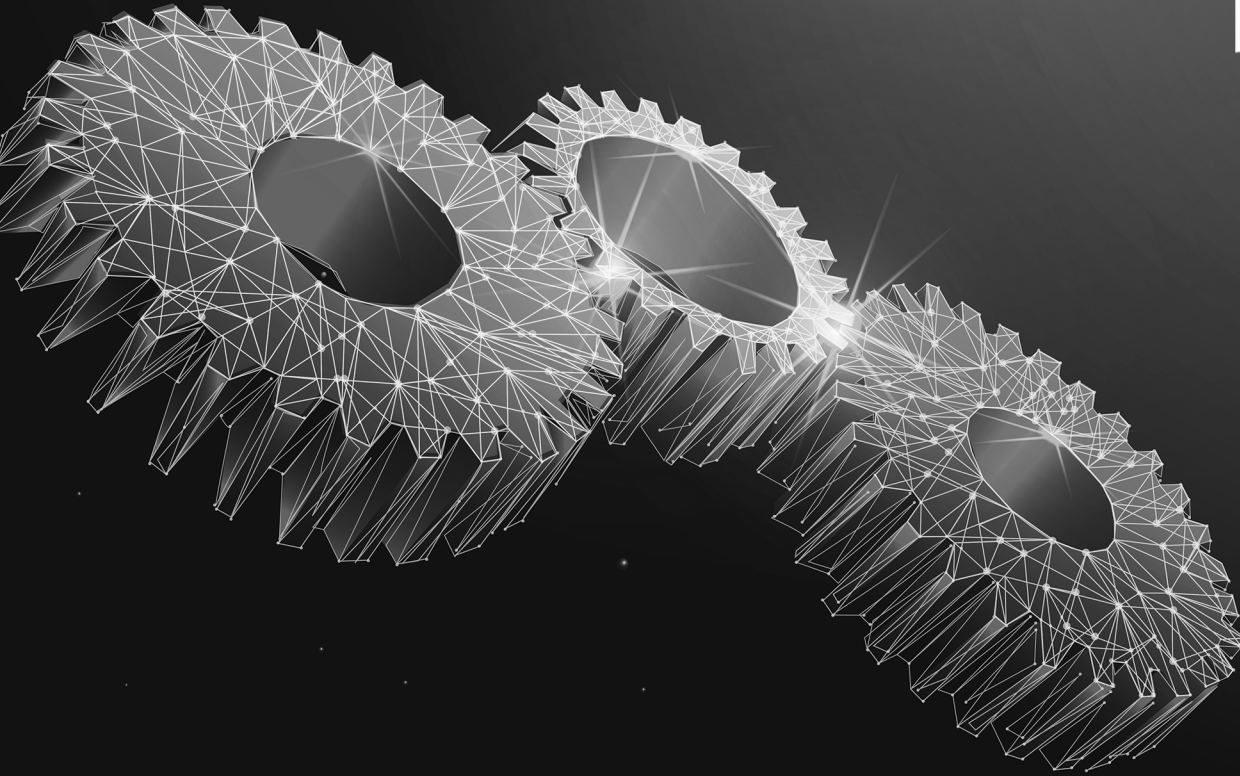


# Estudos Teórico-Methodológicos nas Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra 2

Júlio César Ribeiro  
Carlos Antônio dos Santos  
(Organizador)



# Estudos Teórico-Methodológicos nas Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra 2

Júlio César Ribeiro  
Carlos Antônio dos Santos  
(Organizador)

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecário**

Maurício Amormino Júnior

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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 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, 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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. 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

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale 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  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª 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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª 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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
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. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª 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. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
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. Eivaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
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  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
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  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª 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

# Estudos teórico-metodológicos nas ciências exatas, tecnológicas e da terra

2

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecário:** Maurício Amormino Júnior  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremona  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Júlio César Ribeiro  
Carlos Antônio dos Santos

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

E82 Estudos teórico-metodológicos nas ciências exatas, tecnológicas e da terra 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Júlio César Ribeiro, Carlos Antônio dos Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5706-251-7  
DOI 10.22533/at.ed.517201008

1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. 3. Tecnologia.  
I. Ribeiro, Júlio César. II. Santos, Carlos Antônio dos.

CDD 507

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



## APRESENTAÇÃO

A obra “Estudos Teórico-metodológicos nas Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra”, em seu 2º volume, é composta por 19 capítulos que ressaltam a importância dos estudos teórico-metodológicos nos mais diversos campos desta grande área do conhecimento.

Os trabalhos foram dispostos em três eixos. Na primeira parte, são apresentados estudos envolvendo aplicações científicas como nanopartículas, algoritmos e fluidodinâmica computacional.

Na segunda parte, são abordados estudos voltados à análise de atributos químicos do solo, uso eficiente da água, acúmulo nutricional e crescimento de plantas, utilização de resíduos como antioxidantes para biodiesel, produção de biossurfactantes, dentre outros assuntos de extrema relevância para o conhecimento básico e aplicado nessa grande área.

Na terceira e última parte, são expostos trabalhos relacionados à tecnologia no ensino e na educação voltadas às áreas de Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra, como a utilização de ensino híbrido e assistivo em programação, além de um panorama da participação feminina no seguimento educacional técnico e superior.

Os organizadores e a Atena Editora agradecem aos autores que compartilharam seus conhecimentos e pesquisas para comporem a presente obra. Desejamos que este livro possa servir de instrumento para reflexões significativas que contribuam para o aprimoramento do conhecimento e desenvolvimento de novas pesquisas.

Boa leitura!

Júlio César Ribeiro  
Carlos Antônio Dos Santos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
APLICAÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DE NANOPARTÍCULAS DE Ag	
Washington Benedicto Zava Durães Freire	
Alessandro Botelho Bovo	
Vagner Alexandre Rigo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5172010081</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
ESTUDO DO ACOPLAMENTO ELETRÔNICO DAS TRANSIÇÕES ÓPTICAS EM NANOPARTÍCULAS DE Bi/Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ATRAVÉS DE MEDIDAS DE ABSORÇÃO ÓPTICA E FOTOLUMINESCÊNCIA DE EXCITAÇÃO	
Miguel Angel González Balanta	
Pablo Henrique Menezes	
Silvio José Prado	
Victor Ciro Solano Reynoso	
Raul Fernando Cuevas Rojas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5172010082</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>18</b>
ESTUDO DA FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL DE UM LAVADOR DE GÁS DO TIPO VENTURI EM 3D	
Gabriel Dias Ramos	
Débora Morais da Silva	
Reimar de Oliveira Lourenço	
Aderjane Ferreira Lacerda	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5172010083</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>30</b>
VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM SEPARADOR GÁS-SÓLIDO, ATRAVÉS DA VARIAÇÃO DE SUA GEOMETRIA, COM A UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE CFD EM 3D	
Débora Morais da Silva	
Gabriel Dias Ramos	
Reimar de Oliveira Lourenço	
Aderjane Ferreira Lacerda	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5172010084</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>39</b>
ACTOR-CRITIC REINFORCEMENT LEARNING TO TRACTION CONTROL OF AN ELECTRICAL VEHICLE	
Maikol Funk Drechsler	
Thiago Antonio Fiorentin	
Harald Göllinger	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5172010085</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>52</b>
ANÁLISE DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM CONDIÇÕES DE CULTIVO DE MANDIOCA NO MUNICÍPIO DE MARACANÃ, PA	
Natália de Medeiros Lima	
Janile do Nascimento Costa	
Gabrielle Costa Monteiro	
Mateus Higo Daves Alves	
Antônio Reynaldo de Sousa Costa	
Francisco Martins de Sousa Junior	
Fernanda Medeiros de Lima	

