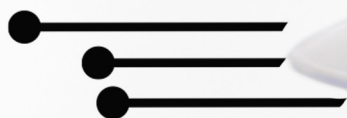




**Luís Fernando Paulista Cotian**  
**(Organizador)**

# **Engenharias, Ciência e Tecnologia 3** .....



**Luís Fernando Paulista Cotian**

(Organizador)

# **Engenharias, Ciência e Tecnologia**

## **3**

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Lorena Prestes

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)

E57 Engenharias, ciência e tecnologia 3 [recurso eletrônico] / Organizador  
Luís Fernando Paulista Cotian. – Ponta Grossa (PR): Atena  
Editora, 2019. – (Engenharias, Ciência e Tecnologia; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-086-5

DOI 10.22533/at.ed.865193101

1. Ciência. 2. Engenharia. 3. Inovações tecnológicas.  
4. Tecnologia. I. Cotian, Luís Fernando Paulista. II. Série.

CDD 658.5

**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.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia, Ciência e Tecnologia” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume III apresenta, em seus 11 capítulos, conhecimentos relacionados a Gestão Energética relacionadas à engenharia de produção nas áreas de Gestão de Recursos Naturais e Produção mais Limpa e Ecoeficiência.

A área temática de Gestão Energética trata de temas relevantes para a geração, manutenção e gerenciamento de assuntos relacionados à energia elétrica. As análises e aplicações de novos estudos proporciona que estudantes utilizem conhecimentos tanto teóricos quanto tácitos na área acadêmica ou no desempenho da função em alguma empresa.

Para atender os requisitos do mercado as organizações precisam levar em consideração a área de Gestão Energética, sejam eles do mercado ou do próprio ambiente interno, tornando-a mais competitiva e seguindo a legislação vigente.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos de Gestão Energética e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Luís Fernando Paulista Cotian

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1 ..... 1**

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO DE ALTA CONCENTRAÇÃO NO NORDESTE BRASILEIRO

*Hugo Tavares Vieira Gouveia*  
*Luiz Fernando Almeida Fontenele*  
*Rodrigo Guido Araújo*

**DOI 10.22533/at.ed.8651931011**

### **CAPÍTULO 2 ..... 19**

CONFLITO ENTRE ENERGIA ASSEGURADA E HIDROGRAMA AMBIENTAL: O RIO SÃO FRANCISCO ESTÁ MORRENDO?

*Paulo Roberto Ferreira de Moura Bastos*  
*Mônica Silveira*

**DOI 10.22533/at.ed.8651931012**

### **CAPÍTULO 3 ..... 35**

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE MONITORAÇÃO CONTÍNUA POR ANÁLISE DE IMAGEM DO ESTADO DE CHAVES DE CIRCUITOS ALIMENTADORES EM SUBESTAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO

*Lourival Lippmann Junior*  
*Bruno Marchesi*  
*Rafael Wagner*  
*Amanda Canestraro de Almeida*  
*Vanderlei Zarnicinski*  
*Bogdan Tomoyuki Nassu*

**DOI 10.22533/at.ed.8651931013**

### **CAPÍTULO 4 ..... 54**

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE PILHA A COMBUSTÍVEL DE ÓXIDO SÓLIDO COM POTÊNCIA DE GERAÇÃO DE 1 KW

*Gabriel Leonardo Tacchi Nascimento*  
*Jacqueline Amanda Figueiredo dos Santos*  
*Rubens Moreira Almeida*  
*Tulio Matencio*  
*Rosana Zacarias Domingues*

**DOI 10.22533/at.ed.8651931014**

### **CAPÍTULO 5 ..... 73**

EQUIPAMENTO COM RECONHECIMENTO DINÂMICO DE IMAGEM PARA AVALIAÇÃO DE MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA EM CAMPO

*Fernanda Soares Giannini*  
*Ronaldo Borges Franco*  
*Joel Machado Campos Filho*  
*Ricardo Toshinori Yoshioka*  
*Jean Marcos Andery Baracat*  
*José Eduardo Bertuzzo*

