21} \frac{dp_{ps}^{Coq}}{dt} + e_{22} \frac{dp_{ps}^{Utl}}{dt} = h_{ps}^{Coq} (q_{ps}^{CDQ} - q_{ps}^{Coq} - q_{ps}^{D1}) + h_{ps}^{Utl} (q_{ps}^{D1} + q_{ps}^{CTE} - q_{ps}^{Utl}) \quad (7)$$

Where:

$$e_{11} = V_{ps}^{Coq} \frac{\partial \rho_{ps}^{Coq}}{\partial p_{ps}^{Coq}} \quad (8)$$

$$e_{12} = V_{ps}^{Utl} \frac{\partial \rho_{ps}^{Utl}}{\partial p_{ps}^{Coq}} \quad (9)$$

$$e_{21} = \left(\frac{\partial \rho_{ps}^{Coq}}{\partial p_{ps}^{Coq}} h_{ps}^{Coq} + \rho_{ps}^{Coq} \frac{\partial h_{ps}^{Coq}}{\partial p_{ps}^{Coq}} \right) V_{ps}^{Coq} - V_{ps}^{Coq} + m_m^{Coq} c_m^{Coq} \frac{\partial T_m^{Coq}}{\partial p_{ps}^{Coq}} \quad (10)$$

$$e_{22} = \left(\frac{\partial \rho_{ps}^{Utl}}{\partial p_{ps}^{Utl}} h_{ps}^{Utl} + \rho_{ps}^{Utl} \frac{\partial h_{ps}^{Utl}}{\partial p_{ps}^{Utl}} \right) V_{ps}^{Utl} - V_{ps}^{Utl} + m_m^{Utl} c_m^{Utl} \frac{\partial T_m^{Utl}}{\partial p_{ps}^{Coq}} \quad (11)$$

Rewriting, making it a discrete function and applying some conversion factors to adjust the measurement units, we obtain the final equations (12) and (13):

$$p_{ps}^{Coq}((k+1)T) = p_{ps}^{Coq}(kT) + \frac{K_q}{K_p} T \begin{bmatrix} p_{11} q_{ps}^{CDQ}(kT) + p_{12} q_{ps}^{CTE}(kT) \\ + p_{13} q_{ps}^{Coq}(kT) + p_{14} q_{ps}^{Utl}(kT) \\ + p_{15} q_{ps}^{D1}(kT) \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$p_{ps}^{Utl}((k+1)T) = p_{ps}^{Utl}(kT) + \frac{K_q}{K_p} T \begin{bmatrix} p_{21} q_{ps}^{CDQ}(kT) + p_{22} q_{ps}^{CTE}(kT) \\ + p_{23} q_{ps}^{Coq}(kT) + p_{24} q_{ps}^{Utl}(kT) \\ + p_{25} q_{ps}^{D1}(kT) \end{bmatrix} \quad (13)$$

Where:

$K_p = 98,0665$ [kPa/(kgf/cm²)] is a pressure conversion factor from [kgf/cm²] to [kPa] and $K_q = \left(\frac{1000}{3600}\right) = 0,27777$ [(kg/s)/(t/h)] is a flow conversion factor from [t/h] to [kg/s].

$$p_{11} = \frac{e_{22} - e_{12} h_{ps}^{Coq}}{e_{11} e_{22} - e_{12} e_{21}} \quad (14)$$

$$p_{12} = \frac{e_{22} - e_{12} h_{ps}^{Utl}}{e_{11} e_{22} - e_{12} e_{21}} \quad (15)$$

$$p_{13} = \frac{e_{12} h_{ps}^{Coq} - e_{22}}{e_{11} e_{22} - e_{12} e_{21}} \quad (16)$$

$$p_{14} = \frac{e_{12}h_{ps}^{Utl} - e_{22}}{e_{11}e_{22} - e_{12}e_{21}} \quad (17)$$

$$p_{15} = \frac{e_{12}h_{ps}^{Coq} - e_{12}h_{ps}^{Utl}}{e_{11}e_{22} - e_{12}e_{21}} \quad (18)$$