Lucas Eduardo de Sousa Oliveira  
Auriane Consolação da Silva Gonsalves  
Orivan Maria Marques Teixeira  
Pedro Moreira de Sousa Junior

**DOI 10.22533/at.ed.5172010086**

**CAPÍTULO 7 ..... 58**

USO EFICIENTE DA ÁGUA ALIVIA OS EFEITOS DA SECA EM MUDAS DE AÇAIZEIRO INOCULADAS COM RIZOBACTÉRIA

Gledson Luiz Salgado de Castro  
Marcela Cristiane Ferreira Rêgo  
Gleiciane Rodrigues dos Santos  
Telma Fátima Vieira Batista  
Gisele Barata da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.5172010087**

**CAPÍTULO 8 ..... 64**

*Burkholderia pyrrocinia* INDUZ ACÚMULO NUTRICIONAL E PROMOVE CRESCIMENTO DE MUDAS DE AÇAIZEIRO

Gledson Luiz Salgado de Castro  
Gleiciane Rodrigues dos Santos  
Marcela Cristiane Ferreira Rêgo  
Telma Fátima Vieira Batista  
Gisele Barata da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.5172010088**

**CAPÍTULO 9 ..... 70**

APLICAÇÃO DO RESÍDUO DO FRUTO DE TUCUMÃ (*ASTROCARYUM ACULEATUM*) COMO ANTIOXIDANTE PARA O BIODIESEL

Kércia Sabino de Macêdo  
Leylane da Silva Kozlowski  
Larissa Aparecida Corrêa Matos  
Nayara Lais Boschen  
Romildo Nicolau Alves  
Paulo Rogério Pinto Rodrigues  
Guilherme José Turcatel Alves

**DOI 10.22533/at.ed.5172010089**

**CAPÍTULO 10 ..... 80**

A LARANJA (*Citrus sinensis*) COMO FONTE ENZIMÁTICA PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Matheus Gomes Linhares  
Lucas Gomes Linhares  
Jean Carlos Gama de Oliveira  
Luma Misma Alves Câmara  
Leonardo Alcântara Alves

**DOI 10.22533/at.ed.51720100810**

**CAPÍTULO 11 ..... 91**

DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM AMOSTRAS DO FERMENTADO DE JABUTICABA (*Myrciaria jaboticaba* Vell Berg) DO MUNICÍPIO DE VARRE-SAI-RJ

Phelipe Bezerra Nascimento  
Pablo da Silva Siqueira  
Matheus Valério de Freitas Souza  
Alex Sandro Rodrigues Moraes Pereira  
Wellington Gabriel de Alvarenga Freitas

**CAPÍTULO 12 ..... 99**

**REGRESSÃO QUANTÍLICA NA ESTIMAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA AGRICULTURA FAMILIAR EM MINAS GERAIS**

Gabriela França Oliveira  
Raimundo Cardoso de Oliveira Neto  
Ana Carolina Campana Nascimento  
Moysés Nascimento  
Camila Ferreira Azevedo

**DOI 10.22533/at.ed.51720100812**

**CAPÍTULO 13 ..... 110**

**TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA ATRAVÉS DA PLATAFORMA EDPUZZLE COMO RECURSO PEDAGÓGICO PARA AVALIAÇÃO**

Cássia Vanesa de Sousa Silva  
Givaldo Oliveira dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.51720100813**

**CAPÍTULO 14 ..... 119**

**A HISTÓRIA DA CONDESSA SURDA DE LOVELACE: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA DE ENSINO HÍBRIDO E ASSISTIVO DE PROGRAMAÇÃO**

Márcia Gonçalves de Oliveira  
Ana Carla Kruger Leite  
Mônica Ferreira Silva Lopes  
Clara Marques Bodart  
Gabriel Silva Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.51720100814**

**CAPÍTULO 15 ..... 132**

**A LEI DE ARREFECIMENTO DE NEWTON SOB O OLHAR DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA**

Camyla Martins Trindade  
Aline Gabriela dos Santos  
Cristiano Braga de Oliveira  
Adriano Santos da Rocha

**DOI 10.22533/at.ed.51720100815**

**CAPÍTULO 16 ..... 142**

**INSERÇÃO DE EXPERIMENTOS PARA RESOLUÇÃO DE SITUAÇÕES-PROBLEMA NO ENSINO DE QUÍMICA**

Valdiléia Teixeira Uchôa  
José Luiz Silva Sá  
Antônio Carlos Araújo Fontenele  
Ana Cristina Carvalho de Alcântara  
Maciel Lima Barbosa  
Herbert Gonzaga Sousa  
Kerlane Alves Fernandes  
Ana Karina Borges Costa  
Ana Gabriele da Costa Sales  
Patrícia e Silva Alves  
Antônio Rodrigues da Silva Neto  
Gabriel e Silva Sales

**DOI 10.22533/at.ed.51720100816**



<b>CAPÍTULO 17 .....</b>	<b>154</b>
LA INCIDENCIA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD EN LA EXPERIMENTACIÓN EN LA FÍSICA	
Jesus Ramon Briceno Barrios	
Jeisson Nava	
Hebert Lobo	
Juan Terán	
Richar Durán	
Manuel Villareal	
<b>DOI 10.22533/at.ed.51720100817</b>	
<b>CAPÍTULO 18 .....</b>	<b>189</b>
APRENDIZAGEM MATEMÁTICA BASEADA EM HISTÓRIA EM QUADRINHOS (HQs) PARA O ENSINO MÉDIO	
Cássia Vanesa de Sousa Silva	
Givaldo Oliveira dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.51720100818</b>	
<b>CAPÍTULO 19 .....</b>	<b>201</b>
ANÁLISE DA PARTICIPAÇÃO FEMININA NOS CURSOS TÉCNICOS E DE GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA DA REDE FEDERAL E DO CEFET/RJ NOVA FRIBURGO	
Gisele Moraes Marinho	
Simone Tardin Fagundes	
Carolina de Lima Aguilár	
<b>DOI 10.22533/at.ed.51720100819</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES.....</b>	<b>212</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>213</b>

## ACTOR-CRITIC REINFORCEMENT LEARNING TO TRACTION CONTROL OF AN ELECTRICAL VEHICLE

*Data de aceite: 03/08/2020*

*Data de submissão: 17/05/2020*

### **Maikol Funk Drechsler**

Technische Hochschule Ingolstadt, Centro de  
Testes CARISSMA  
Ingolstadt - Germany

<http://lattes.cnpq.br/5764665493572401>

### **Thiago Antonio Fiorentin**

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC,  
Centro Tecnológico de Joinville  
Joinville - SC

<http://lattes.cnpq.br/5342266208339719>

### **Harald Göllinger**

Technische Hochschule Ingolstadt, Department of  
Mechanical Engineering  
Ingolstadt - Germany

<https://orcid.org/0000-0003-1593-7800>

**ABSTRACT:** The increasing of controller application in the automotive area in the last years is outstanding. However, some challenges are still present as the non-linearities and difficult mathematical description of the system, as well as the necessity of data hardly measured. Based on it and on the recent advances of the machine learning algorithms, the present research proposes the evaluation of an actor-critic

reinforcement learning controller to the traction control of an electric vehicle. The controller is created with the training of two networks, which control and judge the actions of the controller based on the measure of the states. The training aims the slip avoiding, and the final network can be directly used as the controller of the system. A design of experiments (DOE) of the influence of the training parameters on the performance of the controller is realized. Aiming to facilitate the application of the controller in the real world the possibility of does not use the vehicle velocity as an input of the controller is also evaluated in two different grounds. The results indicate that the simplification of the value function with null discount factor increase the converges of the training. The controllers with and without the velocity of the vehicle as input are able to keep the slip ratio below the desired value in both grounds, despite the more smoothly behaviour of the controller that takes the velocity into account.

**KEYWORDS:** Artificial intelligence, active safety, machine learning, vehicle dynamics.

# APRENDIZADO DE ATOR E CRÍTICO POR REFORÇO PARA CONTROLE DE TRAÇÃO DE UM VEÍCULO ELÉTRICO

**RESUMO:** O aumento da aplicação de controladores na área automotiva é notável nos últimos anos. No entanto, alguns desafios ainda estão presentes como às não linearidades e a difícil descrição matemática do sistema, bem como a necessidade de dados dificilmente mensuráveis. Baseado nisto e nos recentes avanços dos algoritmos de aprendizagem da máquina, a presente investigação propõe a avaliação de um controlador de ator e crítico obtidos por aprendizagem de reforço para o controle da tração de um veículo elétrico. O controlador é criado pelo treinamento de duas redes neurais, as quais controlam e julgam as ações do controlador com base na medição dos estados. O treinamento visa evitar o deslizamento dos pneus do veículo, podendo a rede neural final ser diretamente utilizada como controlador do sistema. É realizada uma concepção de experimento (DOE) da influência dos parâmetros de treinamento sobre o desempenho do controlador. Com o objectivo de facilitar o uso do controlador em aplicações reais, a possibilidade de não utilizar a velocidade do veículo como variável de entrada do controlador é também avaliada em duas pistas diferentes. Os resultados indicam que a simplificação da função valor com factor de desconto nulo aumenta as convergências do treinamento. Os controladores com e sem a velocidade do veículo como variável de entrada são capazes de manter a taxa de escorregamento do pneu abaixo do valor desejado em ambos os treinamentos, apesar do comportamento mais suave do controlador que considera a velocidade do veículo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inteligência artificial, segurança ativa, aprendizado de máquina, dinâmica veicular.

## 1 | INTRODUCTION

The use of electronic systems in the control of motor vehicles is increasing faster since the beginning of the eighties. The electronic systems improve vehicle comfort and safety and reduce consumption due to better efficiency on drivetrains systems. On the other side, the electronic control systems permit to attend the actual safety and environmental legislation (RATHMANN, 2007).

Recently, the combination of electronic systems and reinforcement learning method presents itself as a good opportunity for improvement in vehicles task. The researches using these technics are implemented in autonomous drive (JARITZ, CHARETTE, et al., 2017), (EL SALLAB, ABDU, et al., 2016), (EL SALLAB, ABDU, et al., 2017), battery management (HSU, LIU, et al., 2010) and safety active systems (RADAC and PRECUP, 2017), (DE AMARAL, GÖLLINGER and FIORENTIN, 2018).

Reinforcement Learning (RL) is an approach inside the computer sciences area, where the intelligent programs, called agents, work in an environment, which are in constant cyclic interaction. This relationship between environment and agent permit the

system adaptation and learning through positive or negative feedbacks called rewards and punishments respectively (NANDY and BISWAS, 2018).

The RL combined with neural networks, named neural fitted Q interaction, showed excellent performance in game playing (MNIH, KAVUKCUOGLU, et al., 2013) and systems control (TAITLER and SHIMKIN, 2017). The recent researches using neural fitted Q interaction in the automotive area are focused on autonomous driver, usually using race game environments to evaluate the vehicle response to an RL control without risks (JARITZ, CHARETTE, et al., 2017), (EL SALLAB, ABDU, et al., 2016), (EL SALLAB, ABDU, et al., 2017). Researches were developed to evaluate the control of an ESC strategy with Neural fitted Q interaction with simulations in the CarMaker environment, but the results showed inadequate learning times to real applications (DE AMARAL, GÖLLINGER and FIORENTIN, 2018). On the other hand, the test of an ABS system in benches, showed adequate results with Neural fitted Q interaction control (RADAC and PRECUP, 2017).

Inside the vehicle safety area, the Traction Control exerts an important function of avoiding the wheel slipping during acceleration, improving driving and cornering. In 1998, the Traction Control of electrical vehicles had already researched due to the easy control of electric motors and the benefit of use low-drag tires to improve the battery autonomy (HORI, TOYODA and TSURUOKA, 1998).

Traction control systems development presents challenges due to the nonlinearities of tires and simplicity needed to the real-time application (BORRELLI, BEMPORAD, et al., 2006). Besides that, describing tire behaviour is a very complex task, usually applying empirical or semi-empirical equations as the so-called Magic Formula (PACEJKA, 2002). Thus, the use of model-free control techniques, which do not need the model of the system, can be a good opportunity to improve the controllers (RADAC and PRECUP, 2017).

The RL methods show a good possibility to fulfil these requirements, permitting the use of non-model techniques and applying adequate time response to control the system (RADAC and PRECUP, 2017). A successful implementation can provide safety improvement to the automotive sector, due to better control of tire slips and avoidance of vehicle uncontrolled. The consumption can be also reduced by the use of low-drag tires (HORI, TOYODA and TSURUOKA, 1998).

In this way, the present research aims to investigate the application of a traction control system to a rear-wheel driven electric vehicle, based on actor-critic RL. The evaluation takes into account the longitudinal behaviour of the vehicle and permits to understand the possible implementation of reinforcement learning methods in automotive controls.

The next section describes the architecture of the networks, the training process and the methodology applied in the design of the experiments. In section 3 are explained the results of the DOE and the comparison of the evaluated controller in different grounds. To end the section 4 brings the conclusions and the outlooks of the research.



## 2 | METHODOLOGY

The methodology consists of training and evaluation of a neural controller in two different grounds, snow and dry asphalt. Due to the difficulty of measuring the real vehicle velocity, the possibility of removing this parameter as an input of the controller is analyzed. The creation of the neural controller is given by the generation and treatment of data and finally the iterative training of the controller. The next section describes the training process.

### 2.1 Train process

The training of the controller is based on the algorithms proposed by Hafner and Riedmiller (Reinforcement learning in feedback control, 2011) and Lillicrap, et al. (Continuous Control with Deep Reinforcement Learning, 2016), the used iterative algorithm suffers some updates to permit the application in the traction control problem and the use of functions already available at MATLAB.

In Figure 1 is possible to evaluate a schematic cycle of the networks learning process. As presents in the scheme, the learning process occurs in two cycles inside each other. The path highlighted in red consist of the collection and treatment of the data and the evaluation of the obtained controller. When applying this process in a real environment it occurs outside the main algorithm, driving the vehicle and evaluating the obtained controller. The blue path represents the training part where the networks are updated and the best actions are estimated to each collected state.

