

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

The background is a dark purple gradient with a pattern of white and light blue mathematical and engineering icons. These include gears, a compass, a pencil and ruler, a scale, a network diagram, a calculator, a molecular structure, a bell curve, a magnifying glass, a book, a graph with the equation $y = \cos x$, a graph with the equation $y = |x|$, a graph with the value 3.14, and a graph with a plus sign.

Estudos (Inter)
Multidisciplinares
nas Engenharias

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Engenharias

Atena Editora
2019

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



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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª 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 Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos (inter) multidisciplinares nas engenharias 1 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-697-3 DOI 10.22533/at.ed.973190910</p> <p>1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. I. Silva, Helenton Carlos da.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Engenharias*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 25 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da (inter) multidisciplinaridade nas engenharias.

O processo de aprendizagem, hoje em dia, é baseado em um dinamismo de ações condizentes com a dinâmica do mundo em que vivemos, pois a rapidez com que o mundo vem evoluindo tem como chave mestra a velocidade de transmissão das informações.

A engenharia praticada nos dias de hoje é formada por conceitos amplos e as situações a que os profissionais são submetidos mostram que esta onda crescente de tecnologia não denota a necessidade apenas dos conceitos técnicos aprendidos nas escolas.

Desta forma, os engenheiros devem, além de possuir um bom domínio técnico da sua área de formação, possuir domínio também dos conhecimentos multidisciplinares, além de serem portadores de uma visão globalizada.

Este perfil é essencial para o engenheiro atual, e deve ser construído na etapa de sua formação com o desafio de melhorar tais características.

Dentro deste contexto podemos destacar que uma equipe multidisciplinar pode ser definida como um conjunto de profissionais de diferentes disciplinas que trabalham para um objetivo comum.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos estudos da (inter) multidisciplinaridade nas engenharias, com destaque mais diversas engenharias e seus temas de estudos.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A IMPORTÂNCIA DA (INTER) MULTIDISCIPLINARIDADE NAS ENGENHARIAS PARA O DESENVOLVIMENTO E OPERAÇÃO DAS CIDADES INTELIGENTES	
Roberto Righi Roberta Betania Ferreira Squaiella	
DOI 10.22533/at.ed.9731909101	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE DOS MÉTODOS DE ENSINO E AVALIAÇÕES UTILIZADOS NA GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL	
Elaine Cristina Lengowski Carla Cristina Cassiano	
DOI 10.22533/at.ed.9731909102	
CAPÍTULO 3	26
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE POSTO DE TRABALHO EM UM ATELIÊ DE SOUVENIRS COM USO DOS MÉTODOS OWAS E DE SUZANNE RODGERS	
Jordy Felipe de Jesus Rocha Maria Vanessa Souza Oliveira Leila Medeiros Santos Bento Francisco dos Santos Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.9731909103	
CAPÍTULO 4	40
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA: ESTUDO DE CASO DE VIGILANTES	
Gustavo Francesco de Moraes Dias Diego Raniere Nunes Lima Renato Araújo da Costa Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho Fernanda da Silva de Andrade Moreira Hugo Marcel Flexa Farias Jessica Cristina Conte da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.9731909104	
CAPÍTULO 5	53
ESTILO DE LIDERANÇA QUE O ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO DEVE POSSUIR NA ÓTICA DOS ENGENHEIROS DE PRODUÇÃO DA FACULDADE PARAÍSO DO CEARÁ	
Emmanuela Suzy Medeiros José Valmir Bezerra e Silva Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.9731909105	
CAPÍTULO 6	66
EVOLUÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A INDÚSTRIA NO BRASIL	
Lídia Silveira Arantes Thales de Oliveira Costa Viegas	
DOI 10.22533/at.ed.9731909106	

CAPÍTULO 7 80

**GOVERNANÇA, RESPONSABILIDADE SOCIAL E SUSTENTABILIDADE:
ENTENDENDO OS FENÔMENOS DE GESTÃO ORGANIZACIONAL**

Leonardo Petrilli
Denize Valéria dos Santos Baia
Juliana Fernanda Monteiro de Souza

DOI 10.22533/at.ed.9731909107

CAPÍTULO 8 93

**PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL DE UMA
ESCOLA DA REDE PÚBLICA MUNICIPAL DE PARAUAPEBAS**

Diego Raniere Nunes Lima
Renato Araújo da Costa
Gustavo Francesco de Moraes Dias
Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho

DOI 10.22533/at.ed.9731909108

CAPÍTULO 9 105

**ANÁLISE DO RISCO DE ACIDENTE CAUSADO PELA ALTA TEMPERATURA EM
ALTO-FORNO SIDERÚRGICO NO MUNICÍPIO DE MARABÁ – PA**

Diego Raniere Nunes Lima
Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho
Gustavo Francesco de Moraes Dias
Renato Araújo da Costa

DOI 10.22533/at.ed.9731909109

CAPÍTULO 10 120

**CONFECÇÃO DE BANCADA DIDÁTICA PARA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS
HIDRELÉTRICOS COM PERSPECTIVA À INTEGRAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0**

Kariston Dias Alves
Gustavo Catusso Balbinot
Artur Vitório Andrade Santos

DOI 10.22533/at.ed.97319091010

CAPÍTULO 11 131

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA ESTUDO DE VIABILIDADE
TÉCNICA DE TERMELÉTRICAS A BIOMASSA NO BRASIL**

