

The image features a collection of laboratory glassware. In the foreground, there are several test tubes and a round-bottom flask. One test tube on the left contains a bright pink liquid, while another in the center contains a blue liquid. A large round-bottom flask in the background is partially filled with a light blue liquid. The background is a solid blue color with a white geometric shape on the left side.

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

O Ensino de Química 3

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt

(Organizadora)

O Ensino de Química 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: Lorena Prestes e Karine de Lima

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)

E59 O ensino de química 3 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (O Ensino de Química; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-291-3

DOI 10.22533/at.ed.913192604

1. Química – Estudo e ensino. 2. Prática de ensino. 3. Professores de química – Formação I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série.

CDD 540.7

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

APRESENTAÇÃO

A qualidade de vida de um povo é decorrência das condições socioeconômicas de seu país que, por sua vez, estão intimamente ligadas à sua produção científica. A universidade tem um papel importante para a sociedade por se constituir, na grande maioria dos países, na instituição que oportuniza, por excelência, a busca do conhecimento, por meio do ensino, da pesquisa e da extensão. A pesquisa pode ser um excelente instrumento educativo na medida em que esta leva os alunos a vivenciarem o processo de conhecer e não apenas analisarem o produto desse processo.

Portanto, a educação superior tem por finalidade estimular a criação cultural e o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo; formar diplomados nas diferentes áreas de conhecimento, aptos para a inserção em setores profissionais e para a participação no desenvolvimento da sociedade brasileira, e colaborar na sua formação contínua; incentivar o trabalho de pesquisa e investigação científica, visando o desenvolvimento da ciência e da tecnologia e da criação e difusão da cultura, e, desse modo, desenvolver o entendimento do homem e do meio em que vive e promover a divulgação de conhecimentos culturais, científicos e técnicos que constituem patrimônio da humanidade e comunicar o saber através do ensino, de publicações ou de outras formas de comunicação.

Neste terceiro volume, apresentamos trabalhos com pesquisas em diversas áreas da química abrangendo quantificação, desenvolvimento, otimização e validação de novos métodos de análise. Com isso, convidamos você a ampliar seus conhecimentos referentes à pesquisa em química, fornecendo uma base teórica e instrumental para auxílio no conhecimento das abordagens diferenciadas desta ciência.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE ANÁLISE–PARA QUANTIFICAÇÃO DO PRODUTO ÁCIDO FÓRMICO POR CROMATOGRAFIA GASOSA DA REAÇÃO DE GLICEROL CATALISADA POR COMPOSTOS DE NIÓBIO EM FLUXO	
Gabriela Santos Caldeira Poliane Chagas Tarsis Vinícius M Santos Stephanie Vertelo Porto Luiz Carlos de Oliveira Patterson Patrício de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.9131926041	
CAPÍTULO 2	15
OTIMIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE SOLVENTES RESIDUAIS EM RADIOFÁRMACOS POR GC-FID	
Cassiano Lino dos Santos Costa Daleska Pereira Ramos Juliana Batista da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.9131926042	
CAPÍTULO 3	30
ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE PADRÃO INTERNO PARA QUANTIFICAÇÃO DE GLICERINA E IDENTIFICAÇÃO DO CARBONATO DE GLICERINA COMO PRODUTO DA REAÇÃO DE GLICERINA COMERCIAL COM UREIA CATALISADA PELO POLÍMERO DE COORDENAÇÃO 2D ND-5SIS	
Gabriela Santos Caldeira Chris Hebert de Jesus Franco Stephanie Vertelo Porto Renata Diniz Patterson Patrício de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.9131926043	
CAPÍTULO 4	46
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE ÍONS CLORETOS EM AMOSTRAS DE LEITE PASTEURIZADO E UHT (“ULTRA HIGH TEMPERATURE”)	
Roberta Pereira Matos Cassiano Lino dos Santos Costa	
DOI 10.22533/at.ed.9131926044	
CAPÍTULO 5	59
ESTUDO SOBRE A OCORRÊNCIA DE <i>BLOWOUT</i> EM TAMPAS DE LATAS DE BEBIDAS CARBONATADAS	
Gabriely Fernanda Bataier Beatriz Maria Curtio Soares Sílvia Tondella Dantas	
DOI 10.22533/at.ed.9131926045	
CAPÍTULO 6	72
QUANTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO INORGÂNICA DO MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO DA CIDADE DE CATALÃO – GO	
Alêssa Gomes Siqueira Lincoln Lucilio Romualdo	

Marcus Vinicius de Oliveira Fernandes

Vanessa Nunes Alves

DOI 10.22533/at.ed.9131926046

CAPÍTULO 7 83

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS BEBEDOUROS DO IFSC – CAMPUS FLORIANÓPOLIS, COM ÊNFASE NA DETERMINAÇÃO DE ALUMÍNIO

Berenice da Silva Junkes

Alexsander Rodrigo Vieira de Oliveira

Bruno Visnadi da Luz

Júlia Ana Brando Souza

DOI 10.22533/at.ed.9131926047

CAPÍTULO 8 97

AValiação DOS RENDIMENTOS DA CASCA DO CAULE DO *Croton Cajucara* BENTH

Alexandre Augusto Moraes de Souza

Cintya Cordovil Rodrigues

Davi do Socorro Barros Brasil

DOI 10.22533/at.ed.9131926048

CAPÍTULO 9 113

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO HIDROLISADO BÁSICO DA CASCA DE CAFÉ

Roberta Oliveira Aguiar de Souza

Boutros Sarrouh

Enio Nazaré de Oliveira Júnior

Ana Maria de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.9131926049

CAPÍTULO 10 129

COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS E ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE CAROTENOIDES POR UPLC- APCI MS/MS EM FILÉS DE TILÁPIA GIFT