$$p_{21} = \frac{(e_{11}e_{22} + e_{12}e_{21})h_{ps}^{Coq} - e_{21}e_{22}}{(e_{11}e_{22} - e_{12}e_{21})e_{22}} \quad (19)$$

$$p_{22} = \frac{e_{11}h_{ps}^{Utl} - e_{21}}{e_{11}e_{22} - e_{12}e_{21}} \quad (20)$$

$$p_{23} = \frac{e_{21} - e_{11}h_{ps}^{Coq}}{e_{11}e_{22} - e_{12}e_{21}} \quad (21)$$

$$p_{24} = \frac{e_{21} - e_{11}h_{ps}^{Utl}}{e_{11}e_{22} - e_{12}e_{21}} \quad (22)$$

$$p_{25} = \frac{e_{11}(h_{ps}^{Utl} - h_{ps}^{Coq})}{e_{11}e_{22} - e_{12}e_{21}} \quad (23)$$

The following units are now applied:

- Mass: kg;
- Pressure: kgf/cm²;
- Temperature: °C;
- Entalphy: kJ/kg;
- Specific Mass: kg/m³;
- Flow: t/h;
- Sampling time: s.

2.1 Water Steam Properties

The water steam properties can be calculated as a pressure function. For the saturated steam thermodynamic properties, polynomial functions (27), (28) and (29) were approximated from Table I.

Pressure [kg/cm ² (g)]	Temp. [°C]	ρ_s [m ³ /kg]	h_s [kJ/kg]
10,0	183,34	5,54939	2779,1
11,0	187,21	6,03027	2782,2
12,0	190,83	6,50999	2784,9
13,0	194,24	6,99007	2787,3
14,0	197,47	7,46993	2789,4
15,0	200,53	7,94976	2791,3
16,0	203,45	8,43028	2792,9
17,0	206,24	8,91107	2794,4
18,0	208,91	9,39144	2795,7
19,0	211,47	9,87264	2796,8
20,0	213,94	10,35497	2797,9
21,0	216,32	10,83752	2798,7
22,0	218,61	11,32144	2799,5

TABLE I. STEAM PROPERTIES (COLLONA, 2004)

Functions from Table I:

$$T_s = -0,0688p_s^2 + 5,1117p_s + 139,28 \quad (24)$$

$$\rho_s = 0,4808p_s + 0,7399 \quad (25)$$

$$h_s = -0,1006p_s^2 + 4,8752p_s + 2740,7 \quad (26)$$

$$\frac{\partial T_s}{\partial p_s} = -0,1376p_s + 5,1117 \quad (27)$$

$$\frac{\partial \rho_s}{\partial p_s} = 0,4808 \quad (28)$$

$$\frac{\partial h_s}{\partial p_s} = -0,2012p_s + 4,8752 \quad (29)$$

2.2 Parameters Determination

The model uses the actual values of pressure and current flows to predict the pressure at future times, however, since parameters as enthalpy, specific weight and temperature have been determined according to the actual pressure, is necessary to find the metal mass and volume values of the existing steam pipes in both systems (Coke Plant and Utilities Sector). Although these are physical parameters of existing pipes, its measurement

is difficult due to the long extension (over 20 km) and the many branches of the process steam distribution network. These parameters can be easily noticed in the both (1) and (2). Once they represent quantities of the actual installations, it is not only necessary to provide a good model fit, but the estimated values of these parameters must also be kept within certain limits for consistency with reality.

To estimate these parameters and validate the model, a genetic algorithm was developed, using as input measured signals sampled over a period of 24 hours with a sampling interval of 15 [s] as shown in the Figure 4 to Figure 10.

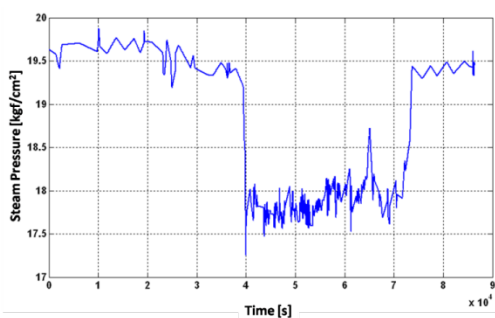


Figure 4. Coke Plant measured pressure

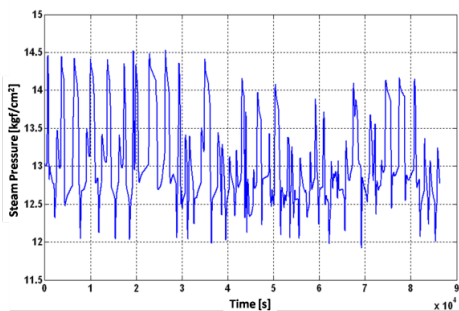


Figure 5. UtilitiesSector measured pressure

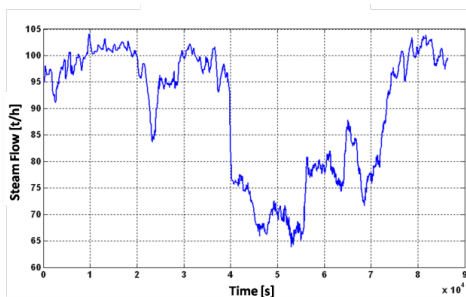


Figure 6. Generated steam flow measured in CDQ

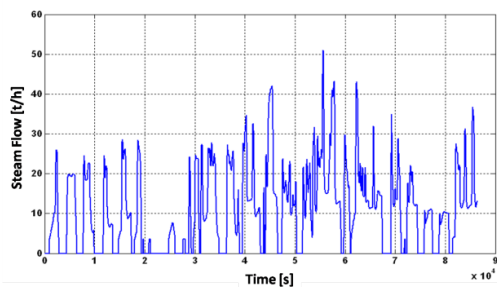


Figure 7. Generated steam flow measured in Power Plants

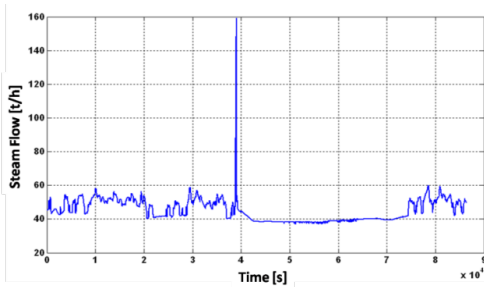


Figure 8. Consumed steam flow measured in Coke Plant

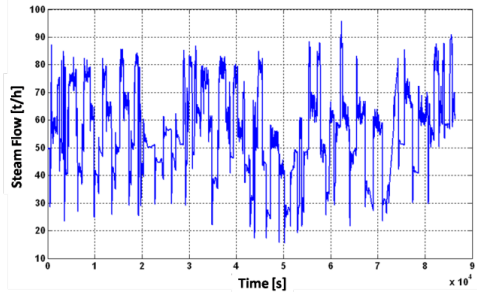


Figure 9. Consumed steam flow measured in Utilities Sector

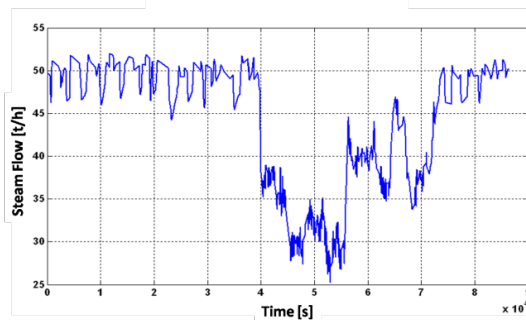


Figure 10. Consumed steam flow measured in Dessuperheater

3 | THE GENETIC ALGORITHM

Genetic algorithms are very useful for two distinct and comprehensive purposes: the selection of parameters for the performance optimization of a system and the validation and adjustment of quantitative models (CHAMBERS, 2001).

In this work a genetic algorithm is applied in order to select the best metal mass values (m_m^{Coq} and m_m^{Utl}) and volumes (V_{ps}^{Coq} and V_{ps}^{Utl}) to adjust the steam balance model presented, and achieve the lowest possible error between measured and calculated values of steam pressure.

Observing (6) to (23) it is possible to realize there is a relation between the Coke Plant and Utilities Plant systems. For this reason and because it is a four-variable adjustment, a genetic algorithm was selected to be applied.

3.1 Genetic Algorithm Application

Intending to restrict the possible solutions to industrial realistic values, the genetic algorithm application was separated in two phases.

In the first phase an “equivalent pipe” concept is introduced, considering all pipes

with the same diameter. Then it is possible to calculate proportional mass and volume values according to the pipe total length.

For the second phase, the genetic algorithm is applied once again, now in a conventional manner, aiming to find mass and volume values to adjust the model. However, these values shall be limited to a $\pm 20\%$ variation from the values found in the first phase.

As resources, the mathematical software MATLAB R2013a was used, installed on a virtual machine running Windows XP, hosted by a MacBook-Pro i5 with 8Gb of RAM.

3.2 Genetic Algorithm Architecture

The simplified genetic algorithm flow chart can be evaluated from the Figure 11.

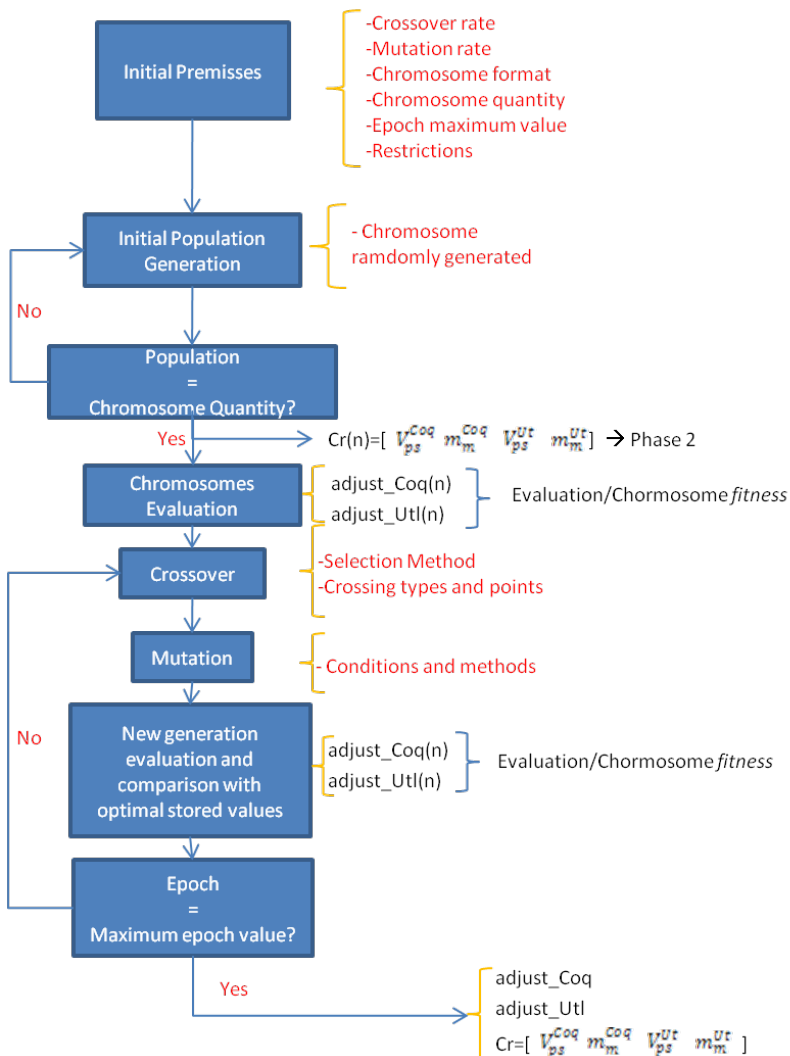


Figure 11. Proposed Genetic Algorithm Flow Diagram

The first step is where the restrictions and general conditions are defined. Then the initial population is generated, and each chromosome is evaluated through a fitness function. In this case, the model equations itself are applied to generate calculated pressure values and compare them to the measured values using the *compare* function, available in MATLAB. The *compare* function output is a grade between 0 and 100% which represents the *fitness* (percentage adjustment value) of each chromosome.

During the *crossover* step, as in (CHAMBERS, 2001) and (ALMEIDA, 2015), the *fitness* value is used to determine the selection potential of each individual. The selection process is nominated as *roulette wheel method*, mentioned in (CHAMBERS, 2001) and (ALMEIDA, 2015), and consists on an adaptive choosing model accordingly to its fitness value.

After crossing a pair of chromosomes, one or more elements of the new individuals may suffer a mutation. It happens when an element mutation rate reaches randomly a value less than the base mutation rate of 0.2%.

These new chromosomes are reevaluated, and their *fitness* is compared to the optimal stored values. The best fitting chromosomes of each epoch are stored.

3.3 Premisses

The maximum epoch iteration was limited to one hundred epochs. The chromosome format was kept in real numbers without binary codification. In this case, the information treatment is much more intuitive and less computational resources are needed.

3.4 Crossover rate and Mutation rate

The crossover rate was fixed in 80%, and a *simple arithmetic crossover* was applied as in (CHAMBERS, 2001). The mutation rate was fixed and limited in 0.2%, where both *uniform and multiple uniform mutations* may happen randomly as in (CHAMBERS, 2001).

3.5 Initial Population and Fitness Function

After some tests comparing speed and computational efforts, the initial population was defined by 50 random chromosomes arranged as $[V_{ps}^{Coq}, m_m^{Coq}, L^{Coq}, V_{ps}^{Utl}, m_m^{Utl}, L^{Utl}]$ in phase one, where L^{Coq} and L^{Utl} are pipes lengths, and $[V_{ps}^{Coq}, m_m^{Coq}, V_{ps}^{Utl}, m_m^{Utl}]$ in phase two.

For each chromosome applied in the model equations, there are several calculated steam pressure values. These values are compared with the measured values trough the MATLAB *compare* function, which uses the root mean square error as a reference. Once the main objective is to reach 100% of adjustment factor, an adjustment value for the Coke Plant side and for the Utilities Sector side is generated for each individual.

3.6 Crossover

Using the *roulette wheel method*, according (CHAMBERS, 2001) and (ALMEIDA, 2015), the chromosomes with higher fitness values will present higher probabilities to

perform the crossover. In phase one the cross point is fixed and previously defined, while in phase two its randomly chosen among five possible combinations as shown in Figure 12.

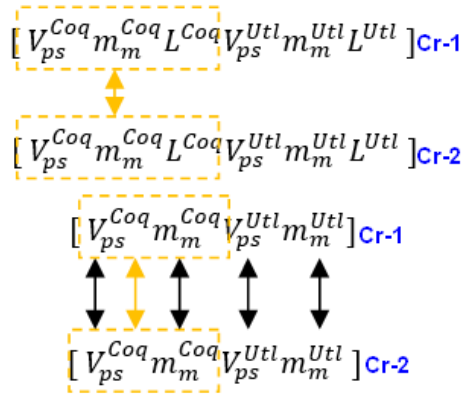


Figure 12. Phase 1 and 2 crossover possible combinations

3.7 Mutation

Each chromosome has a probability of 0.2% of having one of its elements modified. In phase one the mutation affects directly the pipe length, which makes new proportional mass and volume values. During phase two, mutation can affect any chromosome element, regarding the values limits from the initial generation.

3.8 New Generation Evaluation

The new generation is evaluated in the same manner as the initial population. Once the adjustments values are obtained, they are compared with the optimal values previously stored. With a previously fixed elitism, some of the best chromosomes from the last generation are direct passed to the new generation.

4 | MODEL VALIDATION

After the genetic algorithm phase one, the adjustment values achieved were 97.51% in the Coke Plant side and e 90.78% in the Utilities Sector side as shown in Figure 13.

