



MEIO AMBIENTE, SUSTENTABILIDADE E AGROECOLOGIA 4

Tayronne de Almeida Rodrigues
João Leandro Neto
Dennyura Oliveira Galvão
(Organizadores)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Tayronne de Almeida Rodrigues
João Leandro Neto
Dennyura Oliveira Galvão
(Organizadores)

Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia 4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

M514 Meio ambiente, sustentabilidade e agroecologia 4 [recurso eletrônico]
/ Organizadores Tayronne de Almeida Rodrigues, João Leandro Neto, Dennyura Oliveira Galvão. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-330-9

DOI 10.22533/at.ed.309191604

1. Agroecologia – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente – Pesquisa – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Rodrigues, Tayronne de Almeida. II. Leandro Neto, João. III. Galvão, Dennyura Oliveira. IV. Série.

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

APRESENTAÇÃO

A obra Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia vem tratar de um conjunto de atitudes, de ideias que são viáveis para a sociedade, em busca da preservação dos recursos naturais.

Em sua origem a espécie humana era nômade, e vivia integrada a natureza, sobreviviam da caça e da colheita. Ao perceber o esgotamento de recursos na região onde habitavam, migravam para outra área, permitindo que houvesse uma reposição natural do que foi destruído. Com a chegada da agricultura o ser humano desenvolveu métodos de irrigação, além da domesticação de animais e também descobriu que a natureza oferecia elementos extraídos e trabalhados que podiam ser transformados em diversos utensílios. As pequenas tribos cresceram, formando cidades, reinos e até mesmo impérios e a intervenção do homem embora pareça benéfica, passou a alterar cada vez mais negativamente o meio ambiente.

No século com XIX as máquinas a vapor movidas a carvão mineral, a Revolução Industrial mudaria para sempre a sociedade humana. A produção em grande volume dos itens de consumo começou a gerar demandas e com isso a extração de recursos naturais foi intensificada. Até a agricultura que antes era destinada a subsistência passou a ter larga escala, com cultivos para a venda em diversos mercados do mundo. Atualmente esse modelo de consumo, produção, extração desenfreada ameaça não apenas a natureza, mas sua própria existência. Percebe-se o esgotamento de recursos essenciais para as diversas atividades humanas e a extinção de animais que antes eram abundantes no planeta. Por estes motivos é necessário que o ser humano adote uma postura mais sustentável.

A ONU desenvolveu o conceito de sustentabilidade como desenvolvimento que responde as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras de satisfazer seus próprios anseios. A sustentabilidade possui quatro vertentes principais: ambiental, econômica, social e cultural, que trata do uso consciente dos recursos naturais, bem como planejamento para sua reposição, bem como no reaproveitamento de matérias primas, no desenvolvimento de métodos mais baratos, na integração de todos os indivíduos na sociedade, proporcionando as condições necessárias para que exerçam sua cidadania e a integração do desenvolvimento tecnológico social, perpetuando dessa maneira as heranças culturais de cada povo. Para que isso ocorra as entidades e governos precisam estar juntos, seja utilizando transportes alternativos, reciclando, incentivando a permacultura, o consumo de alimentos orgânicos ou fomentando o uso de energias renováveis.

No âmbito da Agroecologia apresentam-se conceitos e metodologias para estudar os agroecossistemas, cujo objetivo é permitir a implantação e o desenvolvimento de estilos de agricultura com maior sustentabilidade, como bem tratam os autores desta obra. A agroecologia está preocupada com o equilíbrio da natureza e a produção de alimentos sustentáveis, como também é um organismo vivo com sistemas integrados

entre si: solo, árvores, plantas cultivadas e animais.

Ao publicar esta obra a Atena Editora, mostra seu ato de responsabilidade com o planeta quando incentiva estudos nessa área, com a finalidade das sociedades sustentáveis adotarem a preocupação com o futuro. Tenham uma excelente leitura!

Tayronne de Almeida Rodrigues

João Leandro Neto

Dennyura Oliveira Galvão

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SYNTHESIS OF TRANSITION METAL NITRIDE AT LOW TEMPERATURE FROM COMPLEXED PRECURSOR	
Rayane Ricardo da Silva Carlson Pereira de Souza André Luís Lopes Moriyama	
DOI 10.22533/at.ed.3091916041	
CAPÍTULO 2	8
TÉCNICAS ASSOCIADAS DE REMEDIAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA E DO SOLO POR HIDROCARBONETOS: ESTUDO DE CASO EM POSTO DE COMBUSTÍVEL	
José Eduardo Taddei Cardoso Paulo Cesar Lodi Ana Maria Taddei Cardoso de Barros	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042	
CAPÍTULO 3	17
TÉCNICAS DE MANEJO PARA RECUPERAÇÃO DE POMAR DE CUPUAÇUZEIRO COM HISTÓRICO DE ALTA INFESTAÇÃO DA DOENÇA VASSOURA-DE-BRUXA	
Hyanameyka Evangelista de Lima Primo Teresinha Silveira Costa Albuquerque Alcides Galvão dos Santos Rosiere Fonteles de Araújo Ezequiel Souza Queiroz Raimundo Silva Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.3091916043	
CAPÍTULO 4	26
TELECONEXÕES ENTRE O EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL E O MODO ANULAR AUSTRAL EM EVENTOS EXTREMOS DE ONDA NAS REGIÕES OCEÂNICAS SUL E SUDESTE DO BRASIL	
Luthiene Alves Dalanhese Thaís Lobato Sarmento André Luiz Belém	
DOI 10.22533/at.ed.3091916044	
CAPÍTULO 5	38
TOPOSLICER® SOFTWARE FOR BIOINSPIRATION USING DOD INKJET PRINTING: FROM AFM IMAGE OF LEAFS TEMPLATES TO A PVB REPLICA OF NON-WETTING SURFACES	
Rosely Santos de Queiroz Elibe Silva Souza Negreiros Sílvio Barros de Melo Severino Alves Júnior Petrus d'Amorim Santa Cruz Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.3091916045	