Elaine C. Reis

Marília. Bellanda Galuch

Roberta da Silveira

Hevelyse Munise Celestino dos Santos

Cesar Sary

Thiago Ferreira dos Santos Magon

Ricardo Pereira Ribeiro

Jesuí V. Visentainer

Oscar O. Santos

DOI 10.22533/at.ed.91319260410

CAPÍTULO 11 144

DETERMINAÇÃO DE CÁDMIO, ALUMÍNIO E CHUMBO EM *MAYTENUS ILICIFOLIA* PARA USO MEDICINAL

Martha Campos de Castro

Fernanda Caspers Zimmer

Daiany Cristina Vitorassi Lovera

Makoto Matsushita

Nilson Evelázio de Souza

Angela Cláudia Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.91319260411

CAPÍTULO 12	148
DETERMINAÇÃO DE Mg E Zn EM ÓLEOS VEGETAIS POR FAAS APÓS DILUIÇÃO EM ISOPROPANOL	
Priscila Karachinski dos Reis Eduardo Sidinei Chaves	
DOI 10.22533/at.ed.91319260412	
CAPÍTULO 13	164
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS COMPARATIVAS ENTRE BIODIESEIS DERIVADOS DE ÓLEOS VEGETAIS E UM DILUENTE ASFÁLTICO	
Sônia Maria de Freitas Almeida Alexandre Augusto Moraes de Souza Juliana Fonseca da Silva José de Arimatéia Rodrigues do Rêgo Silvana de Oliveira Silva Trindade Davi do Socorro Barros Brasil	
DOI 10.22533/at.ed.91319260413	
CAPÍTULO 14	172
REMOÇÃO DO CORANTE REATIVO VERMELHO 4B UTILIZANDO COMO BIOSSORVENTE A BAINHA DO PALMITO PUPUNHA <i>IN NATURA</i> E MODIFICADO COM <i>Lentinula edodes</i>	
Aline Grahl	
DOI 10.22533/at.ed.91319260414	
SOBRE A ORGANIZADORA	186

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO HIDROLISADO BÁSICO DA CASCA DE CAFÉ

Roberta Oliveira Aguiar de Souza

Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos, Universidade Federal de São João del-Rei
Ouro Branco-MG

Boutros Sarrouh

Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos, Universidade Federal de São João del-Rei
Ouro Branco-MG

Enio Nazaré de Oliveira Júnior

Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos, Universidade Federal de São João del-Rei
Ouro Branco-MG

Ana Maria de Oliveira

Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos, Universidade Federal de São João del-Rei
Ouro Branco-MG

RESUMO: O Brasil é o maior produtor de café do mundo. Com isto é gerada grande quantidade de casca de café como resíduo, a qual é descartada no ambiente. Por se tratar de um material lignocelulósico, esses resíduos apresentam a possibilidade de utilização na produção de insumos industriais. Sendo assim, este trabalho objetivou determinar a composição química do hidrolisado básico da casca de café,

com vistas à identificação das potencialidades de uso de seus constituintes. Para isso, foi feita a caracterização da amostra quanto aos teores de fenol, taninos condensados e flavonoides. Em seguida foi realizada a separação dos constituintes utilizando coluna de sílica e os solventes hexano, acetato de etila e metanol como eluentes. Então os extratos foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência e verificadas as possíveis potencialidades de uso dos compostos identificados. O resíduo apresentou concentrações de compostos fenólicos totais, taninos e flavonoides igual a $3,12 (\pm 0,01) \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, $0,155 (\pm 0,007) \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ e $0,90 (\pm 0,03) \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente. Dentre os compostos que constituem o hidrolisado da casca de café foi verificada a presença de ácido ferrúlico, ácido clorogênico, ácido p-cumárico e ácido levulínico, os quais apresentam grande potencial de mercado, como a produção de pesticidas, polímeros, poliésteres, solventes orgânicos, cosméticos, produtos farmacêuticos e alimentares. Assim, pode-se concluir que o hidrolisado da casca de café se apresenta como uma matéria-prima potencial para a extração de compostos com alto valor agregado.

PALAVRAS-CHAVE: Reaproveitamento de resíduo, bioprocessos, caracterização

ABSTRACT: Brazil is the world's largest coffee producer. With this is generated large amount

of coffee hulls as residue, which is discarded in the environment. Because it is a lignocellulosic material, these residues present the possibility of use in the production of industrial inputs. Thus, this study aimed to determine the chemical composition of the basic hydrolysate of coffee hulls, with a view to identifying the potentialities of its constituents. To do this, the sample was characterized for the contents of phenol, condensed tannins and flavonoids. Then the constituents were separated using silica column and hexane, ethyl acetate and methanol solvents as eluents. Then the extracts were analyzed by high performance liquid chromatography and verified the possible potentialities of the identified compounds. The residue showed concentrations of total phenolic compounds, tannins and flavonoids equal to $3.12 (\pm 0.01) \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, $0.155 (\pm 0.007) \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ and $0.90 (\pm 0.03) \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, respectively. Among the compounds that constitute the hydrolysate of the coffee hulls was verified the presence of ferrulic, chlorogenic, p-coumaric and levulin acids, which have great market potential, such as the production of pesticides, polymers, polyesters, organic solvents, cosmetics, pharmaceuticals and food products. Thus, it can be concluded that the hydrolysate of the coffee hulls presents as a potential raw material for the extraction of compounds with high added value.

KEYWORDS: Reuse of waste, bioprocesses, characterization

1 | INTRODUÇÃO

A maior parte da energia consumida no mundo advém de fontes não renováveis, como petróleo e carvão mineral, colocando grande parte dos países em situação de vulnerabilidade devido aos problemas enfrentados com as oscilações nos preços, a possibilidade de esgotamento e os impactos ambientais ocasionados por esses recursos (Araujo et al., 2013), fazendo assim, o uso de combustíveis de fontes renováveis ser cada vez mais requisitado. O Brasil, utiliza desde a década de 70, o etanol proveniente da cana-de-açúcar como fonte alternativa de combustível (Ambrozini et al., 2009) e, atualmente, se posiciona como o segundo maior produtor mundial de etanol (25,0%), atrás apenas dos Estados Unidos (52,0%) (Vidal, 2017).

O etanol é um álcool simples produzido a partir da hidrólise e fermentação das frações de carboidratos provenientes de biomassa vegetal. Atualmente, os substratos mais comuns utilizados para a sua produção são culturas de cana-de-açúcar e milho. A grande maioria do etanol produzido é fabricado por processos de produção sazonados que se utiliza de apenas uma pequena fração da biomassa do substrato. Os talos fibrosos lignocelulósicos que permanecem após o processo de produção são queimados para produção de energia ou acumulados nas proximidades do local de moagem. Os resíduos lignocelulósicos residuais e não comestíveis, como o bagaço de cana-de-açúcar e palha, palha de cereais, espigas de milho e farinha de milho, possuem grande potencial como matéria-prima alternativa para a produção de etanol, sem competir pelo uso da terra (Pereira Jr. et al., 2008). Desse modo, fontes de energia alternativas oriundas do reaproveitamento de resíduos agroindustriais estão

sendo cada vez mais estudadas para possíveis aplicações na indústria, visando à produção de biocombustíveis (Freitas, 2016).