Mass, volume and length values achieved from phase one were:

$$\begin{aligned}
 V_{ps}^{Coq} &= 389.3 [m^3] & V_{ps}^{Utl} &= 987 [m^3] \\
 m_m^{Coq} &= 442.4 [ton] & m_m^{Utl} &= 1122 [ton] \\
 L^{Coq} &= 7657 [m] & L^{Utl} &= 19410 [m]
 \end{aligned}$$

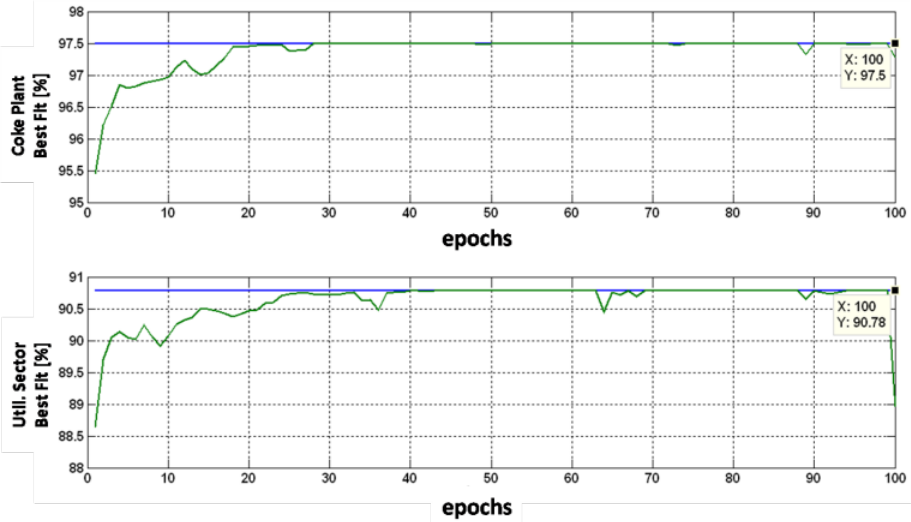


Figure 13. Phase 1 fitness results

In phase 2, the results were 97.73% in the Coke Plant side and 91,96% in the Utilities Plant side as shown in Figure 14.

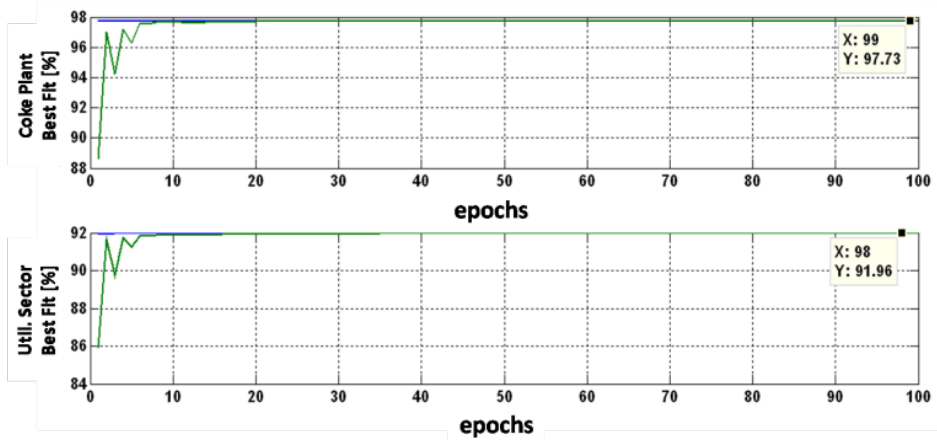


Figure 14. Phase 2 fitness results

Then, the final values for mass and volume achieved were:

$$V_{ps}^{Coq} = 446,1 [m^3]$$

$$m_m^{Coq} = 379.57 [ton]$$

$$V_{ps}^{Utl} = 852,1 [m^3]$$

$$m_m^{Utl} = 1266 [ton]$$

With these parameters values, the final fitness for the model in the Coke Plant side was 95.7% and in Utilities Sector was 82.4%, shown respectively in Figure 15 and Figure 16.

