



# AS CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA NO SÉCULO XXI 2

**JÚLIO CÉSAR RIBEIRO  
CARLOS ANTÔNIO DOS SANTOS  
(ORGANIZADORES)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

**Júlio César Ribeiro**  
**Carlos Antônio dos Santos**  
(Organizadores)

# As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Karine 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 Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – 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 Internazionele 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. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
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. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

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 Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
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 Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
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  
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  
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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C569	As ciências exatas e da terra no século XXI [recurso eletrônico] : volume 2 / Organizadores Júlio César Ribeiro, Carlos Antônio dos Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-680-5 DOI 10.22533/at.ed.805190710  1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Ribeiro, Júlio César. II. Santos, Carlos Antônio dos. III. Série.  CDD 507
<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

## APRESENTAÇÃO

A obra “As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI,” que encontra-se em seu segundo volume, foi idealizada para compilar trabalhos que demonstrassem os novos desdobramentos da pesquisa científica no século XXI. Em seus 24 capítulos, procura-se apresentar a o leito de discussões alinhadas a eixos temáticos, como agricultura, engenharia, educação, estatística e tecnologias, havendo também espaço para perspectivas multidisciplinares a partir de trabalhos que permeiam diferentes segmentos da grande área. Na primeira parte da obra, que trata sobre agricultura, são apresentados estudos relacionados à fertilidade do solo, precipitação pluviométrica, necessidade hídrica de plantas, estudos fitoquímicos, recuperação, reuso e restauração de áreas degradadas, dentre outros. Na segunda parte, são abordados estudos sobre gerenciamento de resíduos da construção civil, uso do sensoriamento remoto, e comparação entre diferentes métodos de nivelamento.

Na terceira parte, estão agrupados trabalhos que envolvem vertentes econômicas, experiências educacionais, e uso da realidade virtual no processo de aprendizagem.

Na quarta e última parte, são contemplados estudos acerca de questões tecnológicas, envolvendo linguagem estatística, e aplicação de moedas digitais.

Com grande relevância, os trabalhos aqui apresentados estarão disponíveis ao grande público e colaborarão para a difusão de conhecimentos no âmbito técnico e acadêmico.

Os organizadores e a Atena Editora agradecem pelo empenho dos autores que não mediram esforços ao compartilhar, em sua melhor forma, os resultados de seus estudos por meio da presente obra. Desejamos que as informações difundidas por meio desta obra possam informar e provocar reflexões significativas, contribuindo para o fortalecimento desta grande área e de suas vertentes.

Júlio César Ribeiro  
Carlos Antônio dos Santos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
DISPONIBILIDADE DE ZN EM SOLOSSUPER ADUBADOS EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR	
Ingrid Luciana Rodrigues Gomes	
Maria Tairane Silva	
Idamar da Silva Lima	
Airon José da Silva	
Carlos Alexandre Borges Garcia	
Silvânio Silvério Lopes da Costa	
Marcos Cabral de Vasconcellos Barreto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8051907101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO IRRIGADO COM DILUIÇÕES DE ÁGUA PRODUZIDA TRATADA EM CASA DE VEGETAÇÃO	
Ricardo André Rodrigues Filho	
Rafael Oliveira Batista	
Ana Beatriz Alves de Araújo	
Juli Emille Pereira de Melo	
Rayane Alves de Arruda Santos	
Ana Luiza Veras de Souza	
Antônio Diego da Silva Teixeira	
Emmila Priscila Pinto do Nascimento	
Taís Mendonça da Trindade	
Wellyda Keorle Barros de Lavôr	
Igor Apolônio de Oliveira	
Elioneide Jandira de Sales	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8051907102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
DETERMINAÇÃO RÁPIDA DE MN, ZN, FE E MG EM MELADO DE CANA POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM CHAMA (F AAS)	
Suelen Andolfatto	
Camila Kulek de Andrade	
Maria Lurdes Felsner	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8051907103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
COMPARAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE 12 CIDADES PARAENSES	
Whesley Thiago dos Santos Lobato	
Antonio Maricélio Borges de Souza	
Maurício Souza Martins	
Luã Souza de Oliveira	
Bruno Maia da Silva	
Maria Sidalina Messias de Pina	
Daniella Amor Cunha da Silva	
Antonio Elson Ferreira Borges	
Arthur da Silva Monteiro	
Lucas Guilherme Araujo Soares	
Caio Douglas Araújo Pereira	
Lívia Tálita da Silva Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8051907104</b>	

**CAPÍTULO 5 ..... 48**

NECESSIDADES HÍDRICAS E ÍNDICES DE CRESCIMENTO DA CULTURA DO GERGELIM  
(*SESAMUM INDICUM L.*) BRS ANAHÍ IRRIGADO

Isaac Alves da Silva Freitas  
José Espínola Sobrinho  
Anna Kézia Soares de Oliveira  
Ana Beatriz Alves de Araújo  
Roberto Vieira Pordeus  
Poliana Marias da Costa Bandeira  
Priscila Pascali da Costa Bandeira  
Tecla Ticiane Félix da Silva  
Fernanda Jéssika Carvalho Dantas  
Alcimar Galdino de Lira  
Alricélia Gomes de Lima  
Kadidja Meyre Bessa Simão

**DOI 10.22533/at.ed.8051907105**

**CAPÍTULO 6 ..... 58**

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS EM EMPRESAS DO SETOR AGROFLORESTAL

Robert Armando Espejo  
Rildo Vieira de Araújo  
Michel Constantino  
Reginaldo Brito da Costa  
Paula Martin de Moraes  
Vanessa Aparecida de Moraes Weber  
Fabricio de Lima Weber  
Fabiano Dotto

**DOI 10.22533/at.ed.8051907106**

**CAPÍTULO 7 ..... 68**

ECOPRODUÇÃO DE PAPEL A PARTIR DE RESÍDUOS TÊXTEIS: PROPOSTA E AVALIAÇÃO DA  
VIABILIDADE DE SIMBIOSE INDUSTRIAL

Júlia Terra Miranda Machado  
Lilian Bechara Elabras Veiga  
Maria Gabriela von Bochkor Podcameni

**DOI 10.22533/at.ed.8051907107**

**CAPÍTULO 8 ..... 81**

ESTUDO TEÓRICO SOBRE COMO REALIZAR UM PROCESSO DE OBTENÇÃO DE MELADO DE  
ALGAROBA (*PROSOPIS JULIFLORA SW DC*)

Karina da Silva Falcão  
Alan Henrique Texeira  
Clóvis Gouveia da Silva  
Mirela Mendes de Farias  
Zildomar Aranha de Carvalho Filho

**DOI 10.22533/at.ed.8051907108**

**CAPÍTULO 9 ..... 89**

ESTUDO QUÍMICO E FARMACOLÓGICO DE *ARTOCARPUS ALTILIS* (PARKINSON) FOSBERG

Alice Joana da Costa  
Mônica Regina Silva de Araújo  
Beatriz Dias  
Chistiane Mendes Feitosa  
Renata Paiva dos Santos  
Daniele Alves Ferreira  
Felipe Pereira Silva de Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.8051907109**

**CAPÍTULO 10 ..... 101**

ESTUDO FITOQUÍMICO DE *HYMENAEA COURBARIL* E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE TRIPANOCIDA

Breno Múmic Sequeira  
Romeu Machado Rocha Neto  
Lúzio Gabriel Bocalon Flauzino  
Daniele da Silva Ferreira  
Lizandra Guidi Magalhães  
Patrícia Mendonça Pauletti  
Ana Helena Januário  
Márcio Luis Andrade e Silva  
Wilson Roberto Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.80519071010**

**CAPÍTULO 11 ..... 115**

ESTUDO SOBRE R&R PARA PRODUTOS DO LABORATÓRIO PILOTO DE QUÍMICA INDUSTRIAL

Karina da Silva Falcão  
Lígia de Oliveira Franzosi Bessa  
Manoel Teodoro da Silva  
Renata Rayane da Silva Santana

**DOI 10.22533/at.ed.80519071011**

**CAPÍTULO 12 ..... 123**

SÍNTESE ORGÂNICA, INORGÂNICA E DE NANOMATERIAIS ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS:  
UMA MINI REVISÃO

Jorddy Neves Cruz  
Sebastião Gomes Silva  
Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra  
Oberdan Oliveira Ferreira  
Jose de Arimateia Rodrigues do Rego  
Marcos Enê Chaves Oliveira  
Daniel Santiago Pereira  
Antonio Pedro da Silva Souza Filho  
Eloisa Helena de Aguiar Andrade  
Mozaniel Santana de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.80519071012**

**CAPÍTULO 13 ..... 132**

PROJETO DE RECUPERAÇÃO, REUSO E RESTAURAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO DE AGREGADOS PARA PAVIMENTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE MORRO REDONDO/RS

Thiago Feijó Bom  
Pedro Andrade Coelho  
Matheus Acosta Flores  
Angélica Cirolini  
Alexandre Felipe Bruch  
Marciano Carneiro

**DOI 10.22533/at.ed.80519071013**

**CAPÍTULO 14 ..... 145**

AHP – PROPOSTA PARA APLICAÇÃO NO GERENCIAMENTO DE RCC EM CANTEIROS DE OBRAS VERTICAIS E ALGUNS ASPETOS DIVERGENTES

Romão Manuel Leitão Carrapato Direitinho  
José da Costa Marques Neto  
Rodrigo Eduardo Córdoba

**DOI 10.22533/at.ed.80519071014**

**CAPÍTULO 15 ..... 158**

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE NIVELAMENTO GEOMÉTRICO, TRIGONOMÉTRICO E POR GNSS EM UMA RODOVIA

Kézia de Castro Alves  
Francisca Vieira Nunes  
Guilherme Ferreira Gonçalves  
Fábio Campos Macedo  
Pedro Rogério Giongo

**DOI 10.22533/at.ed.80519071015**

**CAPÍTULO 16 ..... 166**

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NO MAPEAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE MILHETO

Antônio Aldisio Carlos Júnior  
Neyton de Oliveira Miranda  
Jonatan Levi Ferreira de Medeiros  
Suedêmio de Lima Silva  
Paulo César Moura da Silva  
Erllan Tavares Costa Leitão  
Ana Beatriz Alves de Araújo  
Priscila Pascali da Costa Bandeira  
Poliana Maria da Costa Bandeira  
Gleydson de Freitas Silva  
Isaac Alves da Silva Freitas  
Tháís Cristina de Souza Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.80519071016**

**CAPÍTULO 17 ..... 179**

A EDUCAÇÃO BRASILEIRA E SUAS VERTENTES ECONÔMICAS

Gustavo Tavares Corte  
Beatriz Valentim Mendes  
Steven Dutt-Ross

**DOI 10.22533/at.ed.80519071017**

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>189</b>
SABERES INFORMAIS SOBRE CIÊNCIAS COMO PONTE PARA O CONHECIMENTO FORMAL	
Deíne Bispo Miranda	
Paulo Coelho Dias	
Maria Cristina Madeira Da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80519071018</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>199</b>
CLUBE DE CIÊNCIAS: RELATO DE EXPERIÊNCIAS E IMPRESSÕES DOS ALUNOS	
Teresinha Guida Miranda	
Alice Silau Amoury Neta	
Jussara da Silva Nascimento Araújo	
Danielle Rodrigues Monteiro da Costa	
Normando José Queiroz Viana	
Alessandra de Rezende Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80519071019</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>212</b>
O USO DE REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS COMO FACILITADORA NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM: UMA ABORDAGEM NEUROCIENTÍFICA COGNITIVA NOS TEMAS DE CIÊNCIAS	
Welberth Stefan Santana Cordeiro	
Zara Faria Sobrinha Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80519071020</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>222</b>
CRIPTOMOEDAS E UMA APLICAÇÃO PARA MODELOS LINEARES HIPERBÓLICOS	
Lucas José Gonçalves Freitas	
Marcelo dos Santos Ventura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80519071021</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>226</b>
O TEOREMA DA COMPLETUDE	
Angela Leite Moreno	
Michele Martins Lopes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80519071022</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>243</b>
REGRESSÃO POLINOMIAL DE TERCEIRA ORDEM NA DEFORMAÇÃO DE ELÁSTICOS DE BORRACHA	
Thales Cerqueira Mendes	
Yasmim Brasileiro de Castro Monteiro	
Luana da Silva Souza	
Lívia Nildete Barauna dos Santos	
Ester Vitória Lopes dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80519071023</b>	

**CAPÍTULO 24 ..... 254**

PICTOGRAMA: ELABORAÇÃO EM LINGUAGEM R

Willian Alves Lion

Beatriz de Oliveira Rodrigues

Felipe de Melo Taveira

Flávio Bittencourt

Adriana Dias

**DOI 10.22533/at.ed.80519071024**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 265**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 266**

## ESTUDO FITOQUÍMICO DE *Hymenaea courbaril* E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE TRIPANOCIDA

### **Breno Mumi Sequeira**

Universidade de Franca,  
Franca – São Paulo.

### **Romeu Machado Rocha Neto**

Universidade de Franca,  
Franca – São Paulo.

### **Lúzio Gabriel Bocalon Flauzino**

Universidade de Franca,  
Franca – São Paulo.

### **Daniele da Silva Ferreira**

Universidade de Franca,  
Franca – São Paulo.

### **Lizandra Guidi Magalhães**

Universidade de Franca,  
Franca – São Paulo.

### **Patrícia Mendonça Pauletti**

Universidade de Franca,  
Franca – São Paulo.

### **Ana Helena Januário**

Universidade de Franca,  
Franca – São Paulo.

### **Márcio Luis Andrade e Silva**

Universidade de Franca,  
Franca – São Paulo.

### **Wilson Roberto Cunha**

Universidade de Franca,  
Franca – São Paulo.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo químico de extratos obtidos das cascas e polpa dos frutos de *Hymenaea courbaril*, bem como avaliar a atividade in vitro tripanocida destes extratos e associar essas atividades com seus constituintes isolados. A aplicação do extrato hidroalcoólico da parte interna (polpa) em placas preparativas possibilitou o isolamento de duas faixas com Rf's diferentes. A faixa com maior Rf foi codificada como PIHC-1 e a faixa com menor Rf foi codificada como PIHC-2. Através de CG-EM foi possível estabelecer a provável constituição majoritária da fração PIHC-1 sendo constituída de: 2-nonenal, Sitostenona, 10-acetoxi-1,6a,6b,9,9,12a-hexametil-2-metileno-eicosahidro-picen-4a-3il-acetato e acetato de pseudotaraxasterol. A análise dos dados obtidos dos espectros de RMN-<sup>1</sup>H e RMN-<sup>13</sup>C permitiu identificar PIHC-2 como sendo o acetato do ácido betulínico. O fracionamento do extrato hidroalcoólico das cascas de *H. courbaril* possibilitou o isolamento e a identificação de dois outros constituintes químicos: ácido zanzibárico e ácido isoóxico. Os resultados da avaliação da atividade tripanocida evidenciaram que o extrato da polpa de *H. courbaril* foi o mais ativo frente às formas tripomastigostas de *Trypanosoma cruzi*, apresentando uma CI<sub>50</sub> de 64,4 µg mL<sup>-1</sup>. Com relação às substâncias isoladas, o resultado mais promissor quanto à atividade tripanocida

foi obtido pela substância PIHC-2 (acetato do ácido betulínico), apresentando  $CI_{50}$  de 15,67  $\mu$ M. Assim, esta substância pode estar relacionada com a boa atividade tripanocida apresentado pelo extrato da polpa.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Hymenaea courbaril*, atividade antiparasitária, *Trypanosoma Cruzi*.

## PHYTOCHEMICAL STUDY OF *Hymenaea courbaril* AND EVALUATION OF THE TRYPANOCIDAL ACTIVITY

**ABSTRACT:** The aim of this study was to conduct a chemical study of extracts of the bark and pulp of *Hymenaea courbaril*, as well as to evaluate the in vitro trypanocidal activities of these extracts and chemical constituents. The application of the hydroalcoholic extract in preparative plates allowed the isolation of two tracks with different Rfs. The highest Rf was coded as PIHC-1 and the track with less RF was coded as PIHC-2. By GC-MS was possible to establish the probable chemical constitution of the PIHC-1 fraction being composed of: 2-nonenal, sitostenone 10-acetoxy-1,6a, 6b, 9,9,12a-hexamethyl-2-methylene-eicosahydro-picen-4a-3-yl-acetate and pseudotaraxasterol acetate. The analysis of data obtained from  $^1H$ -NMR and  $^{13}C$ -NMR spectra enabled the identification of PIHC-2 as acetate of the betulinic acid. Fractionation of the hydroalcoholic extract of *H. courbaril* peels allowed the isolation and identification of two other chemical constituents: zanzibaric acid and isoozic acid. The results of the trypanocidal activity showed that *H. courbaril* pulp extract was the most active against tripomastigotes forms of *Trypanosoma cruzi*, with an  $IC_{50}$  of 64.4  $\mu$ g mL<sup>-1</sup>. Regarding the isolated compounds, the most promising results of the trypanocidal activity was obtained by PIHC-2 (acetate of the betulinic acid), with  $IC_{50}$  of 15.67  $\mu$ M. Therefore, this compound may be related to the good trypanocidal activity showed by the pulp extract.

**KEYWORDS:** *Hymenaea courbaril*, antiparasitic activity, *Trypanosoma cruzi*.

## 1 | INTRODUÇÃO

### 1.1 Doença de chagas

As doenças negligenciadas, também chamadas de doenças tropicais negligenciadas, justamente porque são doenças tipicamente de áreas tropicais e subtropicais, é um grupo de enfermidades, muitas vezes, de acometimento endêmico, que as populações pobres dos países em desenvolvimento sofrem constantemente (MAGALHÃES et al., 2012).

Estima-se que há cerca de 1 bilhão de pessoas (1/6 da população mundial) em 149 países e regiões sofrendo de alguma doença negligenciada, principalmente localizadas nas regiões de baixo desenvolvimento econômico e social da África, Ásia e partes da América (MAGALHÃES et al., 2012).

As 17 doenças negligenciadas priorizadas de relevância, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), são: Úlcera de Buruli, Doença de Chagas, Dengue,

Dracunculíase, Equinococose, Trematodíase, Doença do Sono, Leishmaniose, Hanseníase, