

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 middle ground 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](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9131926041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9131926042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>30</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9131926043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>46</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9131926044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>59</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9131926045</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>72</b>
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**

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>148</b>
DETERMINAÇÃO DE Mg E Zn EM ÓLEOS VEGETAIS POR FAAS APÓS DILUIÇÃO EM ISOPROPANOL	
Priscila Karachinski dos Reis	
Eduardo Sidinei Chaves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.91319260412</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>164</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.91319260413</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>172</b>
REMOÇÃO DO CORANTE REATIVO VERMELHO 4B UTILIZANDO COMO BIOSORVENTE A BAINHA DO PALMITO PUPUNHA <i>IN NATURA</i> E MODIFICADO COM <i>Lentinula edodes</i>	
Aline Grahl	
<b>DOI 10.22533/at.ed.91319260414</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>186</b>

## AVALIAÇÃO DOS RENDIMENTOS DA CASCA DO CAULE DO *Croton cajucara* BENTH

**Alexandre Augusto Moraes de Souza**

Universidade Federal do Pará  
Belém - Pará

**Cintya Cordovil Rodrigues**

Universidade Federal do Pará  
Belém - Pará

**Davi do Socorro Barros Brasil**

Universidade Federal do Pará  
Belém - Pará

**RESUMO:** *Croton cajucara* BENTH, popularmente conhecido como “sacaca”, é uma planta Amazônica usualmente empregada para o tratamento de patologias, como dores estomacais. O objetivo do presente trabalho foi analisar o rendimento (em base seca) dos extratos da casca do caule da “sacaca”. Para isso, realizou-se uma extração convencional utilizando um extrator de aço-inox o qual seguiu o planejamento experimental de dois fatores e dois níveis, sendo eles a temperatura (50°C e 60°C) e granulometria (0,10 mm e 0,51 mm) do material botânico, para determinar quais variáveis influenciaram no processo de extração. O planejamento experimental apresentava um total de quatro corridas experimentais e mais uma replicata, onde, para cada corrida, empregaram-se um nível e um fator de forma aleatória. Os rendimentos máximo e mínimo

foram, respectivamente para as corridas 6 (T = 60 °C; G = 0,10 mm) com 9,11 % e 5 (T = 50°C; G = 0,10 mm) com 5,15 %. Todos os resultados foram tratados estatisticamente e, de modo geral, comprovaram que as melhores condições de extração foram T= 60°C e G = 0,10 mm.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sacaca; Extração; Rendimento.

**ABSTRACT:** *Croton cajucara* BENTH, popularly known as “sacaca”, is an Amazonian plant usually used for the treatment of pathogens such as stomach pains. The objective of the present work was to analyze the yield (on dry basis) of the extracts of the bark of the stem of the “sacaca”. For this, a conventional extraction was carried out using a stainless steel extractor which followed the experimental design of two factors and two levels, being the temperature (50 ° C and 60 ° C) and granulometry (0.10 mm and 0.51 mm) of the botanical material, to determine which variables influenced the extraction process. The experimental design presented a total of four experimental runs and one more replicate, where, for each race, a level and a random factor were used. The maximum and minimum yields were, respectively, for runs 6 (T = 60 °C, G = 0.10 mm) with 9.11% and 5 (T = 50 °C, G = 0.10 mm) with 5,15 %. All the results were treated statistically and, in general, proved that the best extraction conditions were

T = 60 °C and G = 0.10 mm.

**KEYWORDS:** Sacaca; Extraction; Yield.

## 1 | INTRODUÇÃO

Segundo Maciel (2002), o uso de plantas para fins medicinais é muito comum, tornando verídicas as informações terapêuticas que foram sendo acumuladas durante vários séculos. De acordo com isso, esse tipo de modalidade de cultura medicinal estimula o grande interesse de diversos cientistas em estudos envolvendo áreas multidisciplinares, como botânica e farmacologia, que em conjunto enriquecem os conhecimentos sobre a inesgotável fonte medicinal natural: a flora mundial.

*Croton cajucara* BENTH (*C. cajucara*), usualmente denominado como “sacaca”, que na língua Tupi significa “feitiço”, é utilizado como planta medicinal para tratamento de diversas doenças. Sua árvore pode chegar entre 6 a 10 metros de altura, sendo predominante na Região Amazônica, tendo como centro de dispersão o Estado do Pará. Apresenta propriedades de erva daninha e é considerada uma planta de crescimento secundário no qual habita terras abandonadas e clareiras recentes. Ademais, é constantemente encontrada em várzeas altas. Adapta-se, com facilidade, em solos como de argila amarela de fertilidade muito baixa. Ou seja, é uma árvore que não necessita de solos ricos e é resistente a pragas (MACIEL et al, 2002; MACIEL et al., 1998a; TIEPPO, 2007).

Porta madeira branco-amarelada com cascas aromáticas, folhas inteiras e simples (**Figura 1**), pecioladas, estipuladas, lanceoladas, penínérveas, verdes com limbos divididos em lobos ou segmentos, inflorescência racemosa com flores de sexo separado, fruto seco, esquizocárpico, separando-se em 3 cocos, bem como sementes ricas em endosperma (TIEPPO, 2007; DI STASI, 1988; VAN DEN BERG et al., 1982). Têm racemos terminais com nove centímetros de comprimento, têm-se sete flores femininas na base e doze masculinas na porção mediana terminal, de cor amarelada. Em relação aos frutos são cápsulas globosas de um pouco menos de um centímetro de comprimento, onde há uma semente em cada carpelo. A planta multiplica-se apenas por sementes (LORENZI et al., 2002; TIEPPO, 2007).