Beatriz Gabrielle de Carvalho Pinheiro
Josiane do Socorro Aguiar de Souza Oliveira Campos
Luciano Gonçalves Noleto
Maria Vitória Duarte Ferrari
Tallita Karolline Nunes

DOI 10.22533/at.ed.97319091011

CAPÍTULO 12 143

**DESENVOLVIMENTO DE UM REGULADOR AUTOMÁTICO DE TENSÃO
MICROCONTROLADO UTILIZADO EM GERADORES SÍNCRONOS ISOLADOS**

Guilherme Henrique Alves
Lúcio Rogério Júnior
Antônio Manoel Batista da Silva
Wellington Mrad Joaquim

CAPÍTULO 13 157

**DESPACHO ÓTIMO DAS UNIDADES GERADORAS DA USINA HIDRELÉTRICA
LUIS EDUARDO MAGALHÃES**

Henderson Gomes e Souza
Brunno Henrique Brito
Vailton Alves de Faria
Jabson da Cunha Silva

DOI 10.22533/at.ed.97319091013

CAPÍTULO 14 170

**DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE ÓPTICA E TÉRMICA DE UM COLETOR
PARABÓLICO COMPOSTO COM E SEM EFEITO ESTUFA**

Joaquim Teixeira Lopes
Ricardo Fortes de Miranda
Keyll Carlos Ribeiro Martins
Camila Correia Soares

DOI 10.22533/at.ed.97319091014

CAPÍTULO 15 177

**EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO DE ENDURECIMENTO POR
PRECIPITAÇÃO NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS EM
LIGAS DE AL-SI-MG FUNDIDAS**

Albino Moura Guterres
Daniel Beck
Cláudio André Lopes de Oliveira
Juliano Poleze

DOI 10.22533/at.ed.97319091015

CAPÍTULO 16 186

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A REDE PARA CONSUMIDORES DO GRUPO A**

Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho
Murilo Miceno Frigo
Gustavo Francesco de Moraes Dias
Diego Raniere Nunes Lima
Renato Araújo da Costa
Timóteo Gonçalves Braga

DOI 10.22533/at.ed.97319091016

CAPÍTULO 17 199

**GESTÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS
ELETRÔNICOS NA IMAGEM SOM ELETRÔNICA LTDA**

Carla Ruanita Pedroza Maia
Leila Medeiros Santos
Maria Vanessa Souza Oliveira
Bento Francisco dos Santos Júnior

DOI 10.22533/at.ed.97319091017

CAPÍTULO 18	212
INDICADOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	
Jean Carlos da Luz Pereira Felipe Guimarães Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.97319091018	
CAPÍTULO 19	225
INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR DE MODIFICAÇÕES NA CÉLULA FOTOVOLTAICA MONOCRISTALINA DE SILÍCIO	
Marcus André Pereira Oliveira Ana Flávia de Sousa Freitas Thiago Barros Pimentel Adão Lincoln Montel	
DOI 10.22533/at.ed.97319091019	
CAPÍTULO 20	234
UMA APLICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EFICIÊNCIA EXERGÉTICA DAS TURBINAS A VAPOR NAS INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS	
Nancy Lima Costa Maria de Sousa Leite Filha Arthur Gilzeph Farias Almeida Jaciera Dantas Costa Antônio Daniel Buriti de Macêdo José Nunes de Oliveira Neto Jordany Ramalho Silveira Farias José Jefferson da Silva Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.97319091020	
CAPÍTULO 21	242
THE STEAM GENERATION CENTERS AS A VECTOR FOR THE SUGARCANE MILLS EVOLUTION TO THE SUCRO-ENERGETICS PLANTS FORMAT	
Roque Machado de Senna Henrique Senna Rosimeire Aparecida Jerônimo	
DOI 10.22533/at.ed.97319091021	
CAPÍTULO 22	252
ANÁLISE DE CERTIFICADOS DIGITAIS EM DOMÍNIOS BRASILEIROS	
Matheus Aranha Diogo Pereira Artur Ziviani Fábio Borges	
DOI 10.22533/at.ed.97319091022	
CAPÍTULO 23	264
ANÁLISE DO IMPACTO DO ROTEAMENTO ALTERNATIVO EM REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS TRANSLÚCIDAS CONSIDERANDO DIFERENTES CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DE TRANSMISSÃO	
Arthur Hendricks Mendes de Oliveira Helder Alves Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.97319091023	

CAPÍTULO 24	271
SENSORIAMENTO ELETRÔNICO DE BAIXO CUSTO NO MONITORAMENTO HIDRÁULICO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS	
Lidiane Bastos Dorneles	
Samuel dos Santos Cardoso	
Samanta Tolentino Ceconello	
Jocelito Saccol de Sá	
DOI 10.22533/at.ed.97319091024	
CAPÍTULO 25	283
TUTORIAL SOBRE REPETIDORES DE DADOS MÓVEIS	
Carine Mineto	
Lyang Leme de Medeiros	
Helder Alves Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.97319091025	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	295
ÍNDICE REMISSIVO	296

THE STEAM GENERATION CENTERS AS A VECTOR FOR THE SUGARCANE MILLS EVOLUTION TO THE SUCRO-ENERGETICS PLANTS FORMAT

Roque Machado de Senna

Universidade Federal de São Paulo,
Departamento de Engenharia Química, Diadema -
São Paulo

Henrique Senna

Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais Juiz
de Fora – Minas Gerais

