

# **Tópicos Multidisciplinares em Ciências Biológicas**

**Edson da Silva  
(Organizador)**

# **Tópicos Multidisciplinares em Ciências Biológicas**

**Edson da Silva  
(Organizador)**

**Atena**  
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Karine de Lima

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



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

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

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. 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. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
T673	<p>Tópicos multidisciplinares em ciências biológicas [recurso eletrônico] / Organizador Edson da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-85-7247-971-4            DOI 10.22533/at.ed.714203001</p> <p>1. Ciências biológicas – Pesquisa – Brasil. I. Silva, Edson da. CDD 570</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

O e-book “Tópicos Multidisciplinares em Ciências Biológicas” é uma obra composta por estudos de diferentes áreas das ciências biológicas e da saúde. Em seus 16 capítulos o e-book aborda trabalhos de pesquisas, de ensino, relatos de casos e revisões da literatura mostrando avanços e atualidades nesse campo.

As ciências biológicas englobam áreas do conhecimento relacionadas com a vida e incluem a biologia, a saúde humana e a saúde animal. Nesta obra, apresento estudos vivenciados na prática profissional e na formação acadêmica relacionados aos cursos de graduação e de pós-graduação em biologia, biomedicina, biotecnologia, nutrição, medicina, fisioterapia, química, engenharia biomédica, arquitetura entre outros.

Este volume tem objetivo de compartilhar o conhecimento científico aplicado às ciências biológicas e suas áreas afins, potencializando discussões e abordagens contemporâneas em temas variados. Agradeço aos autores que tornaram essa edição possível e desejo uma ótima leitura a todos.

Prof. Dr. Edson da Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE HIDROLÍTICA DE LIPASES OBTIDAS DE NOVAS FONTES VEGETAIS: MORINGA E GIRASSOL	
Flávia Michelle Silva Santos	
Álvaro Silva Lima	
Alini Tinoco Fricks	
Cleide Mara Faria Soares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7142030011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE SEMENTES DE ANDIROBA ( <i>CARAPA GUIANENSIS</i> - <i>MELIACEAE</i> ) E AÇAÍ ( <i>EUTERPE OLERACEA</i> )	
Janaina Pompeu dos Santos	
Sabrina Baleixo da Silva	
Renato Meireles dos Santos	
Jhonatas Rodrigues Barbosa	
Cassia Barbosa Aires	
Martina Damasceno Portilho	
Flaviane Leal Batista	
Joice Silva de Freitas	
Lucas Henrique da Silva e Silva	
Natacia da Silva e Silva	
Wanessa Shuelen Costa Araújo	
Vanderson Vasconceslos Dantas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7142030012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>16</b>
CARACTERIZAÇÃO HISTOLÓGICA DAS CÉLULAS DE HOFBAUER EM PLACENTAS A TERMO, DE MÃES DE MÉDIO E ALTO RISCO, ATENDIDAS EM MATERNIDADES PÚBLICAS DO RECIFE	
Mateus Cotias Filizola	
Fálba Bernadete Ramos dos Anjos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7142030013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>26</b>
CONDIÇÃO CLÍNICO-FUNCIONAL DE IDOSOS DE UMA COMUNIDADE DA ZONA RURAL	
Luciana Julek	
Danielle Bordin	
Luciane Patrícia Andreani Cabral	
Taís Ivastcheschen	
Heloize Gonçalves Lopes	
Clóris Regina Blanski Grden	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7142030014</b>	

**CAPÍTULO 5 ..... 39**

DESCRIÇÃO DE CASOS CONFIRMADOS DE COINFECÇÃO DE TUBERCULOSE/HIV NO ESTADO DE GOIÁS

Murilo Barros Silveira  
Fábio Castro Ferreira  
Fernanda Soares da Mota  
Tamires Mariana Dias Damas Rocha  
Beatriz Gonçalves dos Santos  
Iara Barreto Neves Oliveira  
Aldenira Matias de Moura  
Muriel Vilela Teodoro Silva  
Marielly Sousa Borges  
Juliana Boaventura Avelar

**DOI 10.22533/at.ed.7142030015**

**CAPÍTULO 6 ..... 46**

LAGOCHILASCARIÁSE HUMANA: REVISÃO DE LITERATURA

Meriele Aline de Paula  
Amanda Silva Santos Aliança  
José Eduardo Batista Filho  
Nathália de Paula Batista