**Figura 1.** Folha do *Croton cajucara* BENTH

Fonte. LORENZI, 2002.

Em algumas regiões do Norte, mais especificamente no Estado do Pará, as folhas e cascas de caule do *C. cajucara* são empregadas para combater diabetes, diarreia, malária, febre, problemas estomacais, inflamação do fígado, rins, vesícula e no controle de índices elevados de colesterol. Esta planta também é comercializada em algumas farmácias de manipulação e, nesta situação o pó das cascas do caule é vendido em cápsulas. Folhas da sacaca são vendidas em feiras livres da cidade de Belém-PA, para o tratamento de incômodos no fígado, pois esta auxilia na digestão principalmente após ingestão de alimentação rica em gorduras. Usualmente, o pó das folhas é vendido com indicação hepatoprotetora, para tratamento do diabetes e em dietas de emagrecimento (MACIEL et al., 2007a; 2007b; 2006a; 2002a; 2002b; 1998a; VEIGA JR. et al., 2005; SOARES, 2004; LEAL, 2008).

Apesar do *C. cajucara* apresentar uma gigantesca representatividade na medicina tradicional, no final do século XIX, apenas poucas avaliações farmacológicas haviam sido efetuadas com essa espécie (MACIEL et al, 2002; CAMPOS et al. 2002; TIEPPO, 2007). Sendo que as primeiras descobertas fitoquímicas utilizando cascas do caule da *Croton cajucara* BENTH (**Figura 2**) foram realizadas através de pesquisadores da Universidade Federal do Pará. A partir de então esta planta vem sendo analisada (SIMÕES et al., 1979; TIEPPO, 2007).

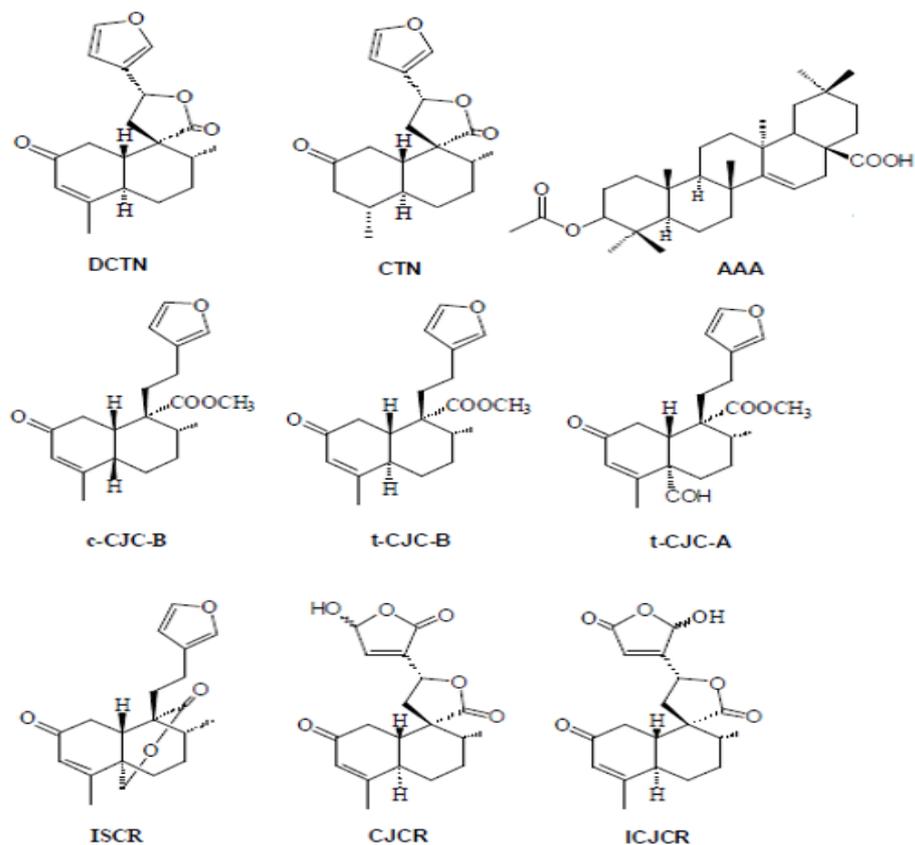


**Figura 2.** Cascas do caule do *Croton cajucara* BENTH

Fonte. MIOTTO, 2001.

Estudos farmacológicos utilizando princípios bioativos, tal como extratos das cascas do caule da *Croton cajucara* BENTH mostraram resultados de ações antiinflamatória e antinociceptiva (efeitos relacionados com indicações da planta para o tratamento de inflamações em geral), efeito hipoglicemiante (para o tratamento de diabetes); atividade antiespasmódica (tratamento da diarreia); atividade antiulcerogênica (tratamento de problemas estomacais como azia, gastrite, úlcera gástrica). Nesta espécie ainda foram evidenciadas propriedades biológicas não mencionadas pelos usuários da planta, tais como: atividade antitumoral, antiestrogênica e citotóxica (COSTA et al., 2007; MACIEL et al., 2007a; 2007b; 2006a; 2002b; 2000; 1998a; VEIGA JR et al., 2005; GRYNBERG et al., 1999; LUNA COSTA et al., 1999; CARVALHO et al., 2007; LEAL, 2008).

Estudos realizados com folhas e cascas do caule do *Croton cajucara*, que objetivaram o isolamento de substâncias majoritárias que, posteriormente, pudessem apresentar representatividade em testes biológicos, detectaram que as cascas deste vegetal são ricas em diterpenos (do tipo clerodano), nos quais foram isolados: *trans*-desidrocrotonina (DCTN), *trans*-crotonina (CTN), *cis*-cajucarina B (c-CJC-B), *trans*-cajucarina B (t-CJC-B), cajucarina A (CJC-A), cajucarinolida (CJCR), iso-cajucarinolida (ICJCR), isosacacarina (ISCR) e o triterpeno ácido acetilaleuritólico (AAA) (MACIEL et al., 2007a; 2006a; 2006b; 2003; 2002b; 2000; 1998a; 1998b; BARRETO et al., 2005; ICHIHARA et al., 1992; KUBO et al., 1991; ITOKAWA et al., 1990; SIMÕES 1979; LEAL, 2008).



**Figura 3.** Estruturas isoladas da casca do caule do *Croton cajucara* BENTH

Fonte. TIVERON, 2010.

## 2 | OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliação do método de extração sólido-líquido convencional, considerado sua capacidade extratora.

### 2.2 Objetivos específicos

a) Estudar o processo de extração sólido-líquido da casca do caule do *Croton cajucara* Benth com utilização de álcool etílico como solvente, a partir de um planejamento pré-estabelecido.

b) Avaliação dos rendimentos das cascas do caule do *Croton cajucara* Benth, após passarem pelo processo extrativo.

## 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Extração convencional

#### 3.1.1 Obtenção do material botânico

Neste estudo foram coletados cascas do caule de *Croton cajucara* BENTH na cidade de Belém, no estado do Pará. A coleta foi realizada no período matutino, no décimo terceiro dia do mês de Setembro de 2016 (**Figura 4**).



**Figura 4.** Material coletado

As cascas do caule do vegetal foram devidamente secas em estufas com ar circulante à temperatura de 30°C por 72h, para remoção prévia de umidade. Após isso, os materiais foram submetidos a processos de trituração utilizando o moinho de facas e, posteriormente, moinho de bolas, a fim de se obter as granulometrias ideais para a extração. Após isso, realizou-se a análise granulométrica obtendo material do tipo pó fino e moderadamente grosso nos quais foram destinados ao planejamento experimental utilizando extração do tipo sólido-líquido em um extrator de aço-inox. A casca do caule do *Croton cajucara* BENTH (**Figura 5**) foi pesada obtendo uma massa total de um quilo e cem gramas (1,1 Kg), deste material foram pesadas oito amostras de cem gramas (100 g), cada uma, sendo quatro amostras do material dito pó fino e quatro do pó moderadamente grosso.



**Figura 5.** Casca do caule do *Croton cajucara* BENTH

### 3.1.2 Caracterização do material botânico

O material botânico foi identificado através da exsicata, realizada na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), campus Belém, pelos especialistas do laboratório de botânica-herbário, Manoel Nascimento, Eduardo Nascimento e Silvana Tavares. A exsicata de código 01, foi preparada para sua identificação (**Figura 6**), acompanhada de um cartão de identificação contendo dados da espécie em questão e de sua coleta.



**Figura 6.** Exsicata preparada para identificação de sua espécie

Para o processo de extração da casca do vegetal *C. cajucara* Benth foi utilizado como solvente álcool etílico P.A. As variáveis empregadas foram temperatura e granulometria, sendo estas estabelecidas pelo planejamento composto central  $2^k$  modelo constituído, neste caso, em dois níveis (+1,-1). Uma vez que “K” é proporcional ao número de variáveis envolvidas, obteve-se um total de 4 corridas experimentais, além da adição de mais uma replicata, totalizando 8 corridas.

A temperatura empregada foi em graus Celsius e a granulometria em mm, como variáveis de entrada. Estas foram representadas por  $X_1$  e  $X_2$ , respectivamente, como mostra a **Tabela 1**.

VARIÁVEL REAL (UND)	VARIÁVEL CODIFICADA	NÍVEIS	
		-1	1
Temperatura (°C)	X <sub>1</sub>	50	60
Granulometria (mm)	X <sub>2</sub>	0,10	0,51

**Legenda:** X<sub>1</sub>= temperatura; X<sub>2</sub>= granulometria; °C= Graus Celsius; mm= milímetros.

**Tabela 1.** Variáveis de entrada e seus níveis

Para as variáveis de entrada, o rendimento percentual do extrato obtido fora avaliado como análise de resposta.

Os testes experimentais foram realizados de forma aleatória, seguindo a matriz de planejamento experimental exibida pela **Tabela 2**.