Rosimeire Aparecida Jerônimo

Instituto de Ciências Tecnológicas (ICT)
Universidade Federal de Itajubá, *Campus* Itabira,
Itabira - MG

ABSTRACT: The energy generation by the sugar-energy sector occurs simultaneously in the modalities: process heat, mechanical energy, electric energy for own consumption and excess, predominantly from sugarcane bagasse. It is intended the technological and economic aspects systemic approach, in order to contribute to the bioenergy definitive insertion, coming from the sugar-energy sector, as a great relevance complementary alternative, to support the Brazilian energy matrix. Considering that the 68 bar and 100 bar units yield were modeled at 38.97% and 42.80%, no doubt the steam generator system replacement could be an extreme importance procedure from the technical and economical view point, for increasing efficiency and, consequently, raising the revenues with the surplus electric energy

generation, in the 25.63% to order 86,499 MWh / crop, equivalent to 15.57 million Reais, to a MWh traded at CCEE / ANEEL at R\$ 180.00, corresponding to a R\$ 15.57 million value to be added, for a 212.80 tons sugarcane bagasse processing.

KEYWORDS: Sugarcane mill modeling. Steam Generation Center. 68 bar and 100 bar Boilers. Steam Boiler Efficiency. Cogeneration.

1 | INTRODUCTION

Up until the 1970s, large hydroelectric plants were predominant due to the generating electricity low cost production due to the excellent scale factor that had a huge impact on the generating energy cost, and also due to the prohibition policies lack to the environmental impacts resulting from their activity (SANTOS, 2014).

The electric energy generation, surplus in the sugar and alcohol sector, predominantly exported to the National Interconnected System (SIN), had its discussion started a long time ago, however, even so, the quantities produced are far below their real production and export capacity (SANTOS, 2014).

On the other hand, a significant advantage for the sugar and alcohol industry associated with bioelectricity is the constant

financial contribution guarantee from the energy commercialization, as opposed to the cane production seasonality to which they are subject (EPE, 2013). The electric power purchase by the sugar and alcohol plants was almost extinct when the Steam Generator (GV) operating pressure exceeded the 22 bar (2.2 MPa) at 300 °C mark. In this technological generation, by 21 bar; 2.1 MPa to 22 bar; 2.2 MPa, which occurred, predominantly, around the 80s, the GV efficiency did not allow to sell surplus electric power, but with amount the bagasse by 0 to 10 %, it did not have enough biomass, to generate such electric energy surpluses. At that time, the sugar and ethanol mills maintained an energy balance for almost 15 years, producing and consuming for each ground cane ton, electric energy 12 kWh, mechanical energy 15 kWh and thermal energy 330 kWh in 550 kg of steam per tonne (SOSA ARNAO, 2007).

With the 45 bar (4.5 MPa) Steam Generator (GV) system introduction, which is now intermediate efficiency considered, it was possible to obtain bagasse leftovers, in quantities sufficient to supply this GV, as well as to produce electric energy, with significant commercial value. Today are considered modern, 65 Bar (6.5 MPa) and 100 bar (10 MPa) the order SG systems (SOSA ARNAO, 2007; SOUZA & AZEVEDO, 2006).

The electricity excesses are exported to the Brazilian Interconnected Electric System (SIN) by contracts used and prepared by the Brazilian Electric Energy Trading Chamber and supervised on the Brazilian Electric Energy Agency (CCEE / ANEEL), which has the electric power purchase intermediation role and sale, among the actors. The biomass plants can market their surplus to electricity distribution concessionaires for free and special electricity consumers, in accordance with Brazilian Decree N° 6,048/2007 (EPE, 2013; SOUZA & AZEVEDO, 2006; OLIVEIRA, 2013).

This work objective is to model two the existing system stands for steam generators operating at 68 bar, 510 °C and 100 bars at 510 °C, respectively, where their design drawings are adapted for modeling and, according to the operation reality, using real industrial data. It is the authors intention with this auxiliary study elaboration to the Productive System in the investment and technical decision making, through this technological way.

2 | METHODOLOGY

2.1 Traditional Rankine Cycle with GV-CTR-68 bar

The traditional Rankine Cycle (CTR), as can be seen in figure (01), is the most widely used model to evaluate the industrial unit efficiency generating bioenergy, since this CTR is a realistic and practical model, that is in opposition to the idealized Carnot cycle. Some care should be taken when evaluating a CTR, such as energy efficiency reduction, and maintenance costs, when care with turbine feeding do not

observe saturated steam, with high liquid content associated with their flowout taking into account turbine blades erosion possibility (SMITH, 2007).

In order to improve the CTR performance, after the condensation stage, it is necessary to focus on the need to completely condensate the vapor, and with this, to facilitate the saturated liquid adiabatic pumping to the boiler. It has also proved important to overheat the steam, the constant pressure in the GV, in order to increase its average temperature, the heat transfer to steam. All of these steps make it possible to increase CTR efficiency. Another interesting procedure to increase the CTR efficiency is to insert a second heating stage for the turbine, thereby maintaining the superheated steam, raising the average turbine feed temperature, and concomitantly lowering the turbine rejected heat average temperature. Such measures make it possible to increase the CTR efficiency (SMITH, 2007).