CAPÍTULO 6 45

UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE PROSIMPLUS® PARA SIMULAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CONVENCIONAL

Tatiana da Silva Sant'Ana
Thaís Cardozo Almeida
Sávio de Meneses Leite Asevedo
Isabella Muniz Monteiro Neves
Elisa Barbosa Marra
Camilla Rocha de Oliveira Fontoura
Moisés Teles Madureira
Cristiane de Souza Siqueira Pereira

DOI 10.22533/at.ed.3091916046

CAPÍTULO 7 54

REMOÇÃO DE CIANOTOXINAS DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO POR ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO

Maria Virgínia da Conceição Albuquerque
Amanda da Silva Barbosa Cartaxo
Ana Alice Quintans de Araújo
Regina Wanessa Geraldo Cavalcanti Lima
Kely Dayane Silva do Ó
Wilton Silva Lopes

DOI 10.22533/at.ed.3091916047

CAPÍTULO 8 65

REMOÇÃO DE EFLUENTE AZUL DE METILENO A PARTIR DA INCLUSÃO DO ADSORVENTE FORMADO POR ÓXIDO DE GRAFITE MISTURADO EM AREIA

Daniel Mantovani
Aline Takaoka Alves Baptista
Luís Fernando Cusioli
Paulo Cardozo Carvalho Araújo
Renan Araújo De Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.3091916048

CAPÍTULO 9 73

REPRODUÇÃO E PREFERÊNCIA DE *Callosobruchus maculatus* (FABRICIUS) (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) SUBMETIDOS A EXTRATOS DE *Caesalpinia pyramidalis* Tul

Delzuite Teles Leite
Adcleia Pereira Pires
Fabricio Chagas Sobrinho
Claudia Oliveira dos Santos
Edson Braz Santana

DOI 10.22533/at.ed.3091916049

CAPÍTULO 10 79

SOLUÇÃO BIOTECNOLÓGICA APLICADA EM REDE DE TRANSPORTE DE ESGOTO PARA REDUÇÃO DE GÁS ODORÍFICO (H₂S)

Abraão Evangelista Sampaio
Almira dos Santos França Carvalho
Marylia Albuquerque Braga
Marcius Guimarães Pinheiro de Lemos

DOI 10.22533/at.ed.30919160410

CAPÍTULO 11 89

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS ARGILO-POLIMÉRICOS PARA O REUSO DE ÁGUA

Roberto Rodrigues Cunha Lima
Gabriela Medeiros dos Santos
Paulla Beatriz França de Sousa
Paulo Douglas Santos de Lima

DOI 10.22533/at.ed.30919160411

CAPÍTULO 12 101

ANÁLISE DE FALHAS E RISCOS AMBIENTAIS: O USO DA FERRAMENTA FMEA NA IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NO CAMPUS JOÃO PESSOA DO IFPB

Jéssica Silva Ramalho
Adriano Lucena da Silva
Maria Deise da Dores Costa Duarte

DOI 10.22533/at.ed.30919160412

CAPÍTULO 13 111

ANÁLISE DE EFICIENCIA DE UM COLETOR SOLAR PVT POR SIMULAÇÃO NUMÉRICA COM BASE NO MAPA SOLARIMETRICO DE MINAS GERAIS

Geisiane Aparecida de Lima
Fábio Moreira Teixeira
Marcos Vinícius da Silva
Rudolf Huebner
Lucas Paglioni Pataro Faria

DOI 10.22533/at.ed.30919160413

CAPÍTULO 14 120

ANÁLISE DE FOURIER PARA IDENTIFICAÇÃO DOS PERÍODOS DOMINANTES INTRADIÁRIOS DO FLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO NA FLORESTA DE TRANSIÇÃO EM SINOP-MT

Stéfano Teixeira Silva
Sergio Roberto de Paulo
Adriel Martins Lima
Leomir Batista Neres
Ricardo Vanjura Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.30919160414

CAPÍTULO 15 134

LEVANTAMENTO DAS ETNOVARIEDADES DE MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*) NOS ECOSISTEMAS DE TERRA FIRME NAS COMUNIDADES DO LAGO DO ANTÔNIO, PROJETO DE ASSENTAMENTO AGROEXTRATIVISTA SÃO JOAQUIM –HUMAITÁ/AM

Erika Micheilla Brasil
Aurelio Diaz
Sonia Maria Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.30919160415

CAPÍTULO 16 141

MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO NA ATMOSFERA POR AMOSTRAGEM PASSIVA COMO PARTE DA GESTÃO AMBIENTAL EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Karina Stella da Silva Ferreira dos Santos
Aurora Mariana Garcia de Franca Souza