Para possibilitar o uso de materiais lignocelulósicos como matéria-prima para a produção de etanol, faz-se necessário um estágio de pré-tratamento que consiste na despolimerização e dissolução da hemicelulose. A celulose resultante pode então ser separada através da dissolução da lignina com álcalis, solventes orgânicos ou com ácidos fortes (Pereira Jr. et al., 2008).

O Brasil é um país fortemente agrícola e produz, anualmente, uma grande quantidade de biomassa vegetal, proveniente de resíduos agroflorestais, gramíneas e madeira. Sendo o país líder mundial na produção de café com a produção de mais de 41,1 milhões de sacas dentre os 141,9 milhões aproximados que são produzidos de café no mundo, segundo a International Coffee Organization – ICO, o país gera uma quantidade significativa de casca de café como resíduo, causando problemas ambientais e de armazenamento, pois, devido a sua composição, não existe um emprego adequado e viável que comporte o volume gerado desta biomassa vegetal, sendo depositada no solo ou queimada (Freitas, 2016).

Logo, a casca de café apresenta-se como um grande potencial para a produção de etanol. Ademais, esse resíduo é constituído basicamente por compostos fenólicos e metilxantinas, gerando, nos processos de hidrólise, compostos de uso relevantes, sob o ponto de vista farmacológico e terapêutico e por suas propriedades antioxidantes. Neste contexto, faz-se necessário a caracterização e separação destes componentes para posterior empregabilidade desta biomassa pouco explorada.

2 | OBJETIVO

Determinar a composição química do hidrolisado básico da casca de café, com vistas a identificação das potencialidades de uso de seus constituintes.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Reagentes e Equipamentos

Para a realização deste trabalho foram utilizados os reagentes e os equipamentos que seguem: acetato de sódio (Êxodo 99-100,3%); acetonitrila (Synth 99,5%); ácido acético (Proquímios 99,7%); ácido clorídrico (Vetec $\geq 37\%$); ácido gálico anidro puríssimo (Vetec 98%); ácido sulfúrico (Impex 95-99%); álcool etílico (Synth 99,4%); álcool metílico (Química Moderna 99,8%); carbonato de sódio, PA anidro (Proquímios 99,5%); cloreto de alumínio hexahidratado (Sigma 99 %); Folin-Ciocalteu (Fluka); goma arábica (Vetec 85%); hexano (Dinâmica); Kieselgel S (Riedel-de Haën 0,063-0,2mm); quercetina (Sigma $\geq 95\%$); sulfato férrico amoniacal (Proquímios 98,5-101,5%); ureia

(Synth 99-100,5%); autoclave CS, Primatec Indústria e Comércio Autoclaves; balança analítica BL3200H, Shimadzu Corporation; espectrofotômetro AJMICRONAL modelo AJX-1000; estufa elétrica Nova Ética; liquidificador Walita; papel filtro Qualy-Φ12,5 cm; peneiras Bertel Indústria Metalúrgica LTDA - 12 mesh; pHmetro Digimed modelo DM-22.

3.2 Obtenção das amostras

Para a realização dos experimentos utilizou-se casca de café “*in natura*” proveniente do Sítio Santa Clara, localizado no município de Oliveira no Estado de Minas Gerais. Após recebimento e limpeza, a casca de café passou por uma etapa de trituração, secagem em estufa a 100°C até peso constante. As cascas foram trituradas em um liquidificador e classificadas em peneiras com um tipo de abertura de 12 mesh. Para o processo de deslignificação, adicionou-se 5,0 g de casca de café e 50 mL de solução de NaOH 10% (m/v) em erlenmeyer de 125 mL. Posteriormente, os erlenmeyeres foram colocados em autoclave a 120°C por 30min. Por fim, a amostra foi filtrada em papel filtro e armazenada em tubo de vidro a 4°C para posterior quantificação.

3.3 Caracterização das amostras

3.3.1 Determinação da concentração de fenóis totais

O teor de fenóis foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu descrito por Slinkard e Singleton (1977) utilizando ácido gálico como padrão nas concentrações de 0, 50, 100, 150, 250 mg L⁻¹.

Para a leitura das amostras, diluiu-se 0,5 mL do hidrolisado para 250 mL de água destilada para preparo da amostra 1, com fator de diluição igual a 500 e diluiu-se 0,25 mL do hidrolisado para 250 mL de água destilada para preparo da amostra 2, com fator de diluição igual a 1000. Pipetou-se 3,3 mL de cada solução diluída da amostra em um tubo Falcon de 13 mL e adicionou-se 20 μL do reagente de Folin-Ciocalteu. Após 5 min, adicionou-se 480 μL da solução de carbonato de sódio. O procedimento foi feito em triplicada para cada amostra. Por último, os tubos foram deixados no escuro por 30 min e então realizou-se a leitura à 765 nm em espectrofotômetro contra o branco, constituído por água destilada, reagente Folin-Ciocalteu e carbonato de sódio.

3.3.2 Determinação da concentração de flavonoides

O conteúdo total de flavonoides foi determinado usando o método de Dowd (1959) adaptado por Arvouet-Grand *et al.* (1994) através de uma curva analítica construída a partir de diluições seriadas de padrão primário de quercetina. As concentrações do padrão foram de 3, 4, 5, 6 e 10 μg mL⁻¹. Para leitura das amostras, adicionou-se 500 μL

da solução de cloreto de alumínio 2% (m/v) em 500 μ L de solução diluída de amostra descrita no item 3.3.1, em triplicata e, após 10 min, leu-se a 429 nm contra um branco, consistindo de uma solução de 500 μ L de metanol com 500 μ L da solução de cloreto de alumínio.