The CTR's operating curve is shown in figure (2), where the entropy (S) on the horizontal axis, and on the vertical axis the temperature (T). When considering the areas involved it is possible to evaluate the work developed by the heat transferred to the fluid. The following is a (01) to (08) analytical model equations based on steam tables in VAN WYLEN (2003), an applicable model for the CTR average efficiency determination $[\eta_t (\%)]$, as a the various phases consequence that occur, based on the first one and the thermodynamics second law, where kinetic and potential energy variations are neglected as well as the various heat losses in the various facilities equipment.

$$\eta_t (\%) = w_{liq} / q_h \text{ the traditional Rankine cycle yield (01)}$$

$$w_{liq} = w_t - w_b \text{ the network = the turbine work - the pump work (02)}$$

$$q_h = h_3 - h_2 \text{ heat supplied, boiler = enthalpy outlet-enthalpy input (03)}$$

$$h_2 = h_1 + f v \cdot dp \text{ the boiler inlet enthalpy (04)}$$

$$w_b = v \cdot (p_2 - p_1) \text{ the pump work + specific volume. } \Delta \text{pressure (05)}$$

$$h_4 = h_{L4} + x_4 \cdot h_{Lv4} \text{ the turbine output enthalpy (06)}$$

$$w_t = h_3 - h_4 \text{ the turbine work=the enthalpy input-the enthalpy output (07)}$$

$$S_4 = S_3 = S_{L4} + x_4 \cdot S_{Lv4} \text{ the entropy in (3) and (4) are equal, then the}$$

$$\text{title } x_4 \text{ is determined, based on the steam tables (08)}$$

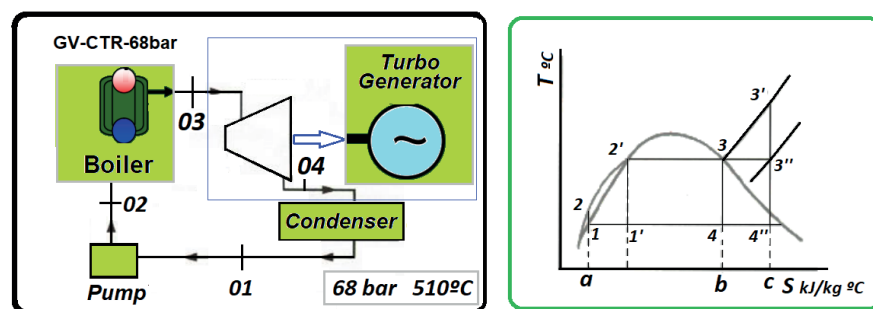


Figure 01 and 02: The traditional Rankine cycle and Entropy & Temperature Curve

Source: author, adapted from VAN WYLEN (2003).

The GV-CTR-68bar used as a base is basically two aquatubber boilers composed, two steam turbines, operating 68 bar, 6.8 MPa, 510 ° C, as shown in figure (01), for the modeling purposes, the thermodynamic parameters, were based on available steam tables (VAN WYLEN, 2003), as well as on the data used by Abreu (2015), where the sugarcane bagasse was has considered contain 50% humidity, and 7,200 kJ / kgc (kilogram of cane) lower calorific value (CIP), the 275 kg per tonne cane bagasse content, and in addition two condensers operating in 0.1 bar (10 kPa), two pumps used to transport the water and pressurizing the boilers. The total bagasse consumption is 212.80 tb / h, with the boiler's operation in 5,853 hours per harvest.

GV-CTR-68 bar, used as a basis in this model, with simplifications, is located in the Quirinópolis, Goiás State Municipality, and is an Independent Producer and Electric Energy Self-Producer, located in the Southeast / Center-West energy submarket. It has two aquatubber boilers, each one with a 250 tons / hour flow, with two Generator Units, in a 40 MW each simple thermal cycle, installed capacity totaling 80 MW, authorized to operate by Ordinance N° 123 / MME / BRASIL / 2007, with the conventional energy generation concession, with the 50 MW for generation Distribution System use contract - MUSD. The internal contract plant energy consumption is 8 MW in the Peak position, 8 MW for out the tip.

2.2 Regenerative Rankine Cycle and Mixing Heater-GV-CRRAM-100bar

In this section, the methodology for the efficiency determination in the Regenerative Rankine Cycle with Mixing Heater (CRRAM), is shown in figure (03), and figure (04). In this CRRAM the steam enters the turbine through the stage (5). After expansion is extracted to the (6) state, and the steam remainder continues the expansion in the turbine to the (7) stage, and is then brought to the condenser, and from there, to make the mixture with the steam extracted from the turbine. Since the steam extracted amount is only sufficient to convert the condensate into fully saturated liquid in (3) stage, as soon as it leaves the mixing heater. At this stage end the saturated liquid is pumped to the boiler pressure (4) stage, and then the average temperature at which the fluid is supplied rises (VAN WYLEN, 2003).

The CRRAM operating curve is shown in figure (04), with the entropy (S) on the horizontal axis, and the temperature (T) on the vertical axis. When considering the areas involved it is not possible to accurately assess the heat transferred to the fluid by the work developed, since the steam part is diverted to the water heater.