DOI 10.22533/at.ed.30919160416

CAPÍTULO 17 148

NANOGERADORES TRIBOELÉTRICOS: NOVOS DISPOSITIVOS PARA ENERGY HARVESTING

Nilsa Toyoko Azana
Pei Jen Shieh
Talita Mazon
Natanael Lopes Dias
Antônio Carlos Camargo do Amaral

DOI 10.22533/at.ed.30919160417

CAPÍTULO 18 157

NANOTUBOS DE TITANATO DE SÓDIO E NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO: SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO NA REMEDIAÇÃO DE EFLUENTESCONTENDO O CORANTE RODAMINA B

Francisco Xavier Nobre
Rosane dos Santos Bindá
Elton Ribeiro da Silva
Rodrigo Muniz de Souza
José Milton Elias de Matos
Lizandro Manzato
Yurimiler Leyet Ruiz
Walter Ricardo Brito
Paulo Rogério da Costa Couceiro

DOI 10.22533/at.ed.30919160418

CAPÍTULO 19 175

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL EM HIDROXIAPATITA COMERCIAL E SINTETIZADA PELO MÉTODO SOL-GEL UTILIZANDO CASCA DE OVO DE GALINHA COMO PRECURSOR

Marcelo Vitor Ferreira Machado
José Brant de Campos
Marilza Sampaio Aguiar
Vitor Santos Ramos

DOI 10.22533/at.ed.30919160419

CAPÍTULO 20 184

BATERIAS LI-O₂ E A INFLUÊNCIA DE ESTRUTURAS CATALÍTICAS AO ELETRODO DE OXIGÊNIO

Gustavo Doubek
Leticia Frigerio Cremasco
André Navarro de Miranda
Lorrane Cristina Cardozo Bonfim Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.30919160420

CAPÍTULO 21	197
BIOSENSORES À BASE DE ÓXIDOS METÁLICOS TRANSPARENTES: TRANSISTORES DE EFEITO DE CAMPO (FETS) E NANOFIOS	
Cleber Alexandre de Amorim Kate Cristina Blanco Ivani Meneses Costa Adenilson José Chiquito	
DOI 10.22533/at.ed.30919160421	
CAPÍTULO 22	214
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E TÉRMICAS DE BLENDS POLIMÉRICAS DE PHBV COM ELASTÔMEROS	
Fernanda Menezes Thais Ferreira da Silva Fábio Roberto Passador Ana Paula Lemes	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042122	
CAPÍTULO 23	227
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS DE TAMARILHO EM FUNÇÃO DO ENSACAMENTO	
Fábio Oseias dos Reis Silva José Darlan Ramos Nathalia Vállery Tostes Iago Reinaldo Cometti Alexandre Dias da Silva Letícia Gabriela Ferreira de Almeida Renata Amato Moreira Miriã Cristina Pereira Fagundes Verônica Andrade dos Santos Giovani Maciel Pereira Filho	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042123	
CAPÍTULO 24	233
CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA E QUALIDADE FISIOLÓGICA EM SEMENTES DE JACARANDÁ-DA-BAHIA (<i>Dalbergia nigra</i> (VELL.) FR. ALL. EX BENTH.)	
Tatiana Reis dos Santos Bastos Jacqueline Rocha Santos Cleidiane Barbosa dos Santos Jerffson Lucas Santos Otoniel Magalhães Morais	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042124	
CAPÍTULO 25	239
ESTUDO COMPARATIVO DE PEROVSKITAS CATALÍTICAS OBTIDAS POR MÉTODOS QUÍMICOS MOLHADOS PARA CONVERSÃO DOS COV'S	
Cássia Carla de Carvalho Anderson Costa Marques Alexandre de Souza Campos Felipe Olobardi Freire Filipe Martel de Magalhães Borges	

Juan Alberto Chavez Ruiz

DOI 10.22533/at.ed.3091916042125

CAPÍTULO 26 249

**AVALIAÇÃO DE METAIS EM SEDIMENTOS DA MICRO BACIA TIETÊ BATALHA
POR MEIO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)**

Ana Maria Taddei Cardoso de Barros

Paulo Cesar Lodi

José Eduardo Taddei Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.3091916042126

CAPÍTULO 27 261

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA ZONA INDUSTRIAL DO MENDANHA,
CAMPO GRANDE, RJ**

Ana Cláudia Pimentel de Oliveira

Alessandra Matias Alves

Aron da Silva Gusmão

Devyd de Oliveira da Silva

Tatiane Vieira de Menezes Coelho

DOI 10.22533/at.ed.3091916042127

CAPÍTULO 28 271

**AVALIAÇÃO ECOTÓXICOLOGICA DE EFLUENTES NA ZONA INDUSTRIAL DE
SANTA CRUZ, RJ**

Ana Cláudia Pimentel de Oliveira

Tatiane Vieira de Menezes Coelho

Sirléia Conceição de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.3091916042128

CAPÍTULO 29 283

**INFLUENCE OF DIFFERENT PERCENTAGES OF ALUMINA ADDITION IN THE
HIGH ENERGY BALL MILLING PROCESS OF THE AISI 52100 STEEL**