3.3.3 Determinação da concentração de taninos condensados

O teor de taninos foi mensurado segundo o método adaptado de Brune *et al.* (1991). Preparou-se uma solução de acetato de ureia a 50% (m/v) dissolvendo 50 g de ureia em 50 mL de tampão de acetato 0,1 mol L⁻¹, pH 4,4, solução de goma arábica 1% (m/v) em água destilada e uma solução de sulfato férrico amoniacal 5% (m/v) em HCl 1 mol L⁻¹. Posteriormente, preparou-se a solução reagente-FAZ, a qual é formada por 89% de solução de acetato de uréia, 10% de solução de goma arábica e 1% da solução de sulfato férrico amoniacal. Por fim, adicionou-se 8 mL da solução reagente-FAS em 2 mL da solução diluída de amostra descrita no item 3.3.1. Depois de reagir por quinze minutos foi feita a quantificação espectrofotométrica a 578 nm utilizando uma curva padrão de ácido gálico, como descrita no item 3.3.1, com valores de concentração de ácido gálico iguais a 0, 25, 50, 75, 125 e 250 mg L⁻¹.

3.4 Separação dos compostos com características físico-químicas diferentes

3.4.1 Precipitação em pH ácido

Após a caracterização inicial da amostra, foi realizado a precipitação da amostra em pH ácido a fim de retirar toda lignina solúvel que ainda pudesse se encontrar no hidrolisado. Para isto foram adicionadas gotas de ácido sulfúrico concentrado à amostra, até que o processo de precipitação não fosse mais observado. Por último, filtrou-se a amostra e o sobrenadante obtido foi utilizado nos processos de separação em coluna descritos a seguir.

3.4.2 Separação por cromatografia em coluna

Após o processo de precipitação, 1,0 mL do sobrenadante foi colocado em uma coluna de vidro de 40 cm de comprimento e 2 cm de diâmetro contendo sílica gel S como fase estacionária. A amostra foi então eluída com 1 mL de hexano, 1 mL de acetato de etila e 5 mL de metanol respectivamente. As frações destes extratos foram então coletadas para posterior análise.

3.5 Identificação dos constituintes por cromatografia líquida de alta eficiência

Os extratos obtidos no item 3.4.2 foram analisados em um cromatógrafo líquido Agilent com detector de arranjo de diodos utilizando as seguintes condições: coluna de fase reversa C18, 120 Å (4,6 x 250 mm, 5 µm); volume de injeção de 5 µL, fase móvel contendo água acidificada com ácido fosfórico 1% e metanol 30:70; vazão de 1 mL min⁻¹ e seleção de cinco comprimentos de onda específicos para cada classe de compostos. A identificação dos compostos foi feita por comparação com os espectros de absorção e com os tempos de retenção de padrões cromatográficos de diferentes compostos descritos na literatura como sendo constituintes da casca de café.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização das amostras

4.1.1 Determinação da concentração de fenóis totais

O método de Folin-Ciocalteu é amplamente utilizado para medir fenóis totais, principalmente em amostras como vinho e chá. A concentração de fenóis totais presentes na amostra estão mostradas na Tabela 1.

Amostra	Concentração (g L ⁻¹)	Concentração (mg AG 100g ⁻¹ resíduo)	Concentração (mg AG g ⁻¹ resíduo)
I (FD 500)	3,12(±0,01)	3.119(±10)	31,2(±0,1)
II (FD 1000)	3,23(±0,01)	3.233(±11)	32,3(±0,1)

Onde: FD é fator de diluição.

Tabela 1: Valores de concentração de fenóis totais obtido das amostras de hidrolisado da casca de café a partir da curva de ácido gálico

Os valores de concentração de fenóis totais encontrados para as amostras I e II apresentaram uma ligeira diferença, o que pode ter sido ocasionado pela coloração do hidrolisado afetando o método de quantificação. Entretanto, este fator só é importante no caso de determinações de baixas concentrações destes compostos.

García & Bianchi (2015) realizaram a recuperação de compostos fenólicos a partir de resíduos obtidos de diferentes etapas do processamento industrial do café, sendo eles casca, polpa e borra. Esses resíduos apresentaram teores de fenólicos totais entre 72,88 e 159,50 mg AG g⁻¹ resíduo sendo a casca de café a que apresentou maior concentração. Neste estudo, a quantificação de fenóis também foi realizada pelo método de Folin-Ciocalteu, mas o processo de extração foi realizado usando-se uma mistura de acetona e água. Já no trabalho realizado por Andrade (2011) a obtenção de extratos de casca de café foi feita utilizando tecnologia supercrítica e

métodos de extração a baixa pressão (soxhlet e ultrassom) e foi definido, ao mesmo tempo, os parâmetros que influenciam a extração. Em seus estudos, foi observado concentrações de fenóis totais variando de 16,1 ($\pm 0,5$) a 151 (± 12) mg de equivalentes de ácido clorogênico por grama de extrato de casca de café.

Baggio (2006) encontrou valores de concentração total de fenólicos iguais a 139,52 e 806,48 mg GAE 100g^{-1} de matéria seca em extratos aquosos de cascas de café obtidas em diferentes localidades. Andrade (2009) analisou e quantificou os constituintes químicos da casca melosa do café e do café afim de comparação encontrando valores de concentração de compostos fenólicos iguais a 75,99 ($\pm 0,01$) para o café e 23,63 ($\pm 0,06$) para casca expressos em mg de fenóis totais por grama de café. Das Neves (2016), encontrou teores de compostos fenólicos totais de 383,47 ($\pm 0,35$) e 454,59 ($\pm 0,20$) mg EAG 100g^{-1} em extrato aquoso de cascas de café arábica orgânico.

Os estudos citados acima evidenciam a influência do método de extração, dos parâmetros adotados por cada método, da localidade e do tipo de amostra analisada. Apesar dessa gama de fatores, os teores de fenóis totais encontrados pelo presente estudo encontram-se dentro da faixa de concentração reportada por outros estudos, apresentando ainda concentrações bem elevadas quando comparadas as concentrações obtidas por Baggio (2006), Andrade (2009) e Das Neves (2016).