In the following table, we will analyze, in an analytical way, based on steam tables (VAN WYLEN, 2003), a (09) to (20) analytical model equations to determine the CRRAM average efficiency [η_t (%)], as the several phases consequence that occur.

$$\eta_t (\%) = w_{liq} / q_h \text{ the CRRAM yield (09)}$$

$$w_{liq} = w_{t-} (1 - m_1). w_{b_1} - w_{b_2} \text{ the cycle network (10)}$$

$$w_{b_1} = h_2 - h_1 = \int v. dp \text{ the pump work 1 (11)}$$

$$h_2 = h_1 - w_{b1} \text{ the enthalpy 2 (12)}$$

$$w_{b2} = h_4 - h_3 = \int v \cdot dp \text{ the work pump 2 (13)}$$

$$\int v_{43} \cdot dp = v_{43} (p_4 - p_3) \text{ the pump work = the specific volume} \cdot \Delta \text{pressure (14)}$$

$$S_5 = S_6 = S_{L6} + x_6 \cdot S_{LV6} \text{ the entropy in 5 and 6 are equal (15)}$$

$$h_6 = h_{L6} + x_6 \cdot S_{LV6} \text{ the enthalpy in 6 (16)}$$

$$S_5 = S_7 = S_{L7} + x_7 \cdot S_{LV7} \text{ the entropy in 5 and 7 are equal (17)}$$

$$h_7 = h_{L6} + x_6 \cdot S_{LV6} \text{ the enthalpy at 7 (18)}$$

$$h_3 = m_1 \cdot h_6 + (1 - m_1) \cdot h_2 \text{ the determination fraction } m_1 \text{ (19)}$$

$$w_{t=(h_5 - h_6) + (1 - m_1) \cdot (h_6 - h_7)} \text{ the enthalpy input - the extraction output enthalpy} \\ + \text{ input enthalpy - the enthalpy output, complementary to extraction (20)}$$

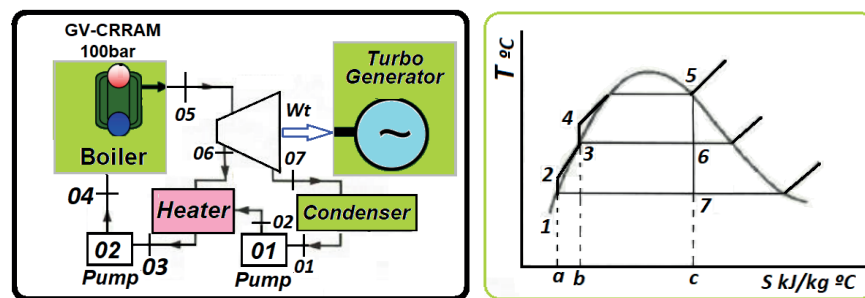


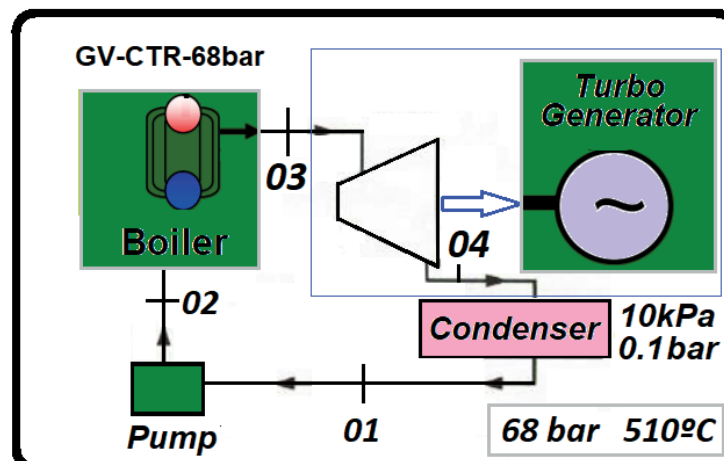
Figure 03 and 04: Regenerative Rankine Cycle with Mixing Heater and *Entropy & Temperature Curve*

Source: author, adapted from VAN WYLEN (2003).

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Traditional Rankine Cycle in 68 bar Sucreoenergetic Steam Generator (GV-CTR68bar)

The thermal efficiency determination, as a base factor for the electric power production, by thermoelectric plants powered by sugarcane biomass was determined for a sugarcane industry standard, here called GV-CTR-68bar, as shown in figure (05).



Traditional Rankine Cycle (CTR)					
enthalpy(h), entropy(s), specific volume(v)					
	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)	s _l (kJ/kg.K)	s _{lv} (kJ/kg.K)	v (m ³ /kg)
1	191.81	.	.	.	0.00101
2
3	.	6.8441	.	.	.
4	.	.	0.6492	7.5010	.

Source: author with VAN WYLEN (2003) adaptations

Figure 05 and 06: the GV-CTR-68bar adopted model.

Source: author, adapted from VAN WYLEN (2003)

The thermal efficiency determination, as a base factor for the electric power production, by thermoelectric plants powered by sugarcane biomass was determined for a sugarcane industry standard, here called GV-CTR-68bar, as shown in figure (05).

$$w_{liq}/q_h = 1,261.92/3,238.13 = 38.97 \% \quad (19)$$

$$w_{liq} = w_t - w_b = 1,268.69 - 6.77 = 1,261.92 \text{ kJ/kg} \quad (20)$$

$$q_h = h_3 - h_2 = 3,436.70 - 198.57 \text{ kJ/kg} \quad (21)$$

$$h_2 = h_1 + f v \cdot dp = 198.57 \text{ kJ/kg} \quad (22)$$

$$w_b = v \cdot (p_2 - p_1) = 6.77 \text{ kJ/kg} \quad (23)$$

$$h_4 = h_{L4} + x_4 \cdot h_{LV4} = 2,168.01 \text{ kJ/kg} \quad (24)$$

$$w_t = h_3 - h_4 = 1,268.69 \text{ kJ/kg} \quad (25)$$

$$S_4 = S_3 = S_{L4} + x_4 \cdot S_{LV4} = 6.8441 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \quad (26)$$

$$x_4 = 0.8259 \quad (27)$$

The GV-CTR-68bar, used as a basis in this model, with simplifications, had a performance in the excess electricity exported generation / imported in the SIN, the 2016 harvest, as shown in figure 07.