Bruna Horta Bastos Kuffner

Gilbert Silva

Carlos Alberto Rodrigues

Geovani Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.3091916042129

CAPÍTULO 30 290

**ON THE ASSESSMENT OF DYE RETENTION IN QUARTZ-BASED CERAMIC
POROUS MATERIAL BY OPTICAL FIBER SENSOR**

Marco César Prado Soares

Murilo Ferreira Marques Santos

Egont Alexandre Schenkel

Beatriz Ferreira Mendes

Gabriel Perli

Samuel Fontenelle Ferreira

Eric Fujiwara

Carlos Kenichi Suzuki

DOI 10.22533/at.ed.3091916042130

CAPÍTULO 31	296
APLICAÇÃO DE ÓXIDOS CONDUTORES TRANSPARENTES PARA DETECÇÃO DE PRODUTOS ENZIMÁTICOS MICROBIANOS	

Cleber Alexandre de Amorim
Kate Cristina Blanco

DOI 10.22533/at.ed.3091916042131

SOBRE OS ORGANIZADORES.....	311
------------------------------------	------------

ANÁLISE DE EFICIENCIA DE UM COLETOR SOLAR PVT POR SIMULAÇÃO NUMÉRICA COM BASE NO MAPA SOLARIMETRICO DE MINAS GERAIS

Geisiane Aparecida de Lima

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais

Fábio Moreira Teixeira

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais

Marcos Vinícius da Silva

Centro Universitário UNA
Belo Horizonte – Minas Gerais

Rudolf Huebner

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais

Lucas Paglioni Pataro Faria

Centro Universitário UNA
Belo Horizonte – Minas Gerais

RESUMO: A energia solar é uma fonte inesgotável, limpa e renovável. Assim, é considerada uma alternativa energética promissora para diversificação da matriz energética mundial e redução dos impactos ambientais causados pelas fontes mais utilizadas na atualidade. A energia solar possui aplicação térmica, ligada diretamente aos sistemas de aquecimento de fluidos, principalmente água, e fotovoltaica que se baseia na conversão da radiação solar em eletricidade. Outra aplicação em desenvolvimento são os dispositivos com acoplamento de ambos sistemas citados,

com geração simultânea de energia térmica e elétrica, conhecido como sistema PVT que será aprofundada no presente trabalho. Um dos meios disponíveis para análise de desempenho das placas solares, e também de outros sistemas de transferência de calor e mecânica dos fluidos, é feito por simulação numérica através de softwares que simulam o comportamento da temperatura e dos fluidos por meio de equações e condições de contorno que alimentam o sistema. Nesse contexto, o presente artigo apresenta o desempenho de um sistema PVT por meio de simulação numérica realizada no software ANSYS-CFX® 15.0 usando as informações de radiação fornecidas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) através do Atlas Solarimétrico de Minas Gerais.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar, Radiação, Simulação numérica.

ABSTRACT: Solar energy is an inexhaustible source, clean and renewable. Therefore, it is considered a promising alternative energy for the diversification of the world energy matrix and reduction of the environmental impacts caused by the sources most used nowadays. Solar energy has thermal application, linked directly to fluid heating systems, mainly water, and photovoltaic application that is based on the conversion of solar radiation into electricity.

Another application in development are the devices with both systems coupled, with simultaneous generation of thermal and electrical energy, known as PVT system that will be quoted in this paper. One of the means available for analyzing the performance of solar panels, as well as other heat transfer and fluid mechanics systems, is performed by numerical simulation using software that simulates the behavior of temperature and fluids using equations and conditions of contour that feed the system. In this context, this article presents the performance of a PVT system by numerical simulation performed in the ANSYS-CFX® software 15.0 using the radiation information provided by the Energy Company of Minas Gerais (CEMIG) through the Solarimetric Atlas of Minas Gerais.

KEYWORDS: Solar energy, Radiation, Numerical simulation.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, a busca por energias alternativas tem se tornado uma crescente demanda devido à crise energética e minimização dos impactos ambientais, principalmente no que se diz respeito às mudanças climáticas. Uma dessas alternativas viáveis é o fomento de pesquisas para o desenvolvimento e aplicação da energia solar.

Os meios mais comuns para aproveitamento da energia solar que se apresentam acessíveis no mercado são os sistemas térmicos, por meio de placas planas, empregados no aquecimento de um fluido pelo mecanismo de trocadores de calor e as placas fotovoltaicas para geração de eletricidade. Segundo Lopez (2012), os sistemas fotovoltaicos conectados à rede representaram, nos anos recentes, a tecnologia de geração com maior crescimento no mundo. No sistema fotovoltaico, apenas uma pequena parte da radiação incidente sobre a placa é convertida em eletricidade, cerca de 10 a 20% dependendo do material das células fotovoltaicas. O restante da radiação pode ser refletida ou transformada em calor ocasionando um inevitável aquecimento desse sistema resultando na queda de sua eficiência.

Um meio para minimizar essa queda na eficiência é acoplar ao sistema fotovoltaico, um sistema térmico para troca de calor entre a placa e um fluido, aqui sendo utilizado a água, mecanismo conhecido como PVT -*Photovoltaic-Thermal solar system*. Segundo Chow, Tiwari e Menezes (2012), os primeiros estudos teóricos e experimentais do PVT foram documentados em meados de 1970, mas só nos últimos anos que esse mecanismo tem ganhado atenção no setor da energia solar, sendo considerada uma tecnologia promissora. De acordo com Magliavacca (2013), a combinação dos sistemas térmicos e fotovoltaicos promove uma geração combinada de energia, resultando na obtenção de eletricidade e aquecimento de água, o que resulta em maior eficiência de conversão energética na mesma área de captação, minimizando assim a área de instalação.