4.1.2 Determinação da concentração de flavonoides

A maneira mais precisa e exata de se identificar e quantificar flavonóides em produtos naturais é a análise por cromatografia líquida de alta eficiência. Entretanto técnicas espectrofotométricas foram desenvolvidas como alternativas mais rápidas, simples e baratas para análise de numerosas amostras (Marcucci *et al.*, 1998). Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Amostra	Concentração (g L^{-1})	Concentração ($\text{mg AG } 100\text{g}^{-1}$ resíduo)	Concentração (mg AG g^{-1} resíduo)
I (FD 500)	0,90($\pm 0,03$)	900(± 31)	9,00($\pm 0,31$)
II (FD 1000)	1,24($\pm 0,07$)	1238(± 69)	12,38($\pm 0,69$)

Onde: FD é fator de diluição.

Tabela 2: Valores de concentração de flavonoides totais obtido das amostras de hidrolisado da casca de café a partir da curva de quercetina

Os valores de concentração de flavonoides obtidos para as amostras I e II mostraram um intervalo ainda maior que as concentrações de fenóis totais demonstrando que a coloração do extrato interferiu significativamente no método de quantificação

destes compostos.

Das Neves (2016) avaliou a composição química das cascas residuais de café arábica orgânico e quantificou o teor de flavonoides pela mesma metodologia adotada por esse trabalho encontrando valores, para o extrato aquoso de casca de café, entre 7,10 ($\pm 0,20$) e 8,47 ($\pm 0,11$) mg equivalente de quercetina por 100g de extrato e, para extratos aquosos do grão de café valores entre 10,72 ($\pm 0,35$) e 13,88 ($\pm 0,87$) mg EQ 100g⁻¹ de extrato, dependendo do tipo de amostra caracterizada. Os valores encontrados por esses autores mostraram-se muito abaixo dos obtidos pelo presente estudo. Já Costa & Sylos (2014) encontraram teores médios de 2,10-2,50 g 100g⁻¹ de epicatequina no estágio verde de grãos *in natura* de dois cultivares do *Coffea arabica* (Obatã e Acaiá), assim como também valores de 3,11 ($\pm 0,03$) g 100g⁻¹ de epicatequina no estágio verde-cana; 3,11 ($\pm 0,05$) g 100g⁻¹ de epicatequina no estágio cereja e 3,4 ($\pm 0,05$) g 100g⁻¹ de epicatequina no estágio grão passa/seco, valores esses um pouco maiores daqueles encontrados no hidrolisado de casca de café, mas justificáveis pelo fato da amostra se tratar do grão e não da casca.

Costa (2012) também quantificou o teor de flavonoides presente na pele de prata e encontrou variações entre 144,0 ($\pm 1,0$) e 113,4 ($\pm 6,6$) mg EAG L⁻¹ dependendo dos parâmetros adotados. Após a fixação das melhores variantes de extração, o autor obteve valores entre 73,1 ($\pm 2,4$) e 117,0 ($\pm 3,9$) mg EAG L⁻¹ de flavonoides nos extratos.

4.1.3 Determinação da concentração de taninos condensados

A avaliação química dos taninos pode ser realizada por vários métodos que incluem precipitação por proteínas, precipitação por metais e métodos colorimétricos, sendo esse último muito aplicado (Almeida, 2014).

Alguns compostos fenólicos com grupos catecol, como catequina, ou com grupos galoil, como ácido gálico e o ácido tânico, formam os complexos insolúveis Fe-Catecol e Fe-Galoil, respectivamente, com íons ferro sendo a estrutura tri-hidroxibenzeno a principal responsável por essa complexação. Tais complexos são identificados como potentes inibidores da absorção deste metal pelos indivíduos. Nos alimentos, os compostos fenólicos podem ocorrer em muitas formas, desde pequenos ácidos fenólicos monoméricos até grandes polifenóis polimerizados como os taninos (Brune *et al.*, 1991).

Os taninos são muito reativos quimicamente, formam pontes de hidrogênio, intra e intermoleculares e são facilmente oxidáveis, tanto através de enzimas vegetais específicas quanto por influência de metais, como cloreto férrico, o que ocasiona o escurecimento de suas soluções (Monteiro *et al.*, 2005). Sendo, portanto, satisfatoriamente possível de ser identificado pelo método desenvolvido por Brune *et al.* (1991).

De modo análogo à dosagem de fenóis totais, utilizou-se o ácido gálico como padrão para dosagem de taninos (Tabela 3).

Amostra	Concentração (g L ⁻¹)	Concentração (mg AG 100g ⁻¹ resíduo)	Concentração (mg AG g ⁻¹ resíduo)
I (FD 500)	0,155(±0,007)	155(±7)	1,55(±0,07)
II (FD 1000)	0,123(±0,004)	123(±4)	1,23(±0,04)

Onde: FD é fator de diluição.

Tabela 3: Valores de concentração de taninos obtido das amostras de hidrolisado da casca de café a partir da curva de ácido gálico

Os valores de concentração obtidos das amostras I e II também apresentaram uma pequena variação, assim como na quantificação dos outros compostos, revelando que o fator de diluição também interferiu no método de quantificação dos taninos. Filho (2000) realizou um levantamento bibliográfico da composição química da casca do café para diferentes nutrientes e, para tanino, foram verificados um valor mínimo e um máximo de 1,31 e 2,97%, respectivamente. No entanto, os ensaios realizados por Almeida *et al.* (2015), utilizando água como solvente extrator, determinaram concentrações de taninos em casca de café entre 4,16 (±0,18) e 8,49 (±0,23) % dependendo do tempo de extração. Das Neves (2016) encontrou valores de tanino condensado iguais a 1,15 (±0,56) e 2,37 (±0,27) mg de equivalente de catequina por 100g de extrato aquoso de cascas de café arábica orgânico. Outros autores reportaram ainda teores de concentração de taninos, em casca de café, iguais a 4,5 % (Pandey et al 2000), 6,3% (Andrade, 2011) e 9,30% (Baqueta, 2016).

As diferenças percentuais encontradas por esses autores podem ser explicadas pelas diferentes espécies de plantas utilizadas em cada trabalho, tipo de extração adotada, assim como também pelo tempo de armazenamento de cada material. Barcelos *et al.* (2001) encontraram teores de taninos na casca de café que variou de 2,77% para 1,70% para uma mesma amostra com intervalos de armazenamento de doze meses entre elas, comprovando assim, o significativo efeito do período de armazenamento nessa quantificação.