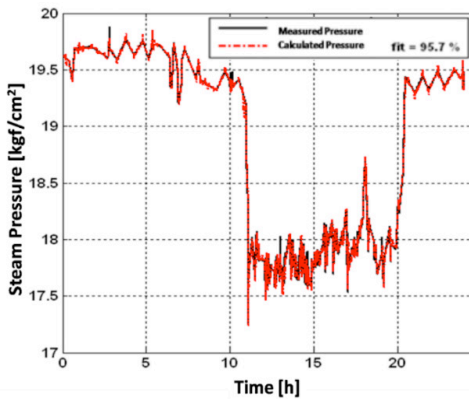


Figure 15. Coke plant side pressure fitness

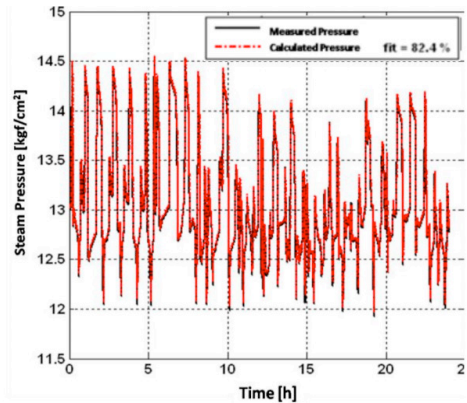


Figure 16. Utilities Sector side pressure fitness

5 I CONCLUSION

The proposed model for steam distribution network and the identification of parameters using a genetic algorithm, produced results fully consistent with measured data of a steel plant. The model can provide good forecasts of a process steam network pressure for a prediction horizon up to 45s. The final fit results have also good repeatability when the parameters are applied with different sets of measured data. It is important to mention that the measured values lack of precision and invalid data effects was minimized by the application of a moving average technique during the final fitness evaluation.

It's relevant to mention that the variation presented in the approaching curves according Figure 13 and Figure 14 are introduced by the mutation and crossover steps during the genetic algorithm execution. Due to these steps, the population fitting average can change according to the values combinations and modifications.

This model will allow the pressure validation of a future optimization algorithm, aiming to reduce the steam mass balance instability and minimize the current process steam energy losses, enabling a more efficient operation of steel plants.

REFERENCES

ABM - Associação Brasileira de Metalurgia, "Siderurgia para não Siderurgistas", 2003, pp. 40, Vitória-ES.

ALMEIDA, Gustavo; CUADROS Marco. "Inteligência Artificial – Algoritmos Genéticos", Class notes, 2015, pp. 34-4

ÅSTRÖM, Karl Johan; BELL, Rod D. “**Drum-Boiler Dynamics. Automatica**”, 2000, 36(2000): p. 363-378.

CHAMBERS, Lance, “**The Practical Handbook of Genetic Algorithms**”, 2001, 2nd ed., ISBN 1-58488-2409-9.

China Steel, CDQ-Coke Dry Quenching, 2015 [online] Available in: <http://www.csc.com.tw/csc_e/hr/green1.htm> [Accessed in November 19, 2015].

COLLONA, P.; VAN DER STELT, T.P. “**FuidProp: a program for the estimation of thermophysical properties of fluids**”, Energy Technology Section - Delt University of Technology, 2004, Available at: <<http://www.asimptote.nl/software/fluidprop>>, [Accessed in May 16, 2016]

JUNIOR, Valter B. de Oliveira; PENA, João G. Coelho; SALLES, José L. Félix. “**An improved plant-wide multiperiod optimization model of a byproduct gas supply system in the iron and steel-making process**”, *Applied Energy*, 2016, vol. 164, issue C, 462-474

OLIVEIRA JUNIOR, V. B. “**Modelagem de central termelétrica a vapor para simulação dinâmica**”. Vitória: Federal University of Espírito Santo (Postgraduate Program in Electrical Engineering), 2009.