Visto isso, o objetivo do trabalho é trazer ao conhecimento essa vertente da energia solar, o sistema PVT, e analisar seu desempenho por meio de modelagem computacional, utilizando como condição de contorno, valores estimados da radiação

incidente na cidade de Belo Horizonte das estações do ano e assim apontar em qual época o dispositivo em estudo apresenta maior eficiência.

2 | METODOLOGIA

Os dados gerais inerentes ao sistema PVT, bem como seu desenvolvimento foram obtidos por meio de metanálise. Logo, os dados referentes a solarimetria do município de Belo Horizonte foram extraídos do Mapa Solarimétrico do Estado de Minas Gerais, elaborado pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) no ano de 2012, sendo utilizado os valores médios de radiação solar agrupados cada três meses, uma vez que o mapa dispõe de valores mensais conforme tabela 1.

Mês	Radiação (W/m ²)	Radiação para Simulação (W/m ²)
Janeiro	1084,746	902,8
Fevereiro	890,411	
Março	733,3333	
Abril	740,2597	609,5
Mai	559,5238	
Junho	528,7356	
Julho	528,0899	710,5
Agosto	647,7273	
Setembro	955,8824	
Outubro	1015,625	1113,2
Novembro	1140,351	
Dezembro	1183,673	

Tabela 1: Dados estimados de radiação solar em Belo Horizonte

Fonte: CEMIG, 2012.

Para a realização das simulações numéricas, utilizou-se o sistema SOLIDWORKS® para obtenção da geometria baseada no modelo de coletor solar plano tipo tubo aleta adaptado para inclusão de um painel fotovoltaico em sua parte superior, conforme é ilustrado na Figura 1.

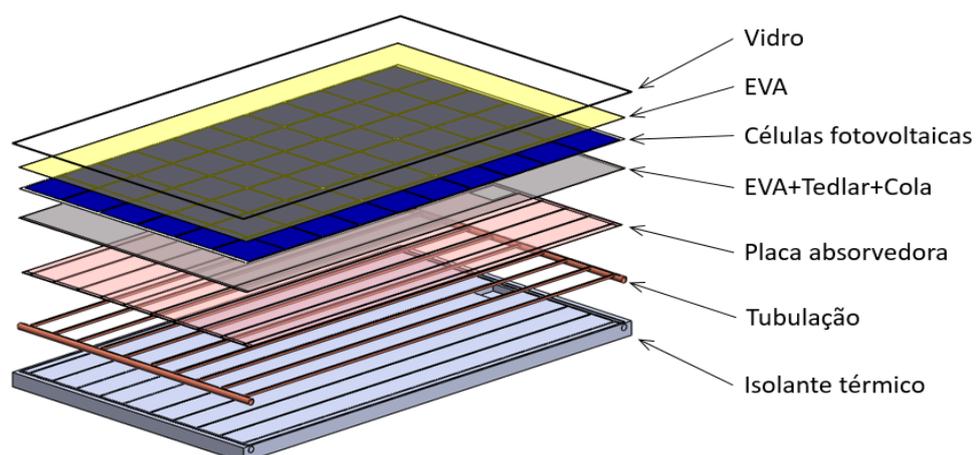


Figura 1: Modelo tridimensional do sistema PVT.

Fonte: Autores do Trabalho.

Posteriormente, essa geometria foi importada para o software ANSYS-CFX® 15.0 para geração da malha, como mostrado na figura 2, configuração dos materiais e domínios, inserção das condições de contorno e assim submeter o protótipo à simulação e subsequente análise de desempenho energético do sistema em regime permanente.

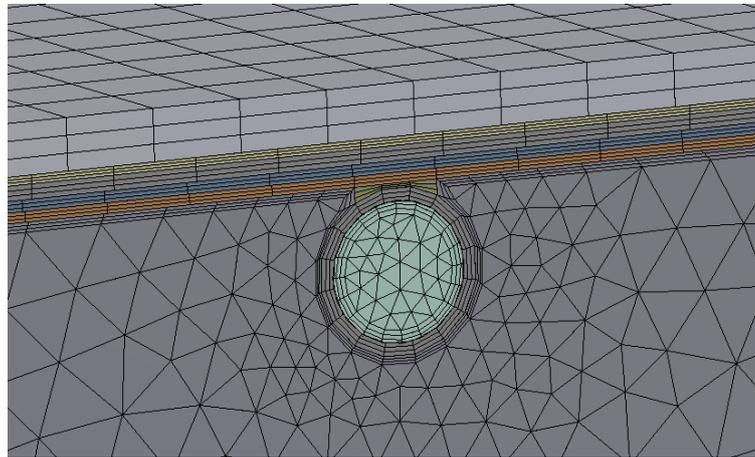


Figura 2: Detalhe da malha. Fonte: Autores do Trabalho.

Para inicialização da simulação, o software necessita ser alimentado com algumas condições de contorno que influenciam diretamente no desempenho da simulação e conseqüentemente na eficiência da placa solar em estudo, além dos dados da radiação solar. Tais condições são descritas na tabela 2.

Inclinação do coletor	30°
Vazão da água	0,02 kg/s
Velocidade do vento	2 m/s
Temperatura ambiente	25°C
Área coletora	1,65 m ²

Tabela 2: Condições de contorno adotados para simulação numérica. Fonte: Autores do Trabalho.