4.2 Separação dos compostos com características físico-químicas diferentes

4.2.1 Precipitação em pH ácido

Após a realização dos processos de precipitação e de filtração, obteve-se o precipitado e o sobrenadante. A quantidade de lignina precipitada foi alta comparada a quantidade de sobrenadante obtida, logo o processo de precipitação foi satisfatório uma vez que garantiu a retirada desse possível interferente na identificação dos constituintes da amostra devido a semelhança de seus monômeros com os compostos a serem identificados.

4.3 Identificação dos constituintes por cromatografia líquida de alta eficiência

Na literatura encontra-se descrito alguns constituintes da casca de café sendo eles compostos fenólicos e metilxantinas dos quais pode-se citar: cafeína, taninos, teobromina, ácido ferúlico, ácido clorogênico, ácido p-cumárico, ácido caféico, piacetanol (Matos, 2014; Oliveira, 2001), ácido levulínico, ácido fórmico, furfural e antocianinas (Prata & Oliveira, 2007; Rambo *et al.*, 2015). Assim como também, em menores teores, lipídios e proteínas (Matos, 2014).

A análise do extrato usado neste estudo por cromatografia líquida de alta eficiência levou a identificação das seguintes substâncias ácido ferúlico, ácido clorogênico, ácido p-cumárico, piacetanol, ácido levulínico, ácido fórmico, furfural, além de cafeína, teobromina, metilxantinas, antocianinas, confirmando o descrito na literatura. Entretanto, para uma análise mais detalhada dos extratos e identificação de outros constituintes em menores concentrações será feita uma análise por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas.

4.4 Identificação das potencialidades de uso dos constituintes determinados

A casca de café apresenta ainda um potencial de uso para a produção de vários produtos de valor agregado em bioprocessos como produção de enzimas, ácidos orgânicos (ácido cítrico e ácido giberélico), compostos de aroma, produção de biogás, cultivo de cogumelos, fungos e leveduras (Pandey *et al.*, 2000; Matos, 2014).

Dentre os compostos encontrados na casca do café, alguns em particular podem ser destacados como propícios de serem obtidos a partir da biomassa de baixo valor agrícola em estudo em detrimento da utilização de produtos alimentícios ou matérias-primas caras dos quais são majoritariamente extraídas, tornando assim, esse resíduo ainda mais interessante sob ponto de vista socioeconômico. Dentre eles pode-se citar:

- **ÁCIDO FERRÚLICO**

O ácido ferúlico é encontrado nas partes externas dos grãos de cereais (Manach *et al.*, 2004). Tal composto apresenta resultado comprovados na terapia de câncer, diabetes, doenças neurodegenerativas e cardíacas. Possui ação antimicrobiana, anti-inflamatória e antioxidante (Peres, 2015). O ácido ferúlico mostra-se promissor para formulação de produtos hidratantes anti-idade, maquiagens, tinturas capilares e, principalmente, filtros solares onde o composto pode atuar pelos seus mecanismos fotoprotetores e ainda inibir a fotodegradação (Peres, 2015). Além disso, pode ser usado para produção de vanilina natural (Daugusch & Pastore, 2005).

- **ÁCIDO CLOROGÊNICO**

O ácido clorogênico é encontrado em muitos tipos de frutas e em altas

concentrações no café, cerca de 70-350 mg de ácido clorogênico por copo (Manach *et al.*, 2004). Possui efeitos anticarcinogênico, trófico sobre a microflora intestinal e antidepressivo (Abrahão *et al.*, 2009).

- **ÁCIDO LEVULÍNICO**

O ácido levulínico, comercialmente, é produzido a partir de resíduos da agricultura, da fração orgânica de resíduos municipais e de lamas de papel (Gomes, 2013). Possui diversas aplicações de grande interesse industrial como síntese de solventes, pesticidas, polímeros, poliésteres, equipamentos eletrônicos, produção de material para fotografias e impressão, síntese de aditivos de combustíveis e indústria de tabaco para reduzir o teor de alcatrão nas frações de nicotina. Na indústria farmacêutica, seus derivados são usados para tratamento de lesões pré-câncer de pele, na face e escalpo em câncer de bexiga em fases I e II, acne, sedativos, hipnóticos, ansiolíticos, relaxantes musculares ou anticonvulsivantes, agente antidepressivo e no tratamento da puberdade precoce (Bevilaqua, 2010).

- **VANILINA**

A vanilina é o principal componente responsável pelo aroma de baunilha natural. Pode ser obtida a partir da vagem de orquídeas tropicais do gênero *Vanilla* (Bavutti, 1997). Devido as suas características que lhe conferem aroma e sabor, a vanilina é amplamente usada como flavorizante em alimentos, bebidas e perfumes. Além disso, a vanilina também possui efeitos terapêuticos e atua na prevenção de doenças. Estudos apontam o seu potencial como antimutagênico, antioxidante, conservante e antimicrobiano, logo, é também bastante usada na fabricação de produtos farmacêuticos, tais como: papaverina, L-dopa, L-metildopa e agentes antimicrobianos (Daugusch & Pastore, 2005; Cardoso, 2013; Fernandes, 2018).

- **ÁCIDO p-CUMÁRICO**

O ácido p-cumárico possui significativa atividade alelopática apresentando uma excelente aplicação no controle de plantas daninhas, proporcionando qualidade e longevidade às pastagens e possibilitando a substituição dos atuais herbicidas (Angelo & Jorge, 2007; Souza Filho *et al.*, 2005). Em estudos envolvendo a ação antioxidante deste composto em sistemas biológicos foi observado o potencial antioxidante do ácido p-cumárico também na oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) promovida por ferrilmioglobina (Soares, 2002).

- **ÁCIDO TRANS-CINÂMICO**

O ácido cinâmico, consiste em um ácido graxo aromático de ocorrência natural. Apresenta diversas atividades biológicas, como antioxidante, antimicrobiano, baixa toxicidade, proteção contra radiação ultravioleta, antiviral e antiparasitário, sendo

conhecido por suas aplicações na indústria farmacêutica, cosmética e alimentar (Niero, 2010; Staudt, 2018).