**DOI 10.22533/at.ed.8651931015**

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>87</b>
GERENCIAMENTO ENERGÉTICO PARA MICRORREDES: DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO PILOTO	
<i>Victor Maryama</i>	
<i>Vitor Seger Zeni</i>	
<i>Frederico Viveiros Jordan</i>	
<i>Cesare Quinteiro Pica</i>	
<i>Erlon Cristian Finardi</i>	
<i>Gabriel Aurélio de Oliveira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8651931016</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>107</b>
INJEÇÃO MÁXIMA DE MW POR GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EM ALIMENTADOR PRIMÁRIO	
<i>Henrique Mesquita Tonhá</i>	
<i>Romário Pereira Marinho</i>	
<i>Antônio César Baleeiro Alves</i>	
<i>Luis Gustavo Wesz da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8651931017</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>123</b>
SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO O ENERGYPLUS: UMA APLICAÇÃO VOLTADA AOS EDIFÍCIOS INTELIGENTES	
<i>Abraão Gualbeto Nazário</i>	
<i>Raimundo Celeste Ghizoni Teive</i>	
<i>João Zico Oliveira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8651931018</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>137</b>
VIBRATIONAL ENERGY HARVESTING TO ELECTRIC TRANSDUCTION IN A HIGH EFFICIENCY ELECTRIC VEHICLE	
<i>Jólio Ribeiro Maia Neto</i>	
<i>Ícaro Lofego Mota</i>	
<i>João Alexandrino Bemfica Neto</i>	
<i>Douglas da Costa Ferreira</i>	
<i>Fábio Roberto Chavarette</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8651931019</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>141</b>
MAPEAMENTO DA GOVERNANÇA DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	
<i>Tássia Fonseca Latorraca</i>	
<i>Raquel Naves Blumenschein</i>	
<i>Maria Vitória Ferrari</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.86519310110</b>	
<b>CAPÍTULO 11.....</b>	<b>157</b>
OTIMIZAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ENERGIA SOLAR COM O USO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS E REFLETORES MÓVEIS	
<i>Cynthia Beatriz Scheffer Dutra</i>	
<i>Jean Paulo Rodrigues</i>	
<i>Paulo César Sedor</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.86519310111</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR .....</b>	<b>167</b>



## VIBRATIONAL ENERGY HARVESTING TO ELECTRIC TRANSDUCTION IN A HIGH EFFICIENCY ELECTRIC VEHICLE

### **Jólio Ribeiro Maia Neto**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Pato Branco - Paraná

### **Ícaro Lofego Mota**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Pato Branco - Paraná

### **João Alexandrino Bemfica Neto**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Pato Branco - Paraná

### **Douglas da Costa Ferreira**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Pato Branco - Paraná

### **Fábio Roberto Chavarette**

Universidade Estadual Paulista  
Departamento de Matemática  
Ilha Solteira - São Paulo

**ABSTRACT:** The high efficiency vehicles are those utilizes very small quantities of fuel to travel as longer as possible distances. To accomplished the target, it is necessary many efforts to improve mechanical and electrical solutions. This work is related to a project to enhance electrical source in three prototype vehicles projected by Federal Technological University of Paraná in Pato Branco. In the

vehicle, the electrical energy is used in lights, sensors, displays and motor. The propose of this work is to use an energy harvesting system based in vibration to transduce the induced vibration from the floor and from the engine to the vehicle into electricity to supply the electrical demands of the vehicle and extend the car battery life. Coupled to the harvester it is proposed a controller project to drive the energy harvesting system to an optimized interaction between the external vibrational excitation and harvester resulting in an improved transduction result. It is expected an increase of the vehicle autonomy and a better result in the competition. **KEYWORDS:** Energy Harvesting, Telemetry, High Efficiency Vehicle, Battery Extension.

### 1 | INTRODUCTION

At the Federal Technological University of Paraná, Campus Pato Branco, there are 3 teams dedicated to the development of prototypes vehicles of high efficiency with different guidelines. These teams and projects have something in common, they all utilizes an auxiliary battery, responsible for providing power to the electronic systems in the prototype, such as headlight, brake light, controllers, communication systems and telemetry.

This work deals to this competition teams

providing a possible solution to enhance their battery life and extend autonomy and results. The purpose is use an energy harvesting system based in vibration to transduce mechanical energy coming from the vehicle during their movement into electrical output power to extend the battery life.

Using vibration to supply electrical power through energy harvesting is a recent exploration for sustainable electrical source and can be accomplished by electrostatic, electromagnetic and piezoelectric means [1]. Nevertheless, energy harvesting systems can use small thermal gradients, solar radiation and wind power [2] as potential source to electrical transduction, is the piezoelectric technology the most promised direction for an efficient result [1-4].