Para determinação das eficiências térmica e elétrica do coletor tipo PVT, foi aplicado as equações 1 e 2 conforme Zondag et. al. (2003) e Evans et. al. (1975), respectivamente.

$$\eta_{th} \equiv \dot{m} \frac{c(T_{out} - T_{in})}{G} \quad \text{equação (1)}$$

$$\eta_{el} = \eta_{ref} [1 - (T_{cel} - T_{ref})] \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

β_{ref} = coeficiente de decréscimo da eficiência por aumento unitário de temperatura;

c = capacidade térmica da água à temperatura média;

G = radiação;

\dot{m} = vazão mássica;

η_{th} = eficiência térmica;

η_{el} = eficiência elétrica;

η_{ref} = eficiência elétrica nas condições padrões de teste do fabricante;

T_{cel} = temperatura média das células;

T_{in} = temperatura de entrada da água;

T_{out} = temperatura de saída da água;

T_{ref} = temperatura das células nas condições padrões de teste do fabricante.

Para melhor compreensão dos resultados, os valores de eficiência são apresentados por meio de gráficos em função da temperatura reduzida, segundo Zondag(2003), definida pela equação 3.

$$T_{red} \equiv \frac{T_{in} - T_{out}}{G}$$

equação (3)

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da simulação numérica, foi obtido o perfil de temperatura das células fotovoltaicas e do coletor de uma forma geral. As figuras 3 e 4 mostram esse perfil de temperaturas para a condição simulada com $G= 902,8 \text{ W/m}^2$ e $t=25^\circ\text{C}$.

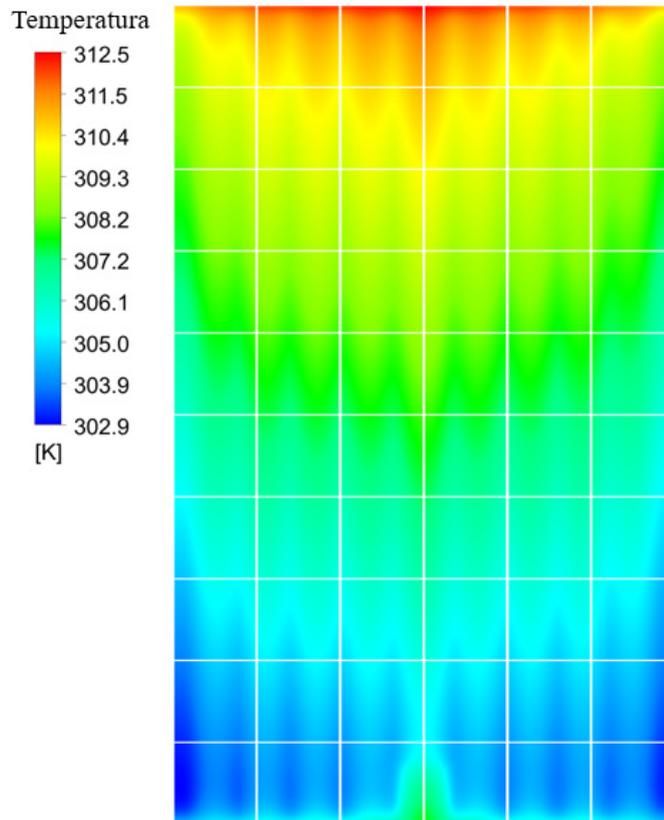


Figura 3: Perfil de temperatura das células fotovoltaicas.
 Fonte: Autores do Trabalho.

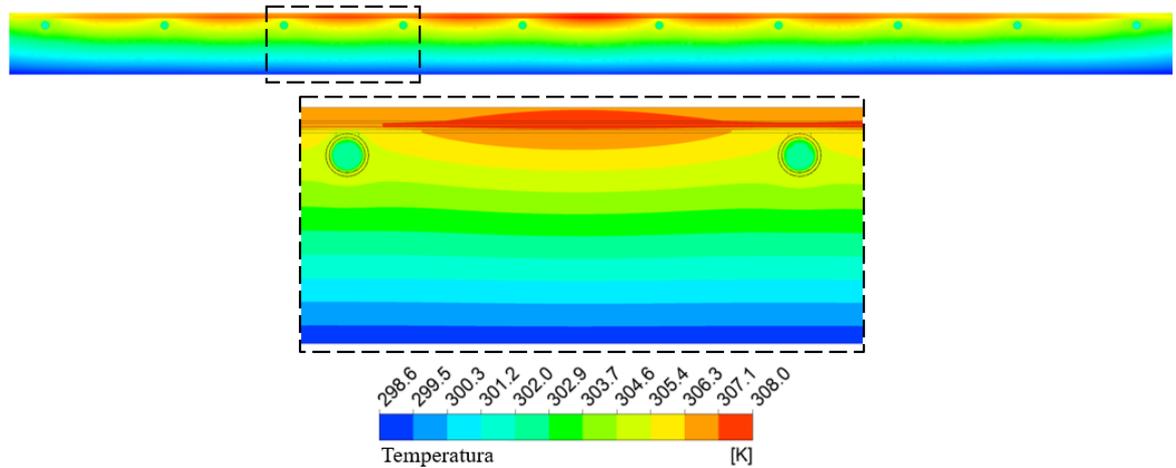


Figura 4: Perfil de temperatura da seção central do PVT.
 Fonte: Autores do Trabalho.