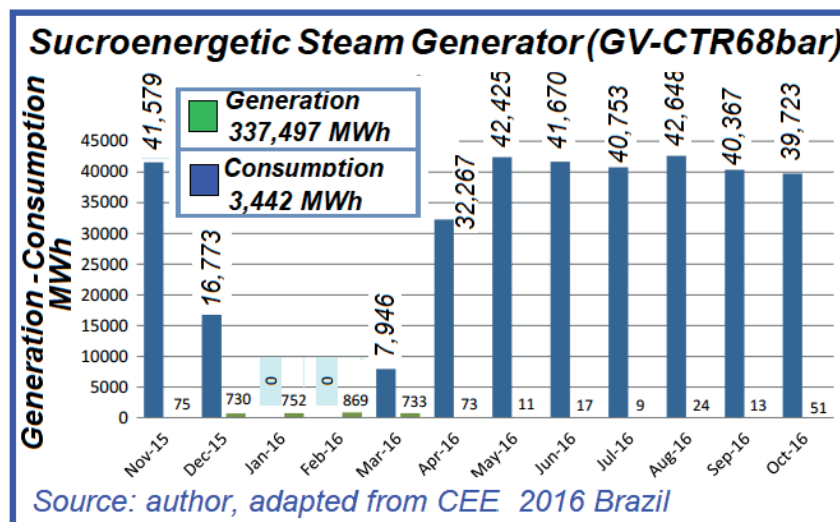


Figure 07 Electricity Excess exported / imported in SIN, 2016 harvest GV-CTR-68bar, LT 138 kV / UTE Boa Vista - SE Quirinópolis - GO.

The UTE Boa Vista energy consumption is, as from 2017, under a free contracting regime, belonging to Group A, Subgroup A2, Blue Rate Modality, with the seasonality benefit. It has a 38.9 MW Physical Guarantee for the year 2016. (DE ABREU, 2015; CCEE, 2016).

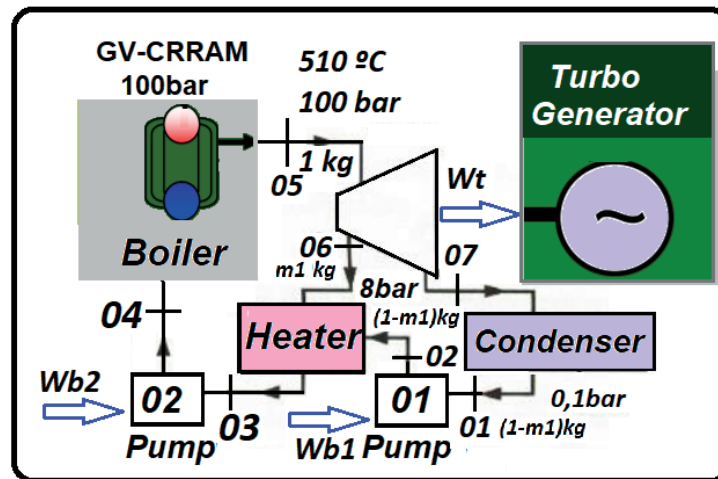
3.2 Regenerative Rankine Cycle with 100 bar Sucroenergetic Plant Steam Generator and Mixer Heater (GV-CRRAM 100 bar)

Shows up in the figure (08), the GV-CRRAM system 100 bar simplified structure, and figure (09), the parameters obtained from the steam tables, to obtain the theoretical efficiency, as shown in equations (28) to (40). Shows up in the figure 10 the excess electricity exported and imported balance in the SIN, 2016 harvest, by the UTE Boa Vista, whose is GV-CRR 100 bar generation system, which supplies the 138 kV (138 kV) electricity transmission line from UTE Boa Vista up to Electrical Substation (SE) Quirinópolis – GO (DE ABREU, 2015; CCEE, 2016).

The thermal efficiency improvement, shown in equations (19) and (28) from 38.97% to 42.80 %, was the base factor for the increase in the surplus electric energy production, as shown in figure (10). It is observed that despite a seemingly low 2.756 % efficiency increase $[(1.4280 / 1.3897 - 1) \cdot 100]$, an enormous surplus energy amount was generated, in the 86,499 MWh amount, representing 25.63 %, reflecting the efficiency improvement that affects all the biomass used, and the surplus electric energy generation, occurs only after meeting the energy Plant demands.

The total annual generation, after updating to GV-CRR 100 bar, resulted in 434,868 MWh, and considering net generation, including own consumption and the basic grid losses, resulted in 423,996 MWh. In order to adjust the new generation configuration due to this net generation increase, an amount to 9.87 MW in the Physical Guarantee was added to the existing 38.9 MW, totaling 48.77 MW. The proposed changes did not

significantly affect the unit's own electricity consumption, and for this reason it was not considered for modeling purposes. It is important to note that UTE Boa Vista will use the same biomass amounts in the current steam generator.



Regenerative Rankine Cycle with Mixing Heater (CRRAM) enthalpy (h), entropy (s), specific volume (v)

	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)	s _l (kJ/kg.K)	s _v (kJ/kg.K)	v (m ³ /kg)
1	191.81	-	-	-	0.00101
2	-	-	-	-	-
3	721.10	-	-	-	0.001115
4	-	-	-	-	-
5	3,399.06	-	-	-	-
6	-	-	2.0461	4.6166	-
7	-	-	0.6493	7.5009	-

Source: author with VAN WYLEN (2003) adaptations

Figure 08 and 09 the GV-CRRAM 100bar, and values extracted from the steam tables

Source: author, adapted from VAN WYLEN (2003).

For the Rankine Thermal Cycle GV-CRRAM modality the efficiency calculation, as described in (2.2), was found the value of η_t (%) = 42.80%, being:

$$\eta_t (\%) = w_{liq}/q_h \quad 1,141.76/2,667.70 = 42.80 \% \quad (28)$$

$$w_{liq} = w_t - (1-m_1) \cdot w_{b1} - w_{b2} \quad 1,141.76 \text{ kJ/kg} \quad (29)$$

$$w_{b1} = h_2 - h_1 = \int v \cdot dp \quad 0.00101(800-10) = 0.80 \text{ kJ/kg} \quad (30)$$

$$h_2 = h_1 - w_b \quad 191.9 - (-0.80) = 192.61 \text{ kJ/kg} \quad (31)$$

$$w_{b2} = h_4 - h_3 = \int v \cdot dp \quad 0.001115(10.000-800) = 10.26 \text{ kJ/kg} \quad (32)$$

$$h_4 = h_3 - w_{b2} \quad 721.10 - (-10.26) = 731.36 \text{ kJ/kg} \quad (33)$$

$$S_5 = S_6 = S_{L6} + x_6 \cdot S_{Lv6} \quad 6.6284 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \quad (34)$$

$$h_6 = h_{L6} + x_6 \cdot S_{Lv6} \quad 721.10 + 0.9832(2048) = 2,734.69 \text{ kJ/kg} \quad (35)$$

$$S_5 = S_7 = S_{L7} + x_7 \cdot S_{Lv7} \quad 6,6284 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \quad (36)$$

$$h_7 = h_{L7} + x_7 \cdot S_{Lv7} \quad 191.81 + 0.8051(2392.80) = 2,118.25 \text{ kJ/kg} \quad (37)$$

$$h_3 = m_1 \cdot h_6 + (1-m_1) \cdot h_2 \quad m_1 = 0.2079 \quad (38)$$

$$w_t = (h_5 - h_6) \cdot m_1 + (1-m_1) \cdot (h_5 - h_7) \quad 1,152.65 \text{ kJ/kg} \quad (39)$$

$$x_6 \quad 0.9832 \quad (40)$$

$$x_7 \quad 0.8051 \quad (41)$$

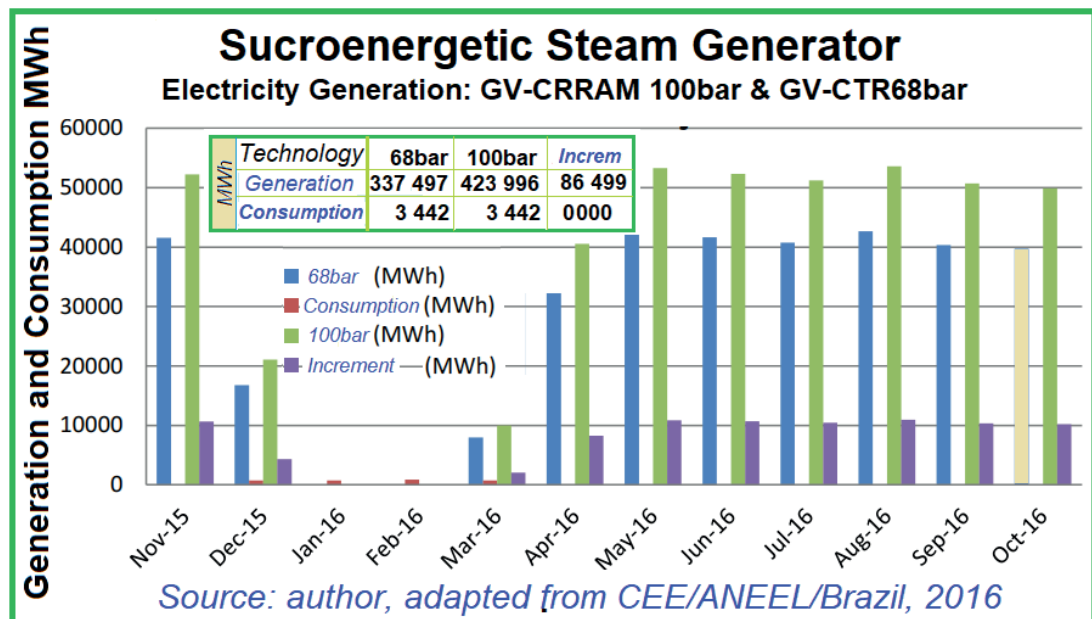


Figure (10) Annual balance, Electric Energy Surplus exported / imported in SIN, GV-CTR-68bar & GV-CTR100bar, 2016 harvest, 138 kV LT / UTE Boa Vista - Quirinópolis - GO

4 | CONCLUSIONS

Considering the technical aspects, the steam generator modernization is an extreme importance requirement, as shown in the model presented for the GV-CTR-68bar system by GV-CTR100 bar system, where an 2.756% efficiency increase the electricity surplus amount was 25.63%, or 86,499 MWh / harvest, equivalent to R\$ 15.57 million, for the MWh sold at CCEE at R\$ 180.00 / MWh. The biomass amount for the system operation was 212.80 ton / h (sugarcane bagasse tons per hour). The 68 bar and 100 bars units' yields were modeled with 38.97% and 42.80% efficiency. When assessing the economic and financial aspects, other issues can be considered, such as the necessary cost for the appropriate substitutions, according to the different technologies systems, since more current technologies may have non-linear costs for substitution and, therefore, the analysis should be taking this question into account.