**DOI 10.22533/at.ed.7142030016**

**CAPÍTULO 7 ..... 59**

TERAPIA DE REPOSIÇÃO DE TESTOSTERONA: ESTRESSE OXIDATIVO E RISCO PARA DOENÇAS CARDIOVASCULARES

André Luiz Cavalcante Fontenele  
Diego Gonçalves de Lima  
Romeu Paulo Martins Silva  
Miguel Junior Sordi Bortolini  
Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti  
Anderson Gonçalves Freitas

**DOI 10.22533/at.ed.7142030017**

**CAPÍTULO 8 ..... 74**

VIRULÊNCIA E PERFIL DE SUSCEPTIBILIDADE ANTIFÚNGICA DE ESPÉCIES DE *CANDIDA*

Renato Birlo de Araújo  
Adryelle Idalina da Silva Alves  
Melyna Chaves Leite de Andrade  
Franz de Assis Graciano dos Santos  
Michellangelo Nunes da Silva  
Paulo Roberto de Moura Carvalho  
Reginaldo Gonçalves de Lima Neto  
Rejane Pereira Neves  
Danielle Patrícia Cerqueira Macêdo

**DOI 10.22533/at.ed.7142030018**

**CAPÍTULO 9 ..... 87**

A SOBRECARGA PSICOSSOCIAL DO CUIDADOR FAMILIAR DE PESSOAS COM DIAGNÓSTICO DE DOENÇAS DEGENERATIVAS

Sueli Ferreira de Paula Cardoso  
Claudineia Pedroso Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.7142030019**



**CAPÍTULO 10 ..... 90**

EXPERIÊNCIA DE ESTÁGIO EM AMBIENTES NÃO FORMAIS, REALIZADO NA FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA DE MARABÁ/PA

Larisse Caldas da Silva  
Laysa Kellen Dos Santos Alves  
Patrick Anderson Barbosa Borralho  
Nádia Nunes da Silva  
Manoel Ananis Lopes Soares

**DOI 10.22533/at.ed.71420300110**

**CAPÍTULO 11 ..... 99**

RECURSOS DIDÁTICOS VISUAIS E AUDIOVISUAIS: UM BREVE PARALELO ENTRE TICS E O ALBUM SERIADO NO CONTEXTO DAS DISCIPLINAS QUE REPRESENTAM AS CIÊNCIAS DA NATUREZA

Rosangela Mota Lunas  
Ranlig Carvalho de Medeiros  
Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros

**DOI 10.22533/at.ed.71420300111**

**CAPÍTULO 12 ..... 107**

UMA PROPOSTA DE JOGO EDUCACIONAL DIGITAL PARA APOIAR O ENSINO DE ANATOMIA DO SISTEMA MUSCULAR

Edson da Silva  
Marileila Marques Toledo

**DOI 10.22533/at.ed.71420300112**

**CAPÍTULO 13 ..... 117**

EXTRACTION AND CRYSTALLIZATION OF CAFFEINE FROM COFFEE HUSKS

Ana Paula Silva Capuci  
Eloízio Júlio Ribeiro  
José Roberto Delalibera Finzer

**DOI 10.22533/at.ed.71420300113**

**CAPÍTULO 14 ..... 123**

PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE AMIDO DE MILHO HIDROLISADO COM AMILASES DO MALTE DE CEVADA

Felipe Staciaki da Luz  
Renata Nascimento Caetano  
Adrielle Ferreira Bueno  
Carine Vieira  
Danielle Cristina Silva Oliszeski  
Gideã Taques Tractz  
Bianca Vanjura Dias  
Cynthia Beatriz Fürstenberger  
Everson do Prado Banczek

**DOI 10.22533/at.ed.71420300114**

<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>135</b>
SÍNTESE DE SUPERFÍCIES NANOESTRUTURADAS À BASE DE POLIANILINA	
Ítalo Gustavo de Lira Moura	
Gabriel Galdino Gadelha	
Liandra Roberta Pinho da Cunha Coutinho	
Washington Andrade da Cunha Coutinho Filho	
Renata Miranda Gomes	
Rosa Fireman Dutra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71420300115</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>150</b>
O IMPACTO DO RUÍDO EM ANIMAIS DE CATIVEIRO (O CASO DO JARDIM ZOOLOGICO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, BRASIL)	
Isabel Cristina Ferreira Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71420300116</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>159</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>160</b>