ENSAIOS	VARIÁVEIS CODIFICADAS	
	X1	X2
1	-1	-1
2	1	-1
3	-1	1
4	1	1
5	-1	-1
6	1	-1
7	-1	1
8	1	1

**Tabela 2.** Matriz de experimentos experimentais com parâmetros variáveis

### 3.2 Cálculo do rendimento dos extratos (%)

Para o cálculo do rendimento, em base seca, do extrato obtido da extração das cascas do caule do *C. cajucara* utilizando álcool etílico como solvente, foi necessário aplicar a **Equação 1**.

$$Rd = \frac{Mo}{M} \quad (1)$$

Onde:

Rd representa o rendimento da extração, percentual;

Mo é a massa de extrato obtida experimentalmente, em gramas;

M é a massa da matéria-prima em base seca, em gramas.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Análise de Rendimento

Na **Tabela 3** pode-se observar que o maior e menor valor de rendimento (em porcentagem) das cascas do *C. cajucara* foram as do ensaio 6 e 5, respectivamente com 9,11 (G = 0,10 mm e T = 50 °C) e 5,15 (G = 0,10 mm e T = 60 °C). Já para o estudo de Damasceno (2010), que utilizou cascas do *C. palanostigma* os ensaios com menor e maior rendimento foram, respectivamente, as dos ensaios 9 e 12 com 1,63% (m/s = 1:2 g/mL, t = 30 min e T = 40 °C) e 8,15% (m/s = 1:6 g/mL, t = 90 min e T = 40 °C).

Para o valor de rendimento máximo foi empregado uma temperatura de 60°C e granulometria fina do material botânico. Já para o menor rendimento também se utilizou a granulometria do tipo fino da amostra, entretanto, para este caso, a temperatura empregada foi de 50°C. Isso mostra que quanto maior a temperatura empregada no sistema, as partículas do material botânico se dissolvem facilmente no solvente, o que aumenta a quantidade de extrato final. Ou seja, há uma relação direta entre a solubilidade do material botânico e a temperatura.

Além das variáveis propostas neste estudo, outros fatores puderam ter influenciado na análise, tais como o tempo de armazenamento entre a coleta do material botânico e a extração e o solvente empregado.

Com um grande intervalo de tempo de armazenamento entre a coleta e a extração, o material pode absorver umidade, aumentando, assim, a atividade respiratória dos grãos, facilitando a deterioração da matéria-prima. Neste caso, este fator pôde ter diminuído os rendimentos do processo.

O solvente também teve alta importância para a análise, influenciando positivamente na extração realizada, pois se obteve uma grande quantidade de extrato final para a quantidade de solvente empregada.

De modo geral, a extração com utilização do extrator apresentou rendimentos consideráveis. Todavia demandou um tempo elevado para cada extração, além de uma quantidade relativamente alta de solvente.

ENSAIOS	VARIÁVEIS REAIS		RD (%)
	T (°C)	G (mm)	
1	50	0,10	5,98
2	60	0,10	8,99
3	50	0,51	5,71

4	60	0,51	8,96
5	50	0,10	5,15
6	60	0,10	9,11
7	50	0,51	5,34
8	60	0,51	7,64

**Legenda:** T= temperatura; G= granulometria ; RD= rendimento; mm= milímetro; %= porcentagem; °C= Graus Celsius.

**Tabela 3.** Resultados da variável de resposta Rendimento

#### 4.2 Análise estatística da variável de resposta Rendimento (RD)

Na análise da variância para a variável de resposta (RD), obteve-se um valor de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,9398 ou 93,98%, mostrando que o modelo proposto descreveu adequadamente a resposta em estudo.

Os resultados adquiridos dos efeitos dos parâmetros estão apresentados na **Tabela 4**, o qual nos informa que a variável isolada  $X_1(T)$  foi estatisticamente significativa para a variável de resposta Rendimento.

FATOR	EFEITOS $\pm$ ERRO PADRÃO
Média	7,11 $\pm$ 0,20
$X_1$	3,13 $\pm$ 0,40
$X_2$	-0,39 $\pm$ 0,40
( $X_1 \times X_2$ )	-0,35 $\pm$ 0,40

**Legenda:**  $X_1$ =Temperatura;  $X_2$ =Granulometria.

**Tabela 4.** Efeitos Estimados para Rendimento

A pesquisa da ANOVA (**Tabela 5**), para a variável de resposta Rd, foi avaliada com base no valor de “p”, o qual indica a probabilidade de cada variável de entrada possuir ou não significância para variáveis de resposta e comprovou que a variável  $X_1(T)$  apresentou efeito estatisticamente significativo em um nível de significância menor que 5% ( $p < 0,05$ ), onde ela mostra uma menor probabilidade de estar na região de hipótese nula (não apresentando significância estatística para a resposta). Porém a variável linear  $X_2(G)$  e combinada  $X_1 \times X_2(T \times G)$ , não apresentaram significância estatística para RD.