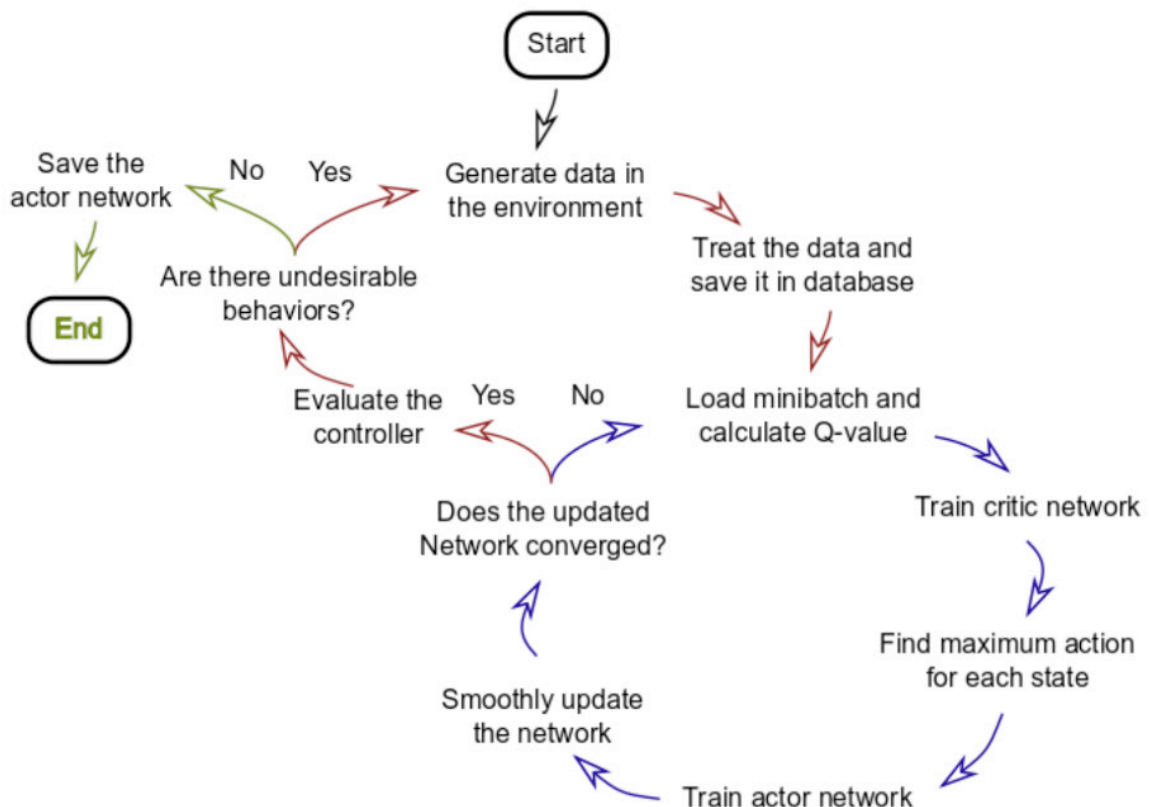


Figure 1. Training process.

The generation of data is done by simulation in a Simulink/MATLAB environment. The virtual environment considers the dynamic of the acceleration pedal, electrical motor, ground friction and the longitudinal behaviour of the vehicle. The experimental curve presented by Braess, et al. (Handbook of Automotive Engineering, 2005, p. 410) is implemented to describe the non-linear correlation between the slip ratio and the friction of the grounds. To vary the velocity and acceleration of the vehicle, the input acceleration pedal is given by a combination of sinus and steps oscillations as presented in Figure 2. During the generation of data to the training, a percentage of random values is included in the accelerator position to increase the variation of the states.

The data captured from the simulation corresponds to the data available on the sensors of the real vehicle. The measured states include the velocity of the vehicle, velocity of the wheel, accelerator pedal position, vehicle acceleration and motor current. The generated action is a virtual position of the accelerator which is sent to the power electronics to control the motor. The measured data is saved in a database with maximum size, when the maximum number of points is reached the database starts to be replaced.

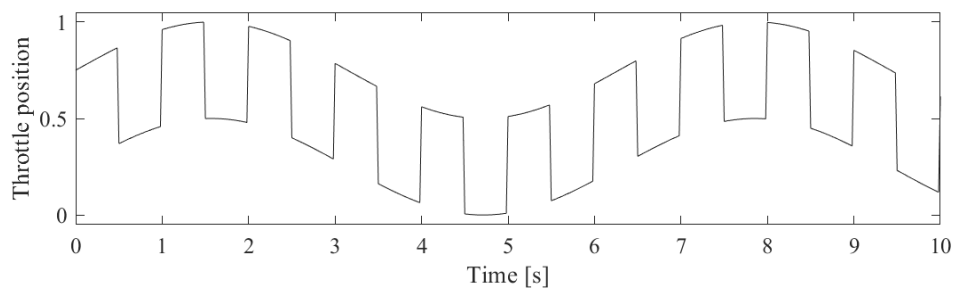


Figure 2. Input acceleration used during environment simulation.

As proposed by Ioffe and Szegedy (Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift, 2015) normalization of the data is implemented to reduce the difference between the physical units. This practice accelerates the network training since that large difference between the values of the states can generate instability on the learning process. After treated, a minibatch is created by the selection of a random percentage of the total database.

The actor-critic algorithm applies two networks, one responsible to “criticise” the results and another to correlate the inputs and the action. The second networks can be directly applied as a controller. Based on the research of de Amaral, et al. (Improvement of Vehicle Stability Using Reinforcement Learning, 2018), the critic is composed of a network with two hidden layers and twenty nodes in each layer, while the actor has the same number of hidden layers and just twelve hidden nodes in each layer.

The critic evaluates the behaviour of the system by the value function  $Q$ , calculated by the Bellman equation, presented in Eq. (1).

$$Q_{k+1}(s, a) = r(s, a) + \gamma Q_k(s', \mu_k(s')) \quad (1)$$

In the Bellman Equation  $s$  are the actual states,  $a$  the actual the action,  $r$  the reward,  $\gamma$  the discount factor,  $\mu$  the actor-network,  $k$  represents the update cycle of  $Q$  and the  $s'$  indicates the next state. The value function takes into account the reward obtained when chosen determinate action in specific states and also the future expected rewards (WIERING and VAN OTTERLO, 2012).

The discount factor is a constant between 0 and 1 and makes that the latest rewards obtained, have a more significant influence than rewards waited to the future. The greater the  $\gamma$  more important are the future values, in the case that the  $\gamma = 0$  the agent is called myopic and just consider the very recent reward (WIERING and VAN OTTERLO, 2012).

The reward is calculated based on the Eq. (2), where  $GP$  is the accelerator pedal position selected by the driver,  $slip$  is the slip ratio,  $v_x$  is the vehicle velocity and  $v_r$  is the wheel velocity.

$$r(s, a) = \begin{cases} 0 & \text{if } 0 > GP > 1 \\ 0 & \text{, if } GP + 0.05 < a \\ 0 & \text{, if } |slip'| > 0.2 \\ 1 - |a - GP| & \text{, if } |slip'| \leq 0.2 \text{ or } (v'_x \leq 0.05 \text{ and } v'_r \leq 0.0625) \end{cases} \quad (2)$$

The reward function evaluates if the action is inside the range and is it is less than the acceleration desired by the driver, to avoid an over the acceleration of the vehicle. If these cases are controlled, the slip ratio of the next state is evaluated, when it is less than 0.2 the reward is calculated by the difference of the desired acceleration and the output of the controller, in all other cases the reward is null.