SONG, Jun; ZHANG, Qi; CAI, Jiu-ju. “**Plant Wide Supply Demand Forecast and Optimization of By product Gas System in SteelPlant.**” *Journal of Iron and Steel Research, International*, 2011, Vol.20, No. 9; p. 01-07

ZHANG, Qi; TI, We; CAI, Jiu-ju; DU, Tao; WANG, Ai-hua. “**Multi-Period Optimal Distribution Model of Energy Medium and Its Application**”. *Journal of Iron and Steel Research, International*, 2011, Vol.18, No. 8; p. 37-41

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ad hoc 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98

Algoritmo genético 1, 2

Análise de componentes 131

Análise preditiva 131

Antenas 32, 33, 34, 37, 38

Antropometria 100, 101, 103, 105

Aplicativo móvel 44, 117, 119, 121, 123

Automatização 100, 102

C

Checklist 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98

Cidades inteligentes 18, 19, 20, 25, 30

Código 33, 47, 54, 56, 59, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 97, 98, 111, 112, 113, 160

Compartilhamento 19, 20, 142, 143, 146, 148, 149, 150, 152

Computação 18, 20, 35, 39, 47, 53, 57, 60, 70, 71, 72, 76, 78, 82, 86, 91, 100, 105, 107, 108, 109, 110, 112, 115, 125, 127, 129, 154, 155, 156, 157, 159, 165, 166

Comunicação de dados 142, 144

Conscientização 117, 118, 119, 120, 121, 122

Consórcio W3C 19, 23

Contagem 154, 158, 160, 164

Correlação 138, 140, 154, 160

D

Dados abertos conectados 19, 20, 21, 22, 25, 30

Dispositivo móvel 39, 44

Distribuição de vapor 1, 2

E

Educação 39, 59, 60, 62, 86, 101, 103, 106, 109, 116, 122, 124, 125, 126, 128, 129, 130, 155, 157, 163, 164, 165, 166

Ensino 19, 20, 25, 49, 50, 51, 52, 59, 60, 70, 72, 78, 86, 107, 109, 111, 115, 116, 124, 126, 127, 129, 154, 157, 158, 159, 163, 164, 165

Ensino superior 19, 20, 25, 124, 126, 129

Ergonomia 117, 118, 119, 120, 122, 123

Escalonamento 70, 71, 72, 73, 74, 80, 81, 84, 85

F

Falhas incipientes 131, 132, 133, 138, 139

Framework 21, 23, 27, 44, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 140

I

Informática 71, 78, 86, 116, 119, 121, 124, 126, 129, 130, 165, 166

Inteligência computacional 131, 140

Internet 19, 20, 23, 64, 76, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152

J

JavaFX 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59

Jogos 49, 51, 52, 59, 104, 115, 157

M

Medição 100, 104, 105

Modelamento 2, 33

O

Ordenação 154

Orientação a objetos 49, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 60

P

Pensamento computacional 107, 108, 109, 110, 112, 113, 115, 116, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 163, 164, 165

Plataforma web 39, 40

Processo 1, 2, 26, 33, 41, 42, 44, 50, 59, 60, 70, 71, 72, 74, 75, 79, 80, 81, 89, 90, 102, 105, 107, 110, 126, 128, 131, 133, 138, 144, 155, 156, 164

Programação 49, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 59, 60, 90, 92, 107, 109, 113, 114, 115, 116, 128, 138, 157, 166

R

Recuperação de energia 2

Rede elétrica 132, 133, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153

Robótica 107, 108, 109, 112, 113, 114, 115, 116

S

Shadow IT 124, 125, 126, 128, 129, 130

Simulação 17, 32, 33, 72, 74, 75, 79, 80, 81, 83, 108, 149

Software 12, 17, 21, 32, 34, 35, 36, 37, 41, 42, 43, 44, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 113, 114, 115, 116, 124, 125, 127, 128, 129, 140, 150, 166

T

Tecnologia da informação 124, 125, 166

Telecomunicações 32, 37, 38, 126, 143, 145

Teste 70, 74, 76, 77, 78, 82, 83, 84, 85, 119, 132, 143, 149, 150, 151

Treinamento 92, 101, 117, 118, 122

U

Usabilidade 70, 73, 76, 77, 78, 82, 83, 84, 85, 121, 127

W

Web 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 30, 31, 33, 39, 40, 41, 44, 45, 63, 86

ENSINO, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NA ENGENHARIA ELETRÔNICA E COMPUTAÇÃO

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Ernane Rosa Martins
(Organizador)


Ano 2021

ENSINO, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NA ENGENHARIA ELETRÔNICA E COMPUTAÇÃO

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Ernane Rosa Martins
(Organizador)


Ano 2021