FATOR DE VARIAÇÃO	SQ	GL	MQ	p
X1	19,59	1	19,59	0,001
X2	0,31	1	0,31	0,381
(X1 x X2)	0,25	1	0,25	0,427

Erro Puro	1,29	4	0,32
Total SQ	21,45	7	

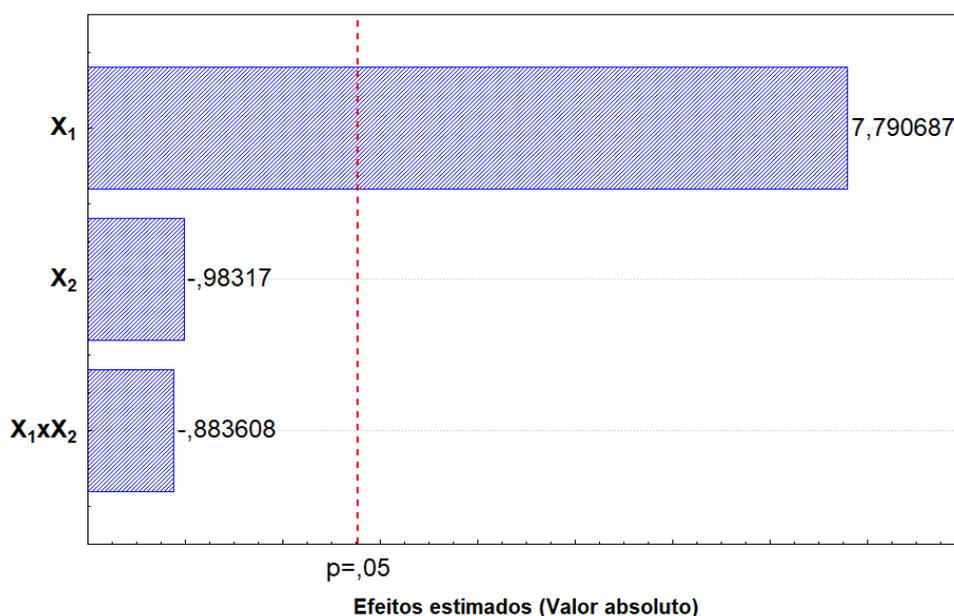
---

$R^2 = 0,9398$

**Legenda:** **SQ**= Soma dos quadrados; **GL**= graus de liberdade; **MQ**= média quadrática; **p**: Análise de probabilidade; **X<sub>1</sub>**= Temperatura; **X<sub>2</sub>**= Granulometria.

**Tabela 5.** Análise de variância (ANOVA) para a variável de resposta Rendimento

A **Figura 7** (Gráfico de Pareto) mostra os efeitos individuais e combinados em relação à variável resposta, além disso, descreve os efeitos estimados padronizados (razão entre os efeitos estimados e o desvio padrão correspondente) que cada variável exerce na resposta. O limite de rejeição da hipótese nula ( $p = 0,05$ ) é mostrado pela linha vertical; para a avaliação da resposta (RD), em que os efeitos localizados a direita desta linha apresentam influência estatística sobre a variável de resposta. O gráfico confirma que a variável isolada **X<sub>1</sub> (T)** foi significativa no nível de 95% do limite de confiança uma vez que essa variável é encontrada à direita da reta do limite de rejeição da hipótese nula.



**Legenda:** X<sub>1</sub>=Temperatura; X<sub>2</sub>= Granulometria.

**Figura 7.** Gráfico de pareto para a resposta Rendimento

Com base na variável influente para os valores de RD, o qual foi observado no tratamento estatístico feito acima, foi proposto um modelo matemático de 1ª ordem que é mostrado na **Equação 2**.

$$Rd = \beta_0 + \beta_1 X_1 \quad (2)$$

Substituindo os valores dos coeficientes de regressão (**Tabela 6**), obtêm-se a **Equação 3**.

PARÂMETROS	COEICIENTES
Média	7,11
$X_1$	1,57

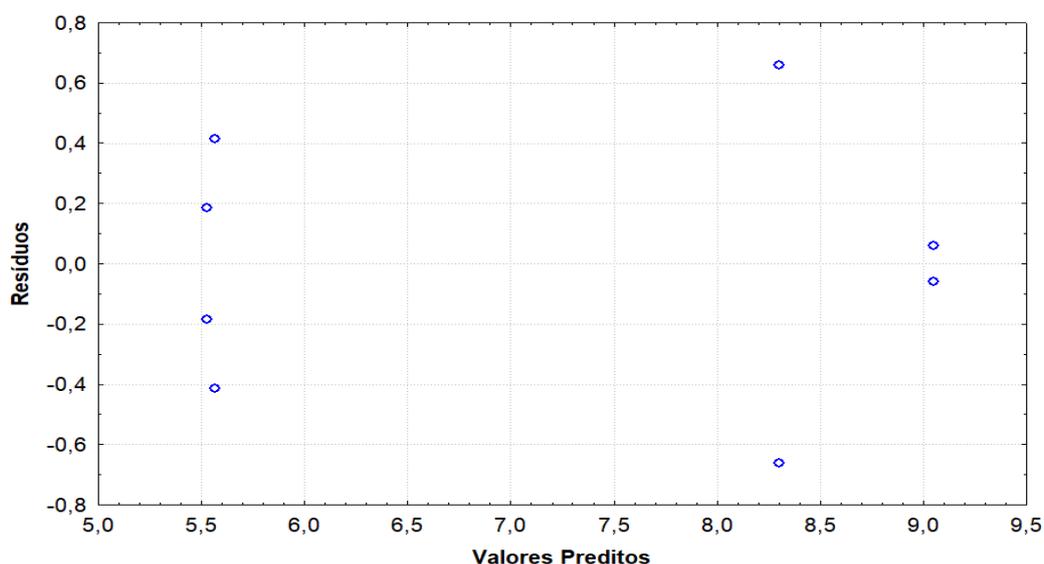
**Legenda:**  $X_1$  = Temperatura.