With the collected states, actions and calculated Q-values the critic network can be trained to permit the correlation between states, action (inputs) and the Q-value (output). The training of the critic network is made by the minimization of the normalized mean square error of the output. The chosen method for minimization of the error is a Levenberg-Marquardt optimization. This method is a trust region method which consists of a combination of simplified Newton and Gradient descent methods (MATHWORKS, 2019).

To find the correct correlation between states and actions each state of the minibatch need a correspondent best action to permit the actor training. In this process, each one of the states has the action varied inside the action range until finding the best Q-value and the correspondent best action. Applying the states of the minibatch and the correspondent best actions, the actor network is trained using the same process applied to the critic training.

As proposed by Lillicrap et al. (2016) a copy of the networks is used to improve the algorithm convergence. In this case, the weights and bias of the copy networks are

updated with a slow target networks change.

The blue cycle in Figure 1 is considered converged when the calculated and the updated actor networks achieve the mean square error of the output lower than the tolerance. To evaluate the convergence of the total training process, the simulated environment is run again on the trained floors without implementing the random values in the pedal position. When all the rewards are higher than 0.2 the training is considered converged and the actor network is saved as the controller.

## 2.2 Training variables influence

A factorial DOE is applied to evaluate the result of the controllers when different parameters are implemented at the training process. The applied DOE is two levels planning with k factors. The DOE is run in the Minitab 18, evaluating the effects in the mean reward. The mean reward was calculated on a 20 seconds manoeuvre which simulates the vehicle driver in both different floors using the trained throttle position as input.

Factor	Low level	High Level
Target update	0.2	1
Discount Factor	0	0.9
Minibatch Size	0.25	1
Min number of training cycles	1	5
Data randomization	0.1	0.5

Table 1. DOE Factors.

The factorial DOE applied uses 5 factors. No replication or centre point are applied and a resolution V was implemented to reduce the number of runs from 32 to 16. Table 1 presents the factor and levels utilized during the training.

In Table 1 the target update consists of the constant proposed by Lillicrap, et al (Continuous Control with Deep Reinforcement Learning, 2016) that defines how smoothly is the update of the copied matrix. The discount defines how much future behaviours influence the actual decision. The minibatch size corresponds to the percentage of all data which is selected to the training process. The minimum number of training cycles consist of the minimum number of times that the blue cycle in Figure 1 is calculated. The data randomization gives the percentage of random data insert in the input of the controller to generate data for the training process.

Due to the complete different behaviour and to easily comprehension, the controllers with and without the velocity as input are evaluated separately, permitting to obtain optimized controllers in both cases. Finally, the controllers with the best parameters are evaluated during the time on both surfaces. The comparison evaluates the output of the controller, the slip ratio and the velocity of the vehicle in the trained manoeuvre and floors.



### 3 | RESULTS

The results are divided into three sections which include the DOE results of the training with and without the without velocity and a final comparison of the best controllers.

#### 3.1 Doe of the controller with vehicle velocity as input

By the evaluation of the Pareto chart, just the minibatch size influenced the results on the average reward with 95% of confidence. Evaluating the main effect plots shown in Figure 3 is possible to confirm the small variation of the average reward and the greatest difference in the minibatch size where smaller batch sizes represent better results.

The small variation of the average reward is an awakened outcome, as long as the cyclic algorithm trains the network until the convergence of the controller, allowing high average rewards to all trained controllers.

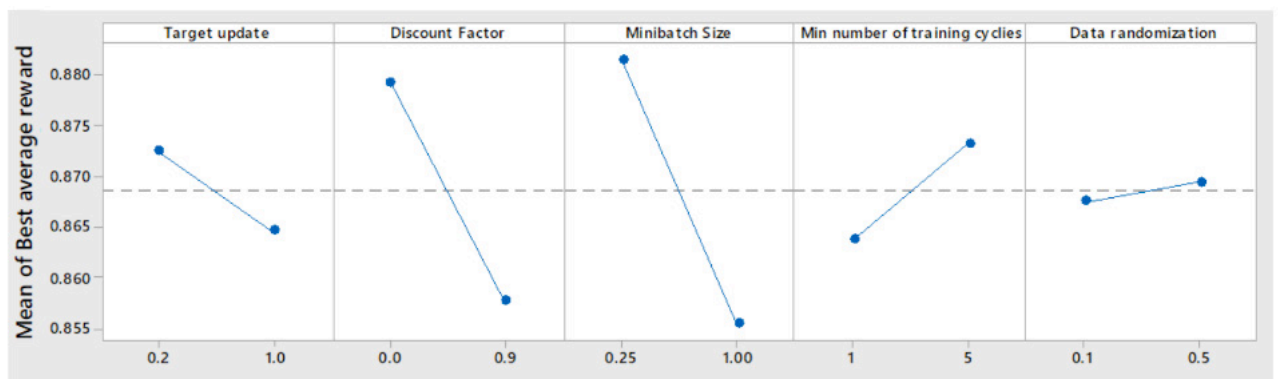


Figure 3. Main effects plot for best average reward - with vehicle velocity.

Despite the discount factor does not been considered as a factor that influences the results, in this test, the null discount factor receives a better average reward when compared with the controller trained with discount factors of 0.9. The target update, minimum number of training and data randomization do not show significative changes on the controller performance.

Factor	Target update	Discount factor	Minibatch size	Minimum training cycles	Data randomization
Value	0.2	0.0	0.25	1.0	0.1

Table 2. Training parameter of the controller with vehicle velocity.

Based on the significative results in Figure 3 and on the exact average reward available to the trained algorithms, the network that returns the best average reward is chosen. The network with vehicle velocity as input applied in the comparison section is

trained with the factors shown in Table 2.

Although the best minimum training cycles and the data randomization of the main effects plot in Figure 3 do not be the same as the chosen controller, these parameters do not present large influence in the results. In this way, the punctual result of each trained controller is considered to choose the best controller.

### 3.2 Doe without velocity of the vehicle as input

The experiment without the velocity of the vehicle returned that just the discount factor influences the results. Evaluating the main effects plot in Figure 4 is possible to comprehend that the discount factor of 0 return better controllers then the discount factor of 0.9 when using the rewards proposed in this research.

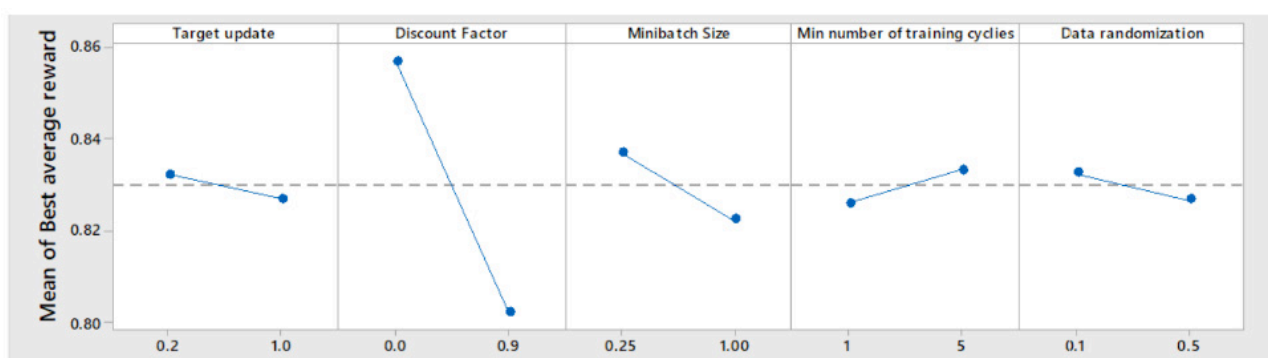


Figure 4. Main effects plot for best average reward - without vehicle velocity.