REFERENCES

ANEEL/EPE-DPG-SGB-BIOS; **Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto** NT-02-2016 Data: 16 de setembro de 2016.

DE ABREU, D. I. P. **Memorial Descritivo UTE Boa Vista - Central Geradora Termelétrica**. Nukleon. Piracicaba, p. 16. 2015

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, PDE, 2022, **Plano Decenal de Expansão de Energia**

2022 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2013.

OLIVEIRA, C. A., **Cogeração a partir do Bagaço da Cana de Açúcar: Histórico, Situação Atual e Perspectivas para o Setor. Monografia**, UFSC, Programa de Pós-Graduação em Gestão do Setor Sucreenergético MTA, 2013, Sertãozinho, SP

SANTOS, R. D. D. **O Uso da Biomassa da Cana de Açúcar para Cogeração e Produção de Energia Elétrica: Análise Termodinâmica, Termo-econômica e Econômica**, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2014.

SMITH, J. M.; VAN NESS, H. C.; ABBOTT, M. M. **Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química**. 7^a. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

SOSA ARNAO, J. H, **Caldeiras Aquatubulares de Bagaço – Estudo do Sistema de Recuperação e Energia**, Tese de Doutorado, Unicamp, 2007

SOUZA, Z. J.; AZEVEDO, P. F., **Geração de energia elétrica excedente no setor sucroalcooleiro: um estudo a partir das usinas paulistas**, Rev. Econ. Sociol. Rural vol.44 n°.2 Brasília, 2006, ISSN 0103-2003.

SOUZA, Z. J.; AZEVEDO **Protocolo de Kyoto e co-geração no meio rural: configuração institucional e organizacional e perspectivas**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. *Proceedings online...*, P. F. Available from:<http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022006000200036&lng=en&nrm=abn>. Access on: 18 Mar. 2017.

VAN WYLEN, G. J.; SONNTAG, R. E.; BORGNAKKE, C. **Fundamentals of Thermodynamics**. 6. ed. [S.I.]: Wiley, 2003.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alto forno 105, 108

B

Bancada didática 120, 123, 129, 273, 274, 277, 281, 282

C

Cartografia 131

Casca de arroz 131, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140

Cidades Inteligentes (CI) 1, 5, 7, 8

Comissionamento das unidades hidrelétricas 157, 165, 167

Concentrador solar 170

Conscientização ambiental 93

CPC 170, 171, 172, 175, 176

D

Dimensionamento 170, 171, 175, 176, 193

E

Educação ambiental 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Educação na escola 93

Energia solar 170, 171, 186, 187, 228, 233

Engenheiro de produção 53, 54, 55, 58, 59, 61, 62, 63, 64

Ensino universitário 13

Ergonomia 26, 27, 28, 35, 40, 41, 42, 51, 52, 58, 295

Estilo de liderança 53, 54, 55, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64

F

Fenômenos organizacionais 80

Função de produção hidrelétrica 160, 169

G

Gerador síncrono isolado 143

Governança corporativa 80, 82, 88, 89, 90, 91

I

Índice de aproveitamento 13

Indústria 4.0 120, 122, 123, 125, 126, 128, 129, 130

Inovação 3, 6, 7, 8, 57, 66, 67, 68, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 281, 295

(Inter) Multidisciplinaridade 1, 2, 9

L

Liderança 38, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65

M

Método de Suzanne Rodgers 26, 28, 29, 34

Métodologias ativas 13

Método OWAS 26, 42, 44, 45, 50, 51

Microcontrolador PIC 143

Miniusinas 131, 139

O

Óptica 170, 175, 264, 265, 266, 268, 282, 285, 286, 287

P

Plano diretor 1

Política industrial 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79

Política pública 66

Prevenção a acidentes 105

Programação não-linear inteira-mista 157, 158, 162

Projetos urbanos 1

Q

Questionário nórdico 26, 30, 34, 37

R

Regulador automático de tensão 143, 144, 145, 149, 150

Responsabilidade social 58, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 200

S

Saúde do colaborador 26

Segurança do trabalho 38, 40, 52, 58, 295

Sistema de excitação 143, 145

Sistemas hidrelétricos 120, 121, 123, 124, 129, 130, 157

Sustentabilidade 7, 10, 58, 71, 80, 82, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 104, 295

T

Tecnologia da informação e comunicação (TIC) 1, 2, 3, 12

Temas transversais 93, 96, 98, 103, 127

Temperatura 36, 37, 105, 106, 107, 108, 109, 112, 116, 117, 118, 143, 147, 170, 172, 173, 174, 175, 179, 218, 220, 225, 226, 227, 229, 230, 231, 232, 233, 238, 282

V

Vigilância 40, 45, 47, 50

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-697-3



9 788572 476973