**Tabela 6.** Coeficientes de regressão para a variável de resposta Rendimento

$$Rd = 7,11 + 1,57X_1 \quad (3)$$

O polinômio matemático de 1ª ordem (Equação 4), representa bem os dados experimentais estudados, uma vez que  $R^2 = 0,9398$  (**Tabela 5**) o qual mostra a proporção de variabilidade em torno da média.

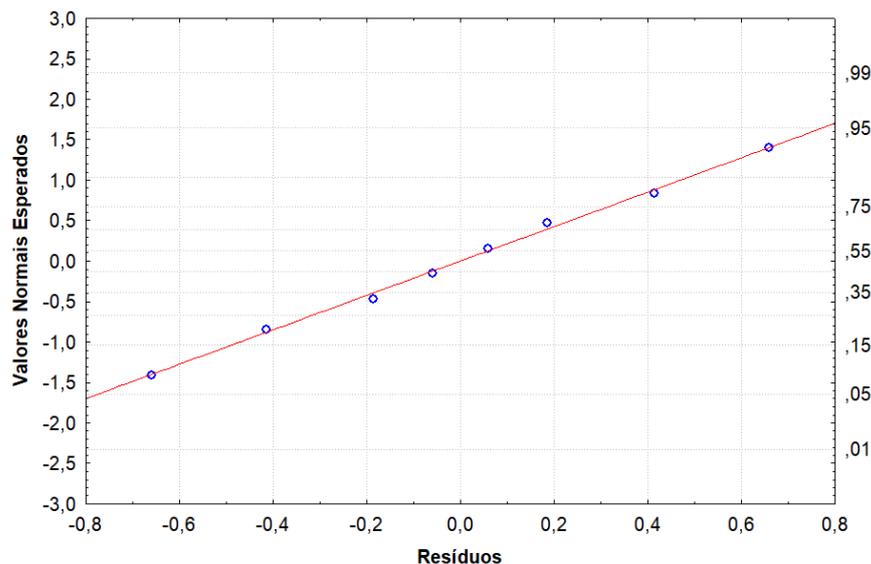
A análise de resíduos avalia a amplitude dos resíduos em torno do zero, bem como representa a distribuição de resíduos em função dos valores preditos pelo modelo proposto, ou seja, esta análise designa que a distribuição dos resíduos tem de ser aleatória, não apresentando comportamento sistemático ou tendencioso (**Figura 8**).



**Figura 8.** Gráfico da Distribuição dos resíduos para o Rendimento

A distribuição de probabilidade normal dos resíduos é uma distribuição onde os pontos terão de estar devidamente centralizados ou muito próximos da reta que intercepta o gráfico. Na **Figura 9** verifica-se que o modelo proposto gerou resíduos baixos que vão de -0,8 a 0,8 e é possível comprovar que a análise está de forma coerente com a hipótese estatística, o qual deve ser obedecido para que modelo de regressão apresente precisão nos valores de RD. No gráfico de normalidade é possível

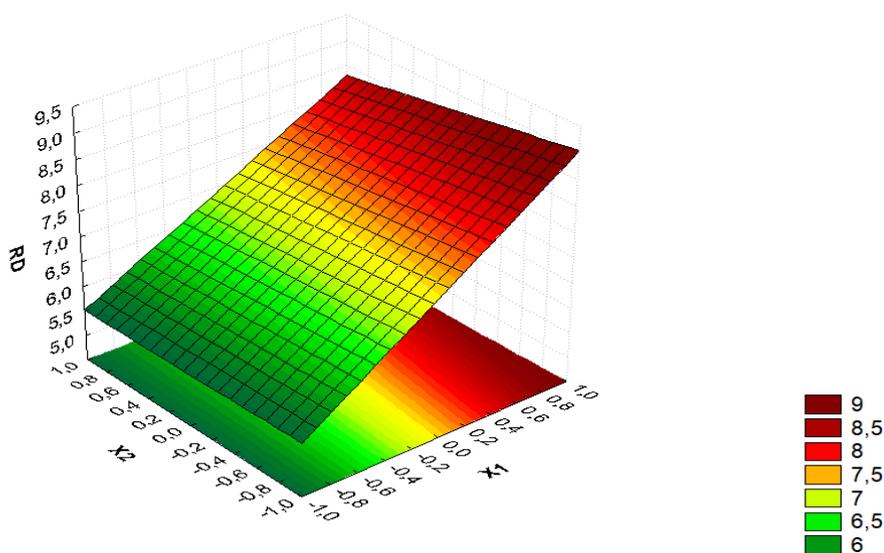
verificar que os pontos experimentais estão dentro da curva, que está representada pela linha vermelha.