The best parameters are chosen using the same criteria as the DOE with the velocity as input. Table 3 indicates the chosen train parameters. Most of the parameters are the same between the algorithms, excluding the target updated which suffer changes.

Factor	Target update	Discount factor	Minibatch size	Minimum training cycles	Data randomization
Value	1.0	0.0	0.25	1.0	0.1

Table 3. Training parameter of the controller without vehicle velocity.

### 3.3 Comparison of the controllers

In Figure 5 is possible to compare the accelerator pedal position, velocity of the vehicle and slip ratio during the time. The evaluation is made on the trained grounds to the controllers with and without the velocity of the vehicle as an input. The results are also compared with vehicle behaviour without a controller.

In Figure 5, the throttle position of the controlled system presents that both actor-critic controllers are able to handle with different grounds. However, when the velocity is also applied in the input the variation of the pedal is smoother without high-frequency noises.

Despite the delay on the initial acceleration, the controller with the velocity as input presents a better performance with higher final velocity on the dry asphalt. On the snow, the use of the controllers reduce the acceleration but can improve significantly the handling due to the low slip ratio.

The controllers with and without the vehicle velocity show adequate control of the slip. In both floors the slip ratio does not exceed the desirable limit of 0.2, presenting that these controllers can be applied when the training data is available.

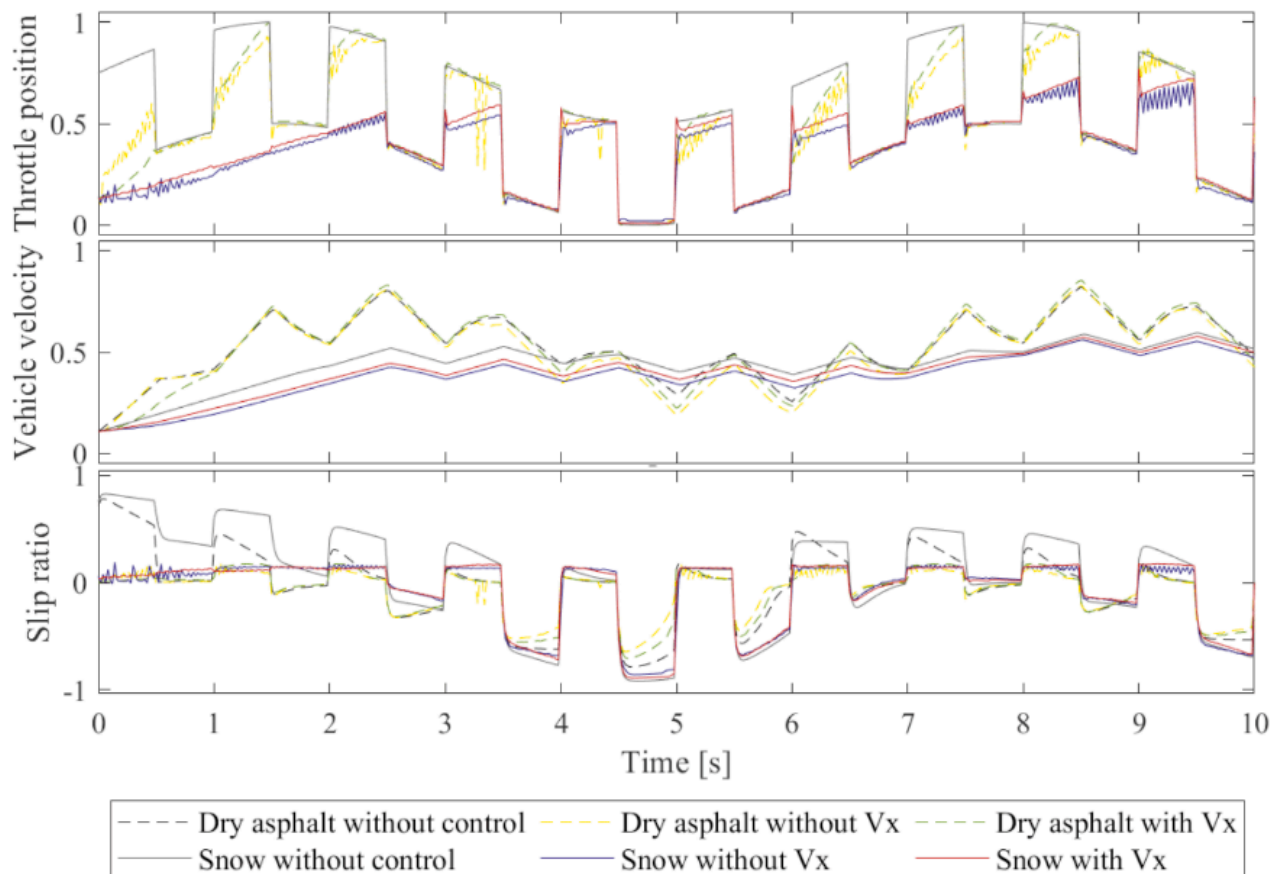


Figure 5. Dynamic behavior of the vehicle.

In Figure 6 are compared the average reward calculate to both controllers and to the system without a controller.

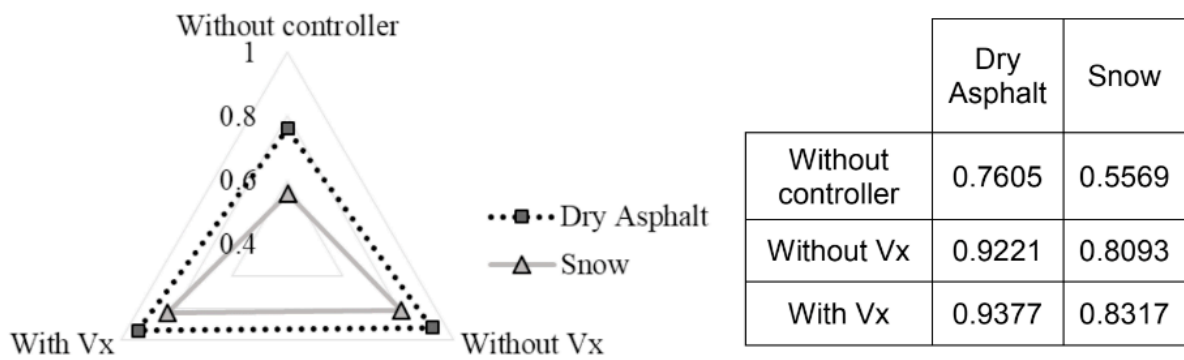


Figure 6. Average reward in different conditions.

As expected the manoeuvres on the snow present smaller values than the manoeuvres on the asphalt due to the small friction of the ground. It happens because the slipperier surface makes that the acceleration pedal increases smoothly decreasing the maximum reward. Comparing the results with and without the velocity of the vehicle and the system without a controller, both controllers are able to improve significantly the behaviour of the system. However, when the velocity of the vehicle is applied the results are slightly better.