O ácido cinâmico também se mostra eficaz agente terapêutico, antimicrobiano e antifúngico (Niero, 2010). Também existem registros desses compostos sendo usado como *flavour* na composição de fragrância para produtos como sabões e cosméticos, bem como bebidas e alimentos; como aromatizantes em perfumes; como pesticida, repelente e fungicida e na síntese de medicamentos para diversos tipos de câncer, tuberculose e doença de Alzheimer (Staudt, 2018).

- CATEQUINA

As catequinas são compostos incolores, hidrossolúveis, que contribuem para o amargor e a adstringência do chá verde. Suas propriedades têm sido amplamente reportadas na literatura, mostrando que são responsáveis pelos efeitos benéficos de muitos alimentos e bebidas, como chocolates, chás, frutos e vinhos. Catequina e epicatequina apresentam atividade sequestradora do radical peroxila dez vezes maior que a vitamina C e β -caroteno o que lhe confere excelente atividade antioxidante. Ademais, a catequina apresenta uma série de atividades biológicas, quimioprotetora, antiinflamatória e anticarcinogênica (Schmitz *et al.*, 2005; Matsubara & Rodriguez-Amaya, 2006; Ayres *et al.*, 2009). Ainda, há pesquisas sobre o potencial dessas substâncias em auxiliar a manutenção e a redução de peso, a diminuição de gordura visceral, a redução de ingestão alimentar, o aumento da taxa metabólica basal, o estímulo de oxidação de lipídios e o controle plasmático de triglicerídeos, de colesterol, de glicose, de insulina e de leptina. A catequinas também são responsáveis por parte do efeito termogênico dos chás verdes (Silva & Navarro, 2007).

A Tabela 4 mostra, de modo pontual, os preços de mercado de alguns dos compostos discutidos acima de acordo com dados da SIGMA-ALDRICH® (SIGMA-ALDRICH, 2018).

Composto	Valor/g (R\$)
Ácido ferrúlico (padrão secundário)	7.390,00
Ácido clorogênico (95 %)	907,00
Vanilina (99 %)	74,50
Ácido p-cumárico (padrão analítico)	5.580,00
Ácido trans-cinâmico (>99 %)	68,80
Catequina (padrão secundário)	27.180,00

Tabela 4: Compostos identificados no hidrolisado de casca de café e valor do produto comercial (SIGMA-ALDRICH, 2018)

5 | CONCLUSÃO

Através do estudo realizado pode-se concluir que a casca de café se mostrou como uma matéria-prima promissora não só na produção de etanol, mas também como fonte de obtenção de substâncias bioativas, com alto valor agregado, como os compostos fenólicos e os flavonoides, uma vez que foi verificado teores desses compostos no hidrolisado da casca de café bem acima de muitas outras matérias-primas utilizadas na produção de biocombustível. Dentre os compostos que constituem o hidrolisado da casca de café, o ácido clorogênico, o ácido p-cumárico, o piacetanol, o ácido levulínico, o ácido fórmico e o furfural são os que se apresentam como os mais promissores, devido a gama de aplicabilidade desses compostos no mercado. Logo, o hidrolisado da casca de café aponta como uma matéria-prima com alto valor agregado sendo, portanto, possível de atribuir a ele uma melhor empregabilidade econômica e ainda diminuir consideravelmente os impactos ambientais ocasionados pela disposição inadequada desse resíduo.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, S. A.; PEREIRA, R. G. F. A.; LIMA, A. R.; FERREIRA, E. B.; MALTA, M. R. Compostos bioativos em café integral e descafeinado e qualidade sensorial da bebida. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1799-1804, 2009.

ALMEIDA, L. A. de. **Determinação de taninos em extratos de casca de banana**. 2014. 30 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2014.

ALMEIDA, T. D.; MAI, B. F.; PUGET, F. P. EXTRAÇÃO DE TANINO DA CASCA DO CAFÉ. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 15268-15274, 2015.

AMBROZIN, A. R. P.; KURI, S. E.; MONTEIRO, M. R. Corrosão metálica associada ao uso de combustíveis minerais e biocombustíveis. **Química Nova**, São Carlos, v. 32, n. 7, p.1910-1916, 31 ago. 2009.

ANDRADE, A. P. S. **Análise química e avaliação do potencial alelopático da casca do café (Coffea arabica)**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

ANDRADE, K. S. **Avaliação das técnicas de extração e do potencial antioxidante dos extratos obtidos a partir de casca e de borra de café (Coffea arabica, L.)**. 2011. 132 f. Dissertação (Mestrado). Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011, 132 f.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.

ARAÚJO, G. J. F. de; NAVARRO, L. F. S.; SANTOS, B. A. S. **O etanol de segunda geração e sua importância estratégica ante o cenário energético internacional contemporâneo**. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 5, p. 01-11, 2013.

ARVOUET-GRAND, A.; VENNAT, B.; POURRAT, A.; LEGRET, P. Standardization d'une extrait de propolis et identification des principaux constituents, **Journal de Pharmacie de Belgique**, v. 49, p. 462- 468, 1994.

AYRES, M. C. C.; CHAVES, M. H.; RINALDO, D.; VILEGAS, W.; VIEIRA JÚNIOR, G. M. Constituintes químicos e atividade antioxidante de extratos das folhas de *Terminalia fagifolia* Mart. et Zucc. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1509-1512, 2009.

BAGGIO, J. **Avaliação dos resíduos (casca e pó orgânico) de café (coffea arabica l.) como provável fonte de substâncias bioativas**. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

BAQUETA, M. R. **Extração e caracterização de compostos do resíduo casca de café**. 2016. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Alimentos. Departamento Acadêmico de Alimentos Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

BARCELOS, A. F.; PAIVA, P. C. D. A.; PEREZ, J. R. O.; SANTOS, V. B. D.; CARDOSO, R. M. Determinação dos fatores antinutricionais da casca e da polpa desidratada de café (*Coffea arabica* L.) armazenadas em diferentes períodos. In: **SIMPOSIO de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2**. Vitória, Septiembre 24-27, 2001.

BAVUTTI, H. R. F. **Síntese de vanilina a partir de derivados fenólicos da lignina**. 1997. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

BEVILAQUA, D. B. **Produção de ácido levulínico por meio de hidrólise ácida da casca de arroz**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

BRUNE, M.; HALLBERG, L.; SKANBERG, A. Determination of Iron-binding phenolic groups in Foods. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 128-131, 1991.