## EXTRACTION AND CRYSTALLIZATION OF CAFFEINE FROM COFFEE HUSKS

*Data de submissão: 17/11/2019.*

*Data de aceite: 20/01/2020*

### Ana Paula Silva Capuci

Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Química  
Uberaba – MG

<http://lattes.cnpq.br/4652343814529493>

### Eloízo Júlio Ribeiro

Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química  
Uberlândia – MG

<http://lattes.cnpq.br/7396213263599744>

### José Roberto Delalibera Finzer

Universidade de Uberaba, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química  
Uberaba – MG

<http://lattes.cnpq.br/3768604935693672>

**ABSTRACT:** In the last decade, the production of coffee husks in the world increased by 28%, the ratio between the obtained grain and the coffee husk is 1: 1. It is known that caffeine is a psychomotor stimulant, whose main property is to stimulate mental activity, relieving sleep and fatigue. The present work presents an alternative for the disposal of this residue by solid-liquid extraction of the caffeine from the *Coffea arabica* coffee husk, using water as the extracting agent

and crystallizing the caffeine extracted with the controlled cooling technique. The work proposes an optimized temperature and roasting time for the extraction of caffeine (145.9°C and 5.4 min). Under these conditions, 57.7% m/m of caffeine can be extracted from the *Coffea arabica* coffee husk. With the crystallization it was possible to purify the caffeine, reaching an average purity of 88%.

**KEYWORDS:** Coffee husks. Extraction. Caffeine. Crystallization.

### 1 | INTRODUCTION

In the last decade, corresponding to the harvest of 2007 and 2008; the harvest of 2017 and 2018, coffee production worldwide increased by 28%. This means that in the last decade, production of Arabica coffee increased from 74.8 million bags, from 60 kg, to 97.4 million bags. The increase of the residue generated after the grain processing is proportional to the increase of the coffee production, that is to say, the ratio between the obtained grain and the coffee husk is 1: 1 (EMBRAPA, 2017). Once a high amount of residue is generated, for the current trade scenario, research is needed for its destination. Among some applications of the coffee bark, we can mention, as the most usual, ruminant feed, nutrient supply in the process of

organic fertilization, weed control (EMBRAPA, 2017).

Thus, the present work aims to propose a destination for this residue by extracting solid-liquid caffeine from the coffee husk of the *Coffea arabica* species, using water as the extracting agent and crystallize the extracted caffeine with the intention of purifying it.

## 2 | EXPERIMENTAL

### 2.1 Extraction of caffeine

Initially, a Central Composite Planning was done around the central points, validated by Yoshida (2005) and Fernandes (2007), to evaluate the response of caffeine extraction varying temperature (145.9 to 174.1°C) and toasting time (4.36 to 7.24 min). Sixteen experiments were performed, with 8 replicates at the central point. The experiments were carried out in triplicate with husks from the 2018 harvest, provided by a producer from Araguari - MG. The coffee husks were cleaned manually and with the help of Tyler screens of 2.36 mm opening for removal of soot, twigs and coffee beans. Then, 100 g of the coffee straw were inserted into the Carmonaq TP1 roaster at the operating temperature. The peels remained in the roaster at the given time of each experiment. At the end of the toast, the roasted coffee husks were milled in Hamilton Beach Adjustable grinder. Then, grading was carried out on Tyler mesh screens 35 and 48 in order to remove 5 g of sample with a mean diameter of 0.36 mm. The next step was the extraction of caffeine in a Polti Espresso 3000 extractor. Caffeine determination was performed according to the method used by Chaves et. al (2004) and Fernandes (2007). The infrared spectra of the commercial and crystalline caffeine was performed in a Bruker Alpha infrared.

### 2.2 Crystallization of caffeine

The supersaturated solutions were obtained according to Equations (1) and (2). Equation (1), allows the calculation of the concentration of caffeine to be used (C), considering the supersaturation (S) and concentration of caffeine at the operating temperature (C\*). Equation (2) it was used to determine the solubility of caffeine in water. The solubility of caffeine was proposed by Nagy et al. (2007).

$$S = \frac{C}{C^*} \quad (1)$$

$$\ln(C) = -\frac{4907.4}{T} + 104 \quad (2)$$

The seeds were produced by a previously crystallization of commercial caffeine. The seeds were subjected to several heating and cooling treatments, in order to promote

acicular crystal size growth. For crystallization of extract caffeine, approximately 220 mL of supersaturated caffeine solution was prepared at 42.9°C. Thereafter, commercial caffeine seeds (1.952 g) were added and the stirring was adjusted to 221 rpm. The caffeine crystallization from the coffee husk was then monitored by a thermocouple and subjected to a controlled cooling process for a period of 180 min until the temperature reached 20°C. After completion of the crystallization process, all of the caffeine was withdrawn from the glass crystallizer, separated from the mother liquor and stored at 60°C for 24 h in a stove. The yield of caffeine was determined according to Equation (3).