#### 4 | CONCLUSIONS

The application of actor-critic reinforcement learning shows as an adequate controller to the non-linear traction of the vehicle when data is available to the training process. However, the necessity of iterative training difficult the application of the controller in real applications.

The application of value function with null discount factor, presents as the better way to the algorithm convergence, presenting better average reward than the discount factor of 0.9. It is a good opportunity of simplification in the algorithm training, as long as, the value function can be directly calculated by the reward, removing the iterative necessity. However, it is important to highlight that this behaviour occurs in specific systems where the reward increasing in a first state can not generate low rewards in the next states.

Despite the results slightly lower than the controller with the velocity of the vehicle, the controller that does not take the vehicle velocity into account is able to keep the slip ratio lower than the desired value. It can facilitate the application of the traction control in vehicles with all wheels traction, as long as the measurement of the velocity is difficult and its the calculation can generate errors.

To future research is indicated the simplification of the algorithm with the possibility of removal of the value function calculation. The influence of the training parameters and the evaluation of the controllers can also be applied in other vehicle systems as brake-by-wire or steering by wire.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank AWARE (Applied NetWork on Automotive Research and Education) program from Technische Hochschule Ingolstadt, DAAD (German Academic Exchange Service) FAPESC (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina) and the German state of Bavarian for the financial support during the development of this research.

## REFERENCES

- BORRELLI, F. et al. **An MPC/Hybrid System Approach to a Traction Control**. IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, v. 14, n. 3, p. 541-552, 2006.
- BRAESS, H.; SEIFFERT, U. **Handbook of Automotive Engineering**. Pennsylvania: SAE International, 2005. ISBN 9780768007831.
- DE AMARAL, J. ; GÖLLINGER, H.; FIORENTIN, A. **Improvement of Vehicle Stability Using Reinforcement Learning**. Ingolstadt: XV Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional. 2018.
- EL SALLAB, A. et al. **End-to-End Deep Reinforcement Learning for Lane Keeping Assist**. 30th Conference on Neural Information Processing Systems. Barcelona: [s.n.]. 2016.
- EL SALLAB, A. et al. **Deep Reinforcement Learning framework for Autonomous Driving**. Electronic Imaging, 29 January 2017. 70-76.
- HAFNER, R.; RIEDMILLER, M. **Reinforcement learning in feedback control**. Machine Learning, v. 84, p. 137-169, 2011.
- HORI, Y.; TOYODA, Y.; TSURUOKA, Y. **Traction Control of electrical Vehicle: basic Experimental Results Using the Test EV “UOT Electric March”**. IEEE Transactions on Industry Applications, v. 34, n. 5, p. 1131-1138, 1998.
- HSU, R. C. et al. **A Reinforcement Learning Based Power Assisted Method with Comfort of Riding for Light Electric Vehicle**. IEEE 71st Vehicular Technology Conference. Taipei: [s.n.]. 2010.
- IOFFE, S.; SZEGEDY, C. **Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift**. arXiv, 2015.
- JARITZ, M. et al. **End-to-End Race Driving with Deep Reinforcement Learning**. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). Honolulu: [s.n.]. 2017.
- LILLICRAP, T. P. et al. **Continuous Control with Deep Reinforcement Learning**. International Conference on Learning Representations. San Juan: [s.n.]. 2016.
- MATHWORKS. **trainlm**, 2019. Available at:<de.mathworks.com/help/ deeplearning/ref/trainlm.html>. Accessed: 28 mai 2019.
- MNIH, V. et al. **Playing Atari with Deep Reinforcement Learning**. arXiv, 2013.
- NANDY, A.; BISWAS, M. **Reinforcement Learning**. New York. 2018.
- PACEJKA, H. B. **Tyre and Vehicle Dynamics**. Oxford: Elviesier, 2002.

RADAC, M.-B.; PRECUP, R.-E. **Data-driven model-free slip control of anti-lock braking systems using reinforcement Q-learning.** Neurocomputing, 6 September 2017. 317-329.

RATHMANN, S. A. F. R. **Latest Trends in Automotive Electronic Systems - Highway.** Agricultural Engineering International, v. IX, p. 7-12, 2007.

TAITLER, ; SHIMKIN,. **Learning Control for Air Hockey Striking using Deep.** ARXIV, 2017.

WIERING, M.; VAN OTTERLO, M. **Reinforcement Learning State-of-the-Art.** Berlin: Springer, 2012.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Absorção óptica 8, 9, 10, 11, 13, 16

Acidez 55, 70, 73, 74, 75, 77, 86, 91, 92, 93, 94, 95, 97

Agricultura familiar 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109

Água 3, 5, 10, 21, 54, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 66, 67, 70, 72, 73, 76, 77, 84, 85, 87, 93, 95, 146

Amazônia 4, 52, 54, 58, 60, 64, 66, 71, 79

Antioxidante 70, 73, 75, 76, 77, 79

Aprendizado de máquina 40

Aprendizagem 40, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 125, 127, 128, 129, 130, 135, 136, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 187, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 197, 198, 199, 211

Arrefecimento 132, 133, 137, 138, 139, 140

Atributos químicos 52, 53, 57

Avaliação 29, 31, 40, 78, 79, 89, 110, 113, 116, 117, 118, 121, 122, 125, 145, 146, 147, 148, 150, 152, 191, 195, 199

### B

Biocatálise 80, 81, 82, 84

Biocombustível 71, 72, 74, 76

Biodiesel 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 89

Bioestimulante 58

Biomassa 64, 67, 68, 71

Biomateriais 1

Biosurfactantes 80, 81, 83, 84, 85, 86, 88, 89

### C

Ciclone 21, 22, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37

Ciência da computação 131, 201, 202, 204, 211

Critérios epistemológicos 155

### D

Densidade 73, 91, 92, 93, 94, 96, 97

Dinâmica veicular 40

## **E**

Educação 3, 4, 5, 6, 7, 1, 80, 89, 91, 98, 110, 112, 118, 120, 131, 141, 152, 154, 190, 191, 193, 194, 196, 199, 200, 201, 202, 203, 210, 211, 212

Ensino híbrido 112, 118, 119, 120, 121, 122, 126, 130, 189, 191, 192

Estresse hídrico 58, 59

Experimentação em física 155

Extrato natural 70, 71

## **F**

Fermentado 91, 92, 94, 95, 97, 98

Fertilidade 52, 54, 56, 57, 212

Fluidodinâmica 18, 19, 22, 28, 29, 30, 32, 37, 38

Fotoluminescência 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16

Fotossíntese 58, 62

## **H**

Heterogeneidade 99, 100, 103, 108

## **I**

Inteligência artificial 40

## **M**

Macronutrientes 64

Mandioca 52, 53, 54, 57

Matemática 40, 110, 111, 114, 117, 118, 123, 124, 134, 137, 139, 140, 152, 153, 154, 166, 169, 189, 191, 193, 194, 195, 200

## **N**

Nanomateriais 1, 2, 5, 10

Nanopartículas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16

Nutrientes 52, 53, 55, 59, 60, 64, 65, 66, 67, 212

## **P**

Palmeira 59, 65, 71, 72, 73

Prática experimental 143, 145, 149, 151, 152

Produção eficiente 99, 100

Programação 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131

## **Q**

Qualidade 71, 72, 76, 77, 78, 92, 94, 95, 96, 98, 125, 208

Química 2, 29, 38, 78, 79, 82, 83, 88, 89, 90, 94, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 173, 179, 185, 186