CARDOSO, G. B. **Desenvolvimento de novos sistemas aquosos bifásicos compostos por acetoneitrila para a extração de vanilina**. 2013. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Processos, Universidade Tiradentes, Aracaju, 2013.

COSTA M. C.; SYLOS C. M. Determinação do teor de flavonóides totais em grãos *in natura* do *Coffea arabica* (cultivar Acaia e Obatã). **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 35, n. 1, 2014.

COSTA, A.S.G. **Pele de prata do café: desenvolvimento de um método sustentável de extração de compostos bioativos**. 2012. 63 f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto, 2012.

DAS NEVES, J. V. G. **Cascas residuais de café orgânico: composição química, potencial antioxidante, fatores antinutricionais e aplicação tecnológica**. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2016.

DAUGSCH, A.; PASTORE, G. Obtenção de vanilina: oportunidade biotecnológica. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 642-645, 2005.

DOWD, L.E. Spectrophotometric determination of quercetin. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 7, p.1184-1187, 1959.

FERNANDES, R. S. **Polímeros molecularmente impressos com estrutura caroço-casca para extração de ácido ascórbico, cafeína e vanilina**. 2018. 116 f. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

FILHO, R. E.; PAIVA, P. C. A.; BARCELOS, A. F.; REZENDE, C. A. P.; CARDOSO, R. M.; BANYS, V.

L. Efeito da casca de café (*coffea arabica*, l.) no desempenho de novilhos mestiços de holandês-zebu na Fase de recria. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n.1, p. 225-232, 2000.

FREITAS, W. L. da C. **Estudo da casca de café como matéria prima em processos fermentativos**. 2016. 118 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Programa de Pós-graduação em Biotecnologia Industrial, na área de Microbiologia Aplicada, Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2016.

GARCÍA, L. R. P.; BIANCHI, V. L. del. Capacidade antioxidante em resíduos da indústria cafeeira. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 4, p. 307-313, 2015.

GOMES, B. L. de O. **Conversão de ácido levulínico a levulinato de etila e γ -valerolactona empregando nanotubos de carbono funcionalizados ou carbeto de molibdênio suportado em nanotubos**. 2013. 155 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **The American journal of clinical nutrition**, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

MARCUCCI, M.C.; WOISKY, R.G.; SALATINO, A. Uso de cloreto de alumínio na quantificação de flavonóides em amostras de própolis. **Mensagem Doce**, n. 46, 1998.

MATOS, L. P. C. **Compostos fitoquímicos e atividade antioxidante de casca de café**. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campos Mourão, 2014.

MATSUBARA, S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de catequinas e teaflavinas em chás comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 401-407, 2006.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. de L.; AMORIM, E. L. C. de. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p.892-896, 2005.

NIERO, E. L. O. **Efeitos de ácido cinâmico sobre melanócitos e células derivadas de melanoma humanos em cultura: avaliação do seu potencial antitumoral e de proteção contra danos celulares causados por radiação ultravioleta**. 2010. Tese (Doutorado em Biologia Celular), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

OLIVEIRA S. L. **Avaliação da casca de café em rações para suínos em terminação**. 74p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), UFLA, Lavras, 2001.

PANDEY, A.; SOCCOL, C. R.; NIGAM, P.; BRAND, D.; MOHAN, R.; ROUSSOS, S. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. **Biochemical Engineering Journal**, v. 6, p. 153–162, 2000.

PEREIRA Jr., N.; COUTO, M.A.P.G.; SANTA ANNA, L.M.M. **Biomass of lignocellulosic composition for fuel ethanol production and the context of biorefinery**. In Series on Biotechnology, Ed. Amiga Digital UFRJ, Rio de Janeiro, v.2, 2008, 45 p.

PERES, D. **Ácido ferúlico em protetores solares: desenvolvimento e eficácia multifuncional in vitro, ex vivo e in vivo**. 2015. 141 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. cap. 5, p. 95-123.

PRATA, E. R. B. A.; OLIVEIRA, L. S. Fresh coffee husks as potential sources of anthocyanins. **LWT**, v. 40, p. 1555–1560, 2007.

RAMBO, M. K. D.; SCHMIDT, F. L.; FERREIRA, M. M. C. Analysis of the lignocellulosic components of biomass residues for biorefinery opportunities. **Talanta**. v. 144, p. 696–703, 2015.

SCHMITZ, W.; SAITO, A. Y.; ESTEVÃO, D.; SARIDAKIS, H. O. O chá verde e suas ações como quimioprotetor. In: **Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 26, n. 2, p.119-130, 2005.

SIGMA-ALDRICH. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/search?term=Trans-cinnamic+acid&interface=Product%20Name&N=0&mode=mode%20matchany&lang=pt®ion=BR&focus=product>. Acesso em: 11 dez. 2018.

SILVA, P. S.; NAVARRO, F. Efeitos da ingestão de chá verde sobre a oxidação lipídica no sedentarismo e no exercício. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo v. 1, n. 3, p. 45-60, 2007.

SLINKARD, K.; SINGLETON, V. L. Total phenol analyses automation and comparison with manual methods. **American Journal of Enology and Viticulture**, Washington, v. 28, p. 49-55, 1977.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p.71-81, 2002.

SOUZA FILHO, A. P. S.; PEREIRA, A. A. G.; BAYMA, J. C. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. Embrapa Amazônia Oriental. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 25-32, 2005.

STAUDT, A. **Esterificação enzimática de óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*) com ácido cinâmico e avaliação das atividades biológicas**. 2018. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 2018).

VIDAL, M. F. **Situação do setor sucroenergético nordestino: Safra 2015/16**. Caderno Setorial ETENE, Banco do Nordeste. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/documents/80223/1527922/acucaralcoool.pdf/054a0d65-bb19-5d70-2520-084c1c06e0c4>>. Acesso em: 20 out. 2018.

WATERHOUSE A. **Folin-Ciocalteu micro method for total phenol in wine**. Department of Viticulture & Enology. University of California, Davis. 2006. Disponível em: <http://waterhouse.ucdavis.edu/phenol/folinmicro.htm>. Acesso em: 06 out. 2017.

SOBRE A ORGANIZADORA

Carmen Lúcia Voigt - Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-291-3