$$y(\%) = \left( \frac{m_{final}}{m_{seed}} - 1 \right) * 100 \quad (3)$$

### 3 | RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1 Extraction of caffeine

Analyzing the results obtained in the planning, it is observed that both variables have a negative effect on the response studied. From the results of the extraction experiments performed, the process optimization was performed using Equation (4), where y represents the extracted caffeine content, x<sub>1</sub>, temperature, and x<sub>2</sub>, time, where x<sub>1</sub> and x<sub>2</sub> are statistically coded values.

$$y = 49,68 - 10,19x_1 - 3,78x_1^2 - 7,29x_2 - 4,23x_2^2 \quad (4)$$

This equation was obtained through a multiple regression that relates the isolated variables, the interactions and the quadratic terms to the parameter estimation. The interactions were not significant, so they were taken from Equation (4). The determination of the statistical parameters of the regression was performed through a hypothesis test using maximum probability of error in Student's t-test with a significance level of 10%. The square of the regression correlation coefficient (r<sup>2</sup>) was equivalent to 0.89073. The residues were random and well distributed. According to the data analysis, it can be verified that the lower the time and temperature, within the range studied, the greater the amount of caffeine extracted. Within the studied range of temperature and time, the optimal points were -1.414 and -0.4525, corresponding to values 145.9°C and 5.4 min respectively. Under these conditions, 57.7% of a total of 1.3% m/m of caffeine in *Coffea arabica* coffee husk can be extracted.

According to the results of Yoshida (2005) and Fernandes (2007), it was possible to extract 92% of the total caffeine from the same coffee species with an optimum time of 5 min and a temperature of 160 ° C. The difference between the optimized

parameters of these researchers with those of the present study, in the same range of study, may have occurred both by the amount of extraction of a same sample and by the use of different rotors. In the first case, the authors made successive extractions while for this study a single extraction was performed. Yoshida (2005) and Fernandes (2007) used a roaster with perforated body cylinder, in which the heat exchanges during the roasting of the shells occurred by conduction and convection, whereas in the work presented, a roaster with massive cylinder was used in in which only the conduction was characterized as heat exchange.

### 3.2 Crystallization of caffeine

The crystallization of caffeine extracted from the coffee husk occurred with controlled cooling from 42.9°C to 20°C for 180 min, with stirring of 221 rpm and supersaturation of 1,135. In the experiments 1.952 g of commercial caffeine seeds were added. At the end of the operation the yield was 310.82%. The extracted caffeine had a purity of 73% ( $\pm 3$ ), after crystallization, the purity obtained was 88% ( $\pm 2.8$ ), an increase of approximately 21%. When analyzing the crystals obtained in an optical microscope (Nikon Eclipse E100), it is observed that they have the characteristic acicular form of this organic compound (Figure 1A). The caffeine identification was performed by comparing the infrared spectra (Bruker Alpha) of the commercial and crystalline caffeine as shown in Figure 1B. The result shows that there is excellent agreement on the wave numbers of the specific bands of both spectra. The similarity of the forms of the spectra can be justified by the visual comparison of the spectra shown in Figure 1B. The crystal was thus identified as being caffeine.