## **R**

Rejeitos 81, 83, 88

Resíduos 83, 90, 96, 212

Rizobactéria 58, 60, 64, 65, 66, 67, 68

## **S**

Seca em mudas 58

Segurança ativa 40

Simulação 18, 21, 22, 24, 28, 30, 31, 33, 34, 37, 38

Sociedade 2, 81, 88, 111, 127, 135, 136, 137, 152, 153, 155, 185, 186, 192, 194, 211

Surdos 119, 120, 121, 122, 123, 127, 128, 129, 130, 131

## **T**

Tecnologia 3, 4, 5, 7, 29, 64, 68, 78, 80, 82, 89, 90, 91, 98, 101, 102, 108, 110, 111, 113, 117, 118, 139, 155, 186, 189, 195, 199, 201, 202, 203, 204, 210, 212

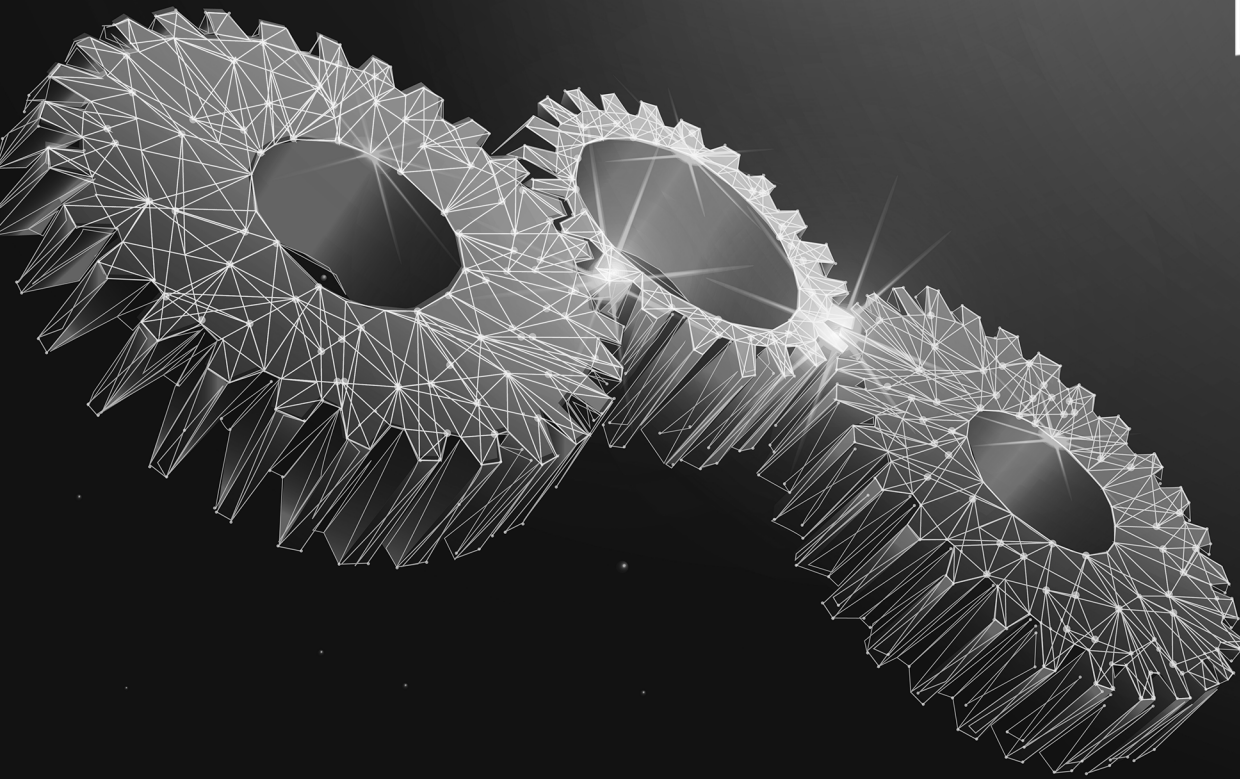
Transposição didática 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 140, 141

## **V**

Venturi 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29

Vídeo aula 117

Vinho 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98



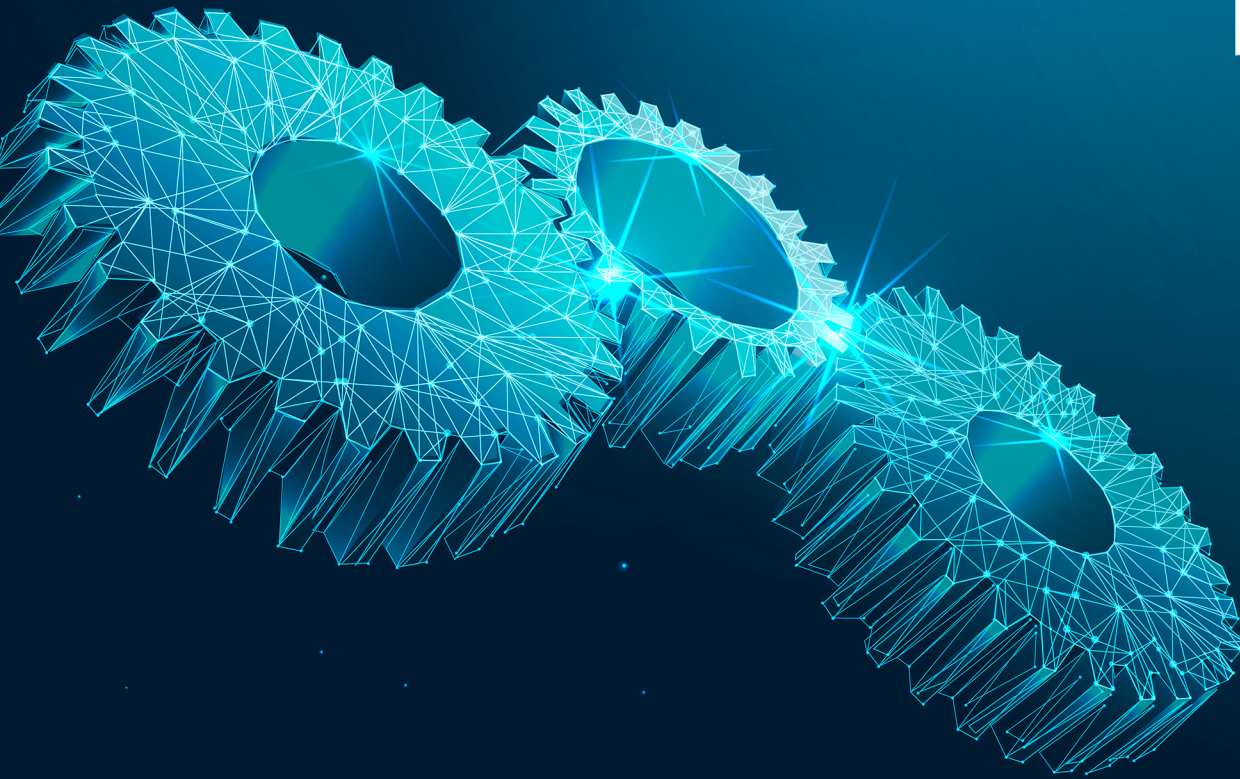
# Estudos Teórico-Methodológicos nas Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra 2

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

[contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br) 



# Estudos Teórico-Methodológicos nas Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra 2

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 