A partir das temperaturas obtidas, construiu-se a tabela 3 e os gráficos 1 e 2 que mostram as eficiências térmicas e elétricas, respectivamente, para cada condição simulada.

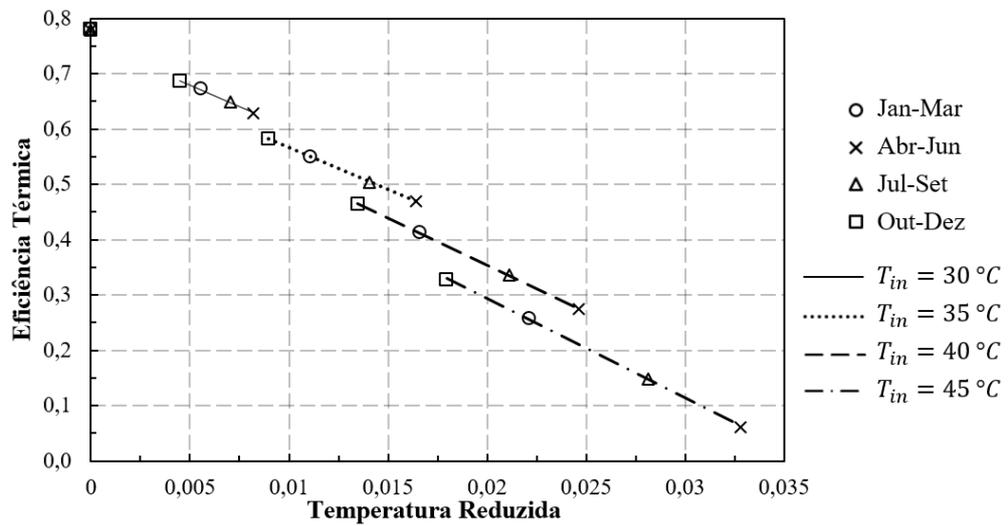


Gráfico 1: Eficiência térmica para diferentes níveis de radiação solar em função da temperatura reduzida.

Fonte: Autores do Trabalho.

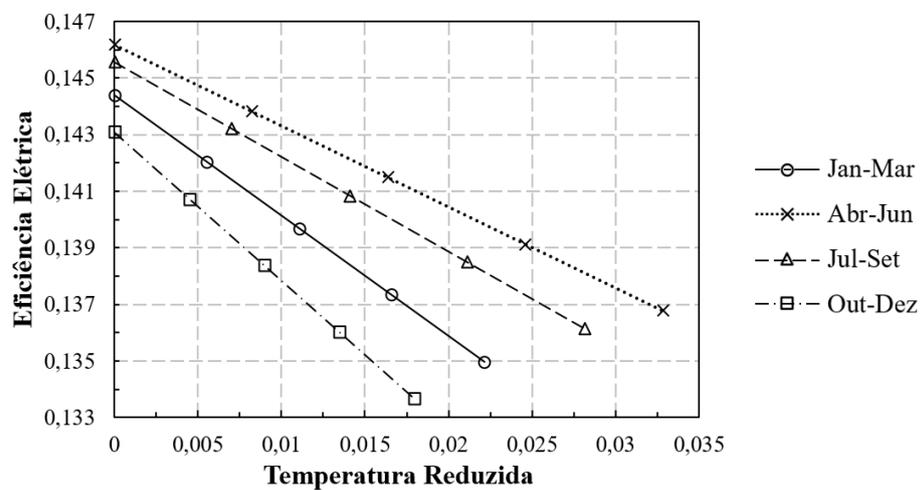


Gráfico 2: Eficiência elétrica para diferentes níveis de radiação solar em função da temperatura reduzida.

Fonte: Autores do Trabalho.

Trimestre	Eficiência Térmica	Eficiência Elétrica
Jan-Mar	0,780	0,144
Abr-Jun	0,779	0,146
Jul-Set	0,779	0,146
Out-Dez	0,781	0,143

Tabela 3: Eficiência térmica e elétrica para temperatura reduzida zero. Fonte: Autores do Trabalho.

4 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Através do gráfico 1, é possível observar que a eficiência térmica aumenta quanto maior é o nível de radiação solar, levando-se em consideração a mesma temperatura

de entrada da água. Para a eficiência elétrica, tomando-se uma mesma temperatura de entrada de água e aumentando o nível de radiação solar, a temperatura média das células aumenta e, como consequência, a eficiência das células fotovoltaicas é reduzida, como mostra o gráfico 2. A partir disso, conforme é apresentado por Procópio et.al. (2016) em seu modelo matemático, percebe-se que um aumento conjunto das eficiências térmica e elétrica gera um conflito no sistema, uma vez que o aumento de uma eficiência resulta, inevitavelmente, na redução da outra.

Para a temperatura reduzida igual a zero, pela tabela 3 observa-se que a eficiência térmica é praticamente a mesma para todos os trimestres avaliados e a eficiência elétrica é ligeiramente maior de abril a setembro devido ao menor nível radiação solar nesse período e, por consequência, menor temperatura das células. Porém, à medida que a temperatura da água de entrada aumenta, há uma maior queda na eficiência térmica para os trimestres de menor radiação solar do que para os outros. Para maiores valores de temperatura reduzida, há uma queda na eficiência elétrica, porém não tão brusca quanto para a eficiência térmica. Sendo assim, o trimestre que apresentou a maior eficiência global, que é a soma das eficiências térmicas e elétricas, foi de outubro a dezembro.

É interessante notar que o valor de temperatura de água na entrada do sistema afeta bastante a eficiência do PVT. Se o objetivo é obter a máxima eficiência elétrica, deve-se utilizar água a baixas temperaturas na entrada do sistema. Por outro lado, se o objetivo é aquecer a água junto à geração de energia elétrica e armazenar essa água aquecida, deve-se levar em consideração a redução da eficiência elétrica à medida que a temperatura da água de entrada aumenta.

5 | CONCLUSÃO

O período em que o coletor solar em estudo apresentou o melhor desempenho foi no último trimestre do ano, entre os meses de outubro e dezembro, que são os meses que apresentam as maiores taxas de radiação solar. Entretanto, com o acoplamento de um sistema solar térmico a um sistema fotovoltaico, independentemente da época do ano, observa-se um aumento na eficiência elétrica uma vez que as células fotovoltaicas passam a trabalhar com valores menores de temperatura, favorecendo seu melhor desempenho.

A simulação numérica, através do método de volumes finitos, permite discretizar um modelo tridimensional de um módulo PVT e prever a distribuição de propriedades, como a temperatura, ao longo de todo o módulo e, como exemplo, observar quais células trabalharão em maior temperatura ou o comportamento do isolamento, o que modelos matemáticos integrais não permitem descrever. Informações como essas dão subsídio para otimização do projeto de um módulo PVT e comparar diferentes conceitos de projeto sem a construção de um modelo físico.

Finalmente, a aplicação de um sistema PVT subsidia a geração combinada de energia, promovendo a obtenção de energia elétrica e térmica em um mesmo mecanismo, sendo uma alternativa viável em locais com restrição de espaço ou com limitações estruturais. Além disso, é uma possibilidade de geração de receita ao conectar esse sistema a rede de uma concessionária de energia elétrica e economia de eletricidade usada para aquecimento de água em aparelhos como chuveiro elétrico ou aquecedor de piscina.

6 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) pelo apoio financeiro através do projeto “D-498 – Desenvolvimento de Soluções PVT para aumento da eficiência de usinas solares” e a UFMG pela disponibilização dos softwares utilizados nesse trabalho.

REFERÊNCIAS

Chow, T. T.; TIWARI, G. N.; MENEZO, C. Hybrid Solar: **A Review on Photovoltaic and Thermal Power Integration**. New Delhi: International Journal of Photoenergy, 2012.

Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). **Atlas Solarimétrico de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CEMIG, 2012.

Evans, D. L.; Florschuetz, L. W. **Cost Studies on Terrestrial Photovoltaic Power Systems with Sunlight Concentration**. United States of America: Solar Energy, 1977.

Lopez, Ricardo Aldabó. **Energia Solar para produção de eletricidade**. São Paulo: Artliber Editora, 2012.

Magliavacca, Alencar, ET AL. **Placas fotovoltaicas refrigeradas a água e a possibilidade de cogeração elétrica e térmica**. Santa Catarina: Instituto Federal de Santa Catarina, 2013.

Procópio, et.al. **Análise do desempenho térmico e Elétrico de um módulo fotovoltaico acoplado a um coletor solar plano**. Belo Horizonte: VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2016.

Zondag, H. A.; Vries, D. W. de; van Helden, W. G. J.; van Zolingen, R. J. C.; van Steengoven, A. A. **The yield of different combined PV-thermal collector designs**. The Netherlands: Solar Energy, 2003.

SOBRE OS ORGANIZADORES

TAYRONNE DE ALMEIDA RODRIGUES: Filósofo e Pedagogo, especialista em Docência do Ensino Superior e Graduando em Arquitetura e Urbanismo, pela Faculdade de Juazeiro do Norte-FJN, desenvolve pesquisas na área das ciências ambientais, com ênfase na ética e educação ambiental. É defensor do desenvolvimento sustentável, com relevantes conhecimentos no processo de ensino-aprendizagem. Membro efetivo do GRUNEC - Grupo de Valorização Negra do Cariri. E-mail: tayronnealmeid@gmail.com. com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9378-1456>

JOÃO LEANDRO NETO: Filósofo, especialista em Docência do Ensino Superior e Gestão Escolar, membro efetivo do GRUNEC. Publica trabalhos em eventos científicos com temas relacionados a pesquisa na construção de uma educação valorizada e coletiva. Dedicar-se a pesquisar sobre métodos e comodidades de relação investigativa entre a educação e o processo do aluno investigador na Filosofia, trazendo discussões neste campo. Também é pesquisador da arte italiana, com ligação na Scuola de Lingua e Cultura – Itália. Amante da poesia nordestina com direcionamento as condições históricas do resgate e do fortalecimento da cultura do Cariri. E-mail: joaoleandro@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1738-1164>

DENNYURA OLIVEIRA GALVÃO: Possui graduação em Nutrição pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e doutorado em Ciências Biológicas (Bioquímica Toxicológica) pela Universidade Federal de Santa Maria (2016). Atualmente é professora titular da Universidade Regional do Cariri. E-mail: dennyura@bol.com.br LATTES: <http://lattes.cnpq.br/4808691086584861>

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-330-9