The energy harvesting systems presented a not efficient resulting output power because their low transduction, nevertheless for this research it is proposed a controller based on Linear Matrix Inequalities (LMI) for vibration maximization according optimum control .

There will be numerical analysis to elaborate an optimized distribution of piezoelectric plates in the vehicles and will be an experimental evaluation to verify the numerical results.

It is expected an increase of battery life and an improvement of vehicle results in terms of efficiency distance overpass related to energy available.

## 2 | NUMERICAL ANALYSIS

The mathematical model referring to piezoelectric plates coupled to an output voltage will be analyzed according to the mathematical model of input vibration in the systems as exogenous excitation. The model for piezoelectric material coupled to a output voltage is given by [5] as shown in equation (1):

$$\begin{aligned}\ddot{x} + 2\zeta\dot{x} - \frac{1}{2}x(1 - x^2) - \chi v &= w \\ \dot{v} + \Lambda v + \kappa\dot{x} &= 0\end{aligned}$$

Where the state variable are  $x$  position,  $\dot{x}$  velocity and  $\ddot{x}$  acceleration. The constants are  $\zeta$  damping,  $\chi$  piezoelectric mechanical coupling,  $v$  resistance voltage,  $\Lambda$  reciprocal of time constant to load the capacitor,  $\kappa$  is piezoelectric electric coupling and  $w$  is the exogenous excitation.

The space state of given energy harvesting system model can be set changing variable as  $x = y_1$ ,  $\dot{x} = y_2$  e  $v = y_3$ , giving [6]:

$$\begin{aligned}\dot{y}_1 &= y_2 \\ \dot{y}_2 &= -\frac{1}{2}y_1 - 2\zeta y_2 + \chi y_3 + f \cos \Omega t \\ \dot{y}_3 &= -\kappa y_2 - \Lambda y_3\end{aligned}$$



### 3 | RESULTS AND DISCUSSIONS

In this project, the total power generated is satisfactory, greatly increasing the battery's usage time. The simulated Controller in the MatLab application is able to make the controller amplify the voltage and output enough to make it useful for the system, so according to James Clerck Maxwell and Michael Faraday's studies, electric motors are not perfect, that is, an energy that is injectable is not totally used, a small portion and dissipated. From that energy, a portion dissipated through the vibration to produce an energy production system and cause the developed system to achieve increased energy efficiency.

### 4 | CONCLUSIONS

This project provides a great future perspective because it presents a simple way to transform the mechanical energy that is being diffused by the vibration, in electric energy.

After analysis and experiments, it was verified that the PZT grid connected to the motor together with the controller shows a great improvement in the generated energy levels.

### 5 | AUTHORIZATIONS / RECOGNITION

By submitting the work, the authors become responsible for the entire content of the work.

### 6 | ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thanks to Federal Technological University of Parana (UTFPR) and UNESP - Univ. Estadual Paulista for support. To Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP Process No. 2014/16807-3) and Conselho Nacional. de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq Process No. 301769/2012-5) for funding. To Fundação Araucária and CAPES for scholarship and funding.

### REFERENCES

S. Roundy, P. K. Wright, J. Rabaey, A study of low level vibrations as a power source for wireless sensor nodes, *Computer Communications* 26 (2003), 1131–1144.

A. Harb, Energy harvesting: state-of-the-art. *Renewable Energy* 36 (2011), 2641-2654.

V. Raghunathan, A. Kansal, J. Hsu, J. Friedman, M. Srivastava, Design considerations for solar energy harvesting wireless embedded systems, IEEE (2005), 457-462.

H. A. Sodano, D. J. Inman, Comparison of piezoelectric energy harvesting devices for recharging batteries, Journal of Intelligent Material Systems and Structures 16 (2005) , 799-807.

Erturk, A. and Inman, D., "Broadband piezoelectric power generation on high-energy orbits of the bistable duffing oscillator with electromechanical coupling", Journal of Sound and Vibration, Vol. 330, No. 10, (2011), pp. 2339-2353.

D. C. Ferreira, F. R. Chavarette. Linear Matrix Inequalities Control Driven Applied to Bimorph Piezoelectric Energy Harvesting. Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics, Vol. 2, N. 1, (2014). DOI: 10.5540/03.2014.002.01.0027.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-086-5



9 788572 470865