**Figura 9.** Gráfico do Teste de Normalidade para Rendimento

A análise de superfície de resposta foi aplicada para investigar qual a combinação de variáveis de entrada que teve influência significativa para obtenção de maiores rendimentos. O gráfico de superfície de resposta mostra que o eixo z mostra a resposta RD e nos eixos x e y as variáveis utilizadas no estudo.

Nas **Figuras 10 e 11** é possível observar que as condições que favorecem altos rendimentos são  $X_1$  (temperatura) no seu nível máximo +1 e  $X_2$  (granulometria) no seu valor mínimo -1, em outras palavras,  $T = 60^\circ\text{C}$  e  $G = 0,10$  mm.



**Figura 10.** Gráfico da Superfície de Resposta para o Rendimento

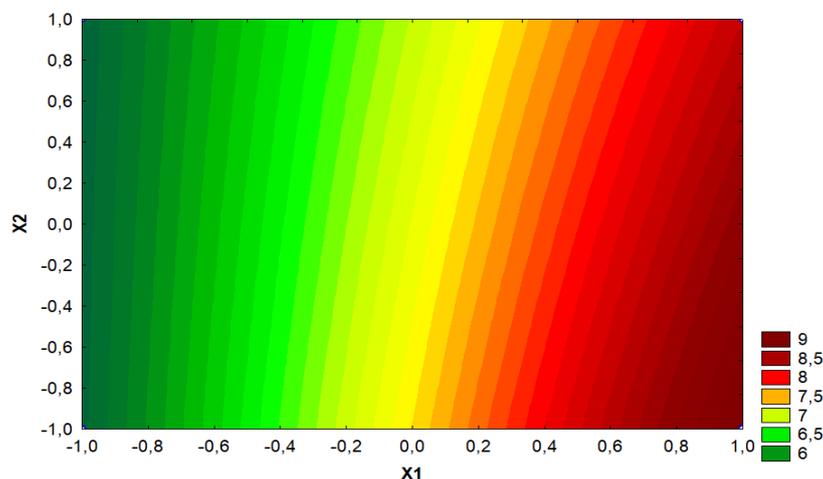


Figura 11. Curva de Nível para Rendimento

## 5 | CONCLUSÃO

### 5.1 Conclusão geral

De modo geral, podemos inferir que o método extrativo desenvolvido no estudo do *Croton cajucara* Benth foi eficiente para a análise de rendimento.

### 5.2 Conclusão específica

O planejamento composto central  $2^k$  foi uma ferramenta no qual apresentou extrema importância para ao estudo, uma vez que as duas variáveis, granulometria e temperatura, individuais ou combinadas, envolvidas no processo, foram relevantes para os resultados finais obtidos. Pode-se perceber que as corridas que apresentaram variáveis de entrada  $X_1$  (**Temperatura**), em nível **+1** e variável de entrada  $X_2$  (**Granulometria**) em nível **-1**, obtiveram-se os maiores rendimentos do estudo. Ou seja, sendo o mesmo aplicado para a corrida com temperatura de 60°C e com emprego do material botânico do tipo fino.

## REFERÊNCIAS

- CARVALHO, A. C. B. et al. **Aspectos da legislação no controle dos medicamentos fitoterápicos.** T&C Amazônia, v. 5, n. 11, p. 26-32, 2007.
- COSTA, D. A., SILVA, D. A., CAVALCANTI, A. C., MEDEIROS, M. A. A., LIMA, J. T., CAVALCANTE, J. M. S., SILVA, B. A. **Chemical constituents from *Bakeridesia pickelli* MONTEIRO (Malvaceae) and the relaxant activity of kaemperol-3-O-r-D-(6''-E-pcoumaroyl) glucopyranoside on guineapig ileum.** Química Nova, v. 30, n. 4, p. 901-903, 2007.
- DAMASCENO, T. S. **Estudo do processo de extração e avaliação alelopática dos extratos obtidos das cascas do caule do *Croton palanostigma* Klotzsch.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química. Belém. Universidade Federal do Pará, p. 53-54, 2012.

DI STASI, L. C. et al. **Screening in mice of some medicinal plants used for analgesic purposes in**

the state of Sao Paulo. Journal of ethnopharmacology, v. 24, n. 2-3, p. 205-211, 1988.

GRYNBERG, N. F. et al. **Anti-tumour activity of two 19-nor-clerodane diterpenes, transdehydrocrotonin and trans-crotonin, from Croton cajucara.** Planta Medica, v. 65, n. 8, p. 687-689, 1999.

ICHIHARA, Y., TAKEYA, K., HITOTSUYANAGI, Y., MORITA, H., OKUYAMA, S., SUGANUMA, M., FUJIKI, H., MOTIDOME, M., ITOKAWA, H. **Cajucarinolide and isocajucarinolide: antiinflammatory diterpenes from Croton cajucara.** Planta Médica, v. 58, n. 6, p. 549-551, 1992.

ITOKAWA, H., ICHIHARA, Y., KOJIMA, H., WATANABE, K., TAKEYA, K. **Norclerodane diterpenes from Croton cajucara.** Phytochemistry, v. 28, n. 6, p. 1667-1679, 1990.

KUBO, I., ASAKA, Y., SHIBATA, K. **Insect growth inhibitory nor-diterpenes, cisdehydrocrotonin and trans-dehydrocrotonin from Croton cajucara.** Phytochemistry, v. 30, n. 8, p. 2545-2546, 1991.

LEAL, R. S. **Estudo etnofarmacológico e fitoquímico das espécies medicinais Cleome spinosa Jacq, Pavonia varians Moric e Croton cajucara BENTH.** Tese de Doutorado. Rio Grande do Norte: Universidade do Rio Grande do Norte. 2008.

LORENZI, H.; MATOS, F. J.; FRANCISCO, J. M. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas.** 2002.

LUNA COSTA, A. M., SILVA, J. C. R., CAMPOS, A. R., RAO, V. S. N., MACIEL, M. A. M., PINTO, A. C. **Antiestrogenic effect of trans-dehydrocrotonin, a nor clerodane diterpene from Croton cajucara.** Phytotherapy Research, v. 13, n. 8, p. 689-691, 1999.

MACIEL, M. A. M, PINTO, A.C, BRABO, S.N., SILVA, M.N. **Terpenoids from Croton cajucara.** Phytochemistry, v. 39, n. 3, p 823-828, 1998b.

MACIEL, M. A. M, PINTO, A.C., KAISER, C.R. **NMR and structure review of some natural fluoroclerodanes.** Magnetic Resonance in Chemistry, v. 41, n. 4, p. 278-282, 2003.

MACIEL, M. A. M. et al. **Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares.** Química nova, v. 25, n. 3, p. 429-438, 2002.

MACIEL, M. A. M., CORTEZ, J. K. P. C., GOMES, F. E. S. **O gênero Croton e aspectos relevantes de diterpenos clerodanos.** Revista Fitos, v. 2, n. 3, p. 54-73, 2006a.

MACIEL, M. A. M., GOMES, F. E. S., PINTO, A. C., CÔLUS, I. M. S., MAGALHÃES, N. S. S., GRYNBERG, N.F., ECHEVARRIA, A. **Aspectos sobre Produtos Naturais na Descoberta de Novos Agentes Antitumorais e Antimutagênicos.** Revista Fitos, v. 3, n. 1, p. 38-59, 2007b.

MACIEL, M. A. M., MARTINS, J. R., PINTO, A. C., KAISER, C. R., ESTEVES-SOUZA, A., ECHEVARRIA, A. **Natural and semi-synthetic clerodanes of Croton cajucara and their cytotoxic effects against Ehrlich carcinoma and human k562 leukemia cells.** Journal Brazilian Chemical Society, v. 18, n. 2, p. 391-396. 2007a.

MACIEL, M. A. M., PINTO, A. C., ARRUDA, A. C., PAMPLONA, S. G. S. R., VANDERLINE, F. A., LAPA, A. J., ECHEVARRIA, A., GRYNBERG, N. F., CÔLUS, I. M. S., FARIAS, R. A. F., LUNA COSTA, A. M., RAO, V. S. N. **Ethnopharmacology, Phytochemistry and pharmacology: a successful combination in the study of Croton cajucara.** Journal of Ethnopharmacology, v. 70, n. 1, p. 41-55, 2000.

MACIEL, M. A. M., PINTO, A. C., BRABO, S. N., ARRUDA, A. C. **Estudo da variação dos teores de terpenóides bioativos isolados das cascas do caule de Croton cajucara, nativos e cultivados**

**no estado do Pará.** Revista da Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra, v. 18-20, n. 1-2, p. 17-34, 1998a.

MACIEL, M. A. M., PINTO, A. C., VEIGA J. R., MARTINS, J. R., GRYNBERG, N. F., ECHEVARRIA, A., LAPA, A. J., VANDERLINDE, F. **A Croton cajucara as an alternative to traditional medicine in a modern health system.** Recent Progress in Medicinal Plants- Phytochemistry and Pharmacology, v. 8, p. 502-517, 2002a.

MACIEL, M. A. M., PINTO, A. C., VEIGA J. R., V. F., ECHEVARRIA, A., GRYNBERG, N.F. **Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares.** Química Nova, v. 25, n. 3, p. 429-438, 2002b.

SIMÕES, J. C. et al. **Desidrocrotonina, um norditerpeno de Croton cajucara BENTH (Euphorbiaceae).** Ciência e cultura-Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 1979.

SOARES, M. C. P. **Would sacaca, Croton cajucara BENTH (Euphorbiaceae) be an hepatotoxic plant like Germander, Teucrium chamaedrys L. (Labiatae)?** Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 37, p. 96-97, 2004.

TIEPPO, M. **Croton Cajucara Benth (SACACA) uma planta da Amazônia. Avaliação do seu potencial antioxidante.** 2007. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Faculdade de Medicina. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

TIVERON, Ana Paula. **Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidos no Brasil.** 2010. Tese de Doutorado – Departamento de Ciências da Faculdade de Tecnologia de Alimentos. Piracicaba: Universidade de São Paulo. 2010.

VAN DEN BERG, L. et al. **Urban Europe: A study of growth and decline.** 1982.

VEIGA JR., V. F., PINTO, A. C., MACIEL, M. A. M. **Plantas Medicinais: Cura segura?** Química Nova, v. 28, n. 3, p. 519-528, 2005.

## **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