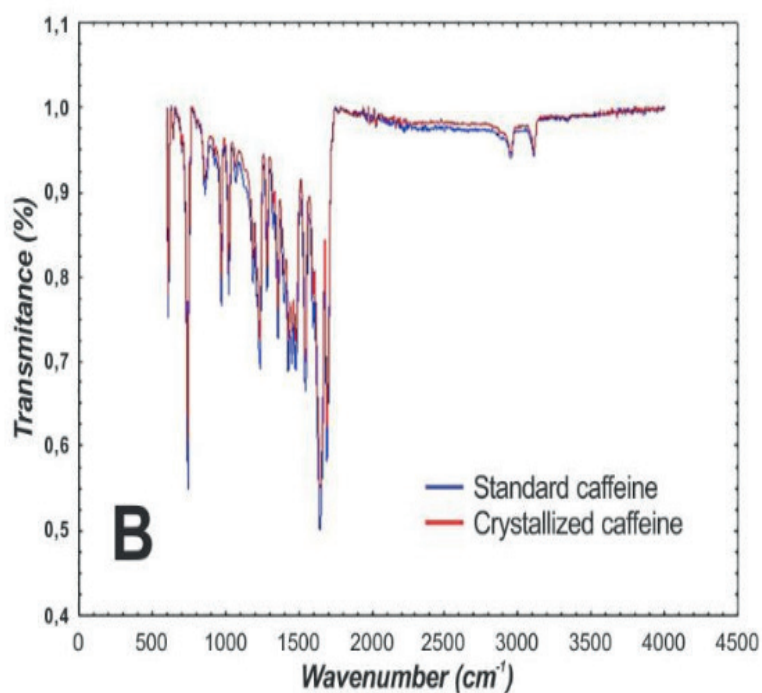
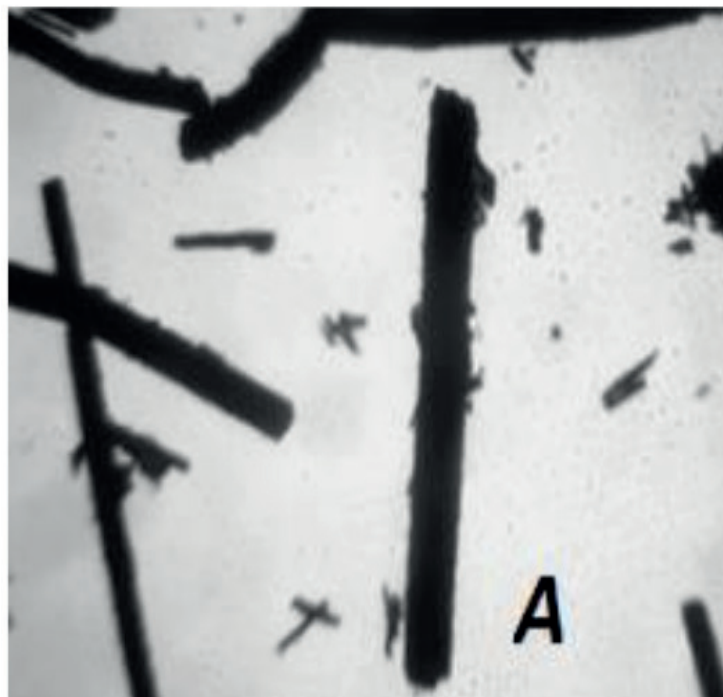


Figure 1 .(A). Caffeine crystals obtained by cooling crystallization photographed on 4x magnification lens under optical microscope. (B). Infrared spectra of standard caffeine (---)and crystallized caffeine from coffee husks (---).

#### 4 | CONCLUSION

In the worked temperature and time range, it was possible to extract 57.7% of the caffeine present in the coffee husk in an optimized roasting condition with a time of 5.4 min and a temperature of 145.9°C. However the heterogeneity of vegetable matter may interfere with the amount of caffeine extracted in the process. Crystallization proved to be an excellent purification option for the organic compound, with final purity of 88%. The characterization tests of the caffeine obtained demonstrated that the technique

was able to purify the caffeine and produce crystals with characteristics faithful to the crystals of the same pure compound.

## REFERENCES

Chaves, J.C.D., Miyazawa, M., Bloch, M.F.M., Yamakami, J.K. **Estimativa do teor da cafeína das sementes de café baseada na sua concentração nas folhas de mudas e de plantas adultas.** Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, 26, 3, 287 – 292, 2004.

EMBRAPA, **Produção mundial de café cresceu de 124 milhões para 159 milhões de sacas na última década.** 29 ago. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/26234229/producao-mundial-de-cafe-cresceu-de-124-milhoes-para-159-milhoes-de>>

Fernandes, G. **Extração e purificação da cafeína da casca de café.** 2005. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Nagy, Z.K., Gillon, A.L., Steele, G., Makwana, N., Rielly, C.D. **Using process analytical technology for in situ monitoring of the polymorphic transformation of organic compounds.** 8th International IFAC Symposium on Dynamics and Control of Process Systems. Cancun, Mexico, 2007. vol 3., 1-6.

Yoshida, L.M. **Extração de solúveis da casca de café torrada.** 2005. 223 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.



## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Edson da Silva** possui graduação em Fisioterapia pela Fundação Educacional de Caratinga (2001). Obteve seu título de Mestre (2007) e o de Doutor em Biologia Celular e Estrutural pela Universidade Federal de Viçosa (2013). É especialista em Educação em Diabetes pela Universidade Paulista (2017) e realizou cursos de aperfeiçoamento em Educação em Diabetes pela parceria ADJ do Brasil, *International Diabetes Federation* e Sociedade Brasileira de Diabetes (2018). Pós-Graduando em Tecnologias Digitais e Inovação na Educação (2019-2020). É professor e pesquisador da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, desde 2006, lotado no Departamento de Ciências Básicas (DCB) da Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde (FCBS). Ministra disciplinas de Anatomia Humana para diferentes cursos de graduação. No Programa de Pós-Graduação em Saúde, Sociedade e Ambiente atua na linha de pesquisa Educação, Saúde e Cultura. É vice coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição, no qual atua nas áreas de Nutrição e Saúde Coletiva. É líder do Grupo de Estudo do Diabetes credenciado pelo CNPq no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil. Desde 2006 desenvolve ações interdisciplinares de formação em saúde mediada pela extensão universitária, entre elas várias coordenações de projetos locais, além de projetos desenvolvidos no Projeto Rondon com atuações nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. É membro da Sociedade Brasileira de Diabetes, membro de corpos editoriais e parecerista *ad hoc* de revistas científicas internacionais da área da saúde. Tem experiência na área da Saúde, atuando principalmente nos seguintes temas: Anatomia Humana; Diabetes *Mellitus*; Processos Tecnológicos Digitais e Inovação na Educação em Saúde; Educação, Saúde e Cultura.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Açaí 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15  
Álbun seriado 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105  
Ambientes não formais 90, 91, 93, 96, 97  
Amido de milho 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 132  
Amilase 125, 129  
Anatomia 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 159  
Andiroba 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15  
Antifúngicos 75, 76, 84, 85  
Aprendizagem 91, 95, 97, 99, 101, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 114, 115, 152, 154  
Atividade hidrolítica 1, 3, 4, 5, 6, 7

### B

Bem-estar animal 150, 154, 157  
Biofilme 74, 75, 76, 78, 82, 83, 84, 85  
Biossensores 135, 136, 140, 141

### C

*Caffeine* 117, 118, 119, 120, 121, 122  
*Candida* 8, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86  
*Carapa guianensis* 9, 11, 14  
Células de Hofbauer 16, 17, 19  
Cevada 123, 125, 126, 127, 128, 129, 131, 132  
Ciências Naturais 9, 90, 91, 99, 101, 102, 104  
*Coffee husk* 117, 118, 119, 120, 121  
Coinfecção 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45  
Composição físico-química 9, 10, 12  
*Crystallization* 117, 118, 119, 120, 121  
Cuidador 87, 88

### D

Doenças Cardiovasculares 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 72, 148

### E

Educação 32, 35, 52, 56, 90, 91, 92, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 115, 159  
Eletropolimerização 135, 136, 138, 139, 143, 144, 145  
Ensino de biologia 90  
Estágio 19, 50, 53, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 139  
Estresse Oxidativo 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 73  
Etanol 4, 78, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133  
*Euterpe oleracea* 9, 11, 14

## F

Fermentação alcoólica 123, 124, 125, 126, 131, 132, 133

## G

Gestação 16, 17, 18, 19, 22, 24

Girassol 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

## H

Helmintose Emergente 46, 47, 48, 49

Hidrólise 1, 2, 4, 5, 7, 8, 15, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133

Hidrólise enzimática 8, 123, 124, 125, 126, 127

Histologia 16, 17, 19

HIV 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

## J

Jardim zoológico 150, 153, 155, 156

Jogos educacionais 107, 109, 114

## L

Lagochilascaríase 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 58

*Lagochilascaris minor* 46, 47, 49, 50, 57, 58

Lipase 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

## M

Malte 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131, 132

Moringa 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

## P

Placenta 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25

Polianilina 135, 136, 137, 140, 141, 143, 147, 148

Polímeros condutores 135, 136, 137, 139, 147, 148

Psicossocial 87, 88

## R

Recursos didáticos 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105

Resíduos orgânicos 9, 10

Ruído 150, 152, 154, 155, 156, 157, 158

## S

Saúde pública 28, 39, 40, 44, 48, 58, 62, 88, 158

## T

Tecnologias de informação e comunicação 99, 100, 105

Testosterona 59, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 73

TICs 99, 100, 101, 103, 104, 105

Tuberculose 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

## Z

Zoonose 46, 48, 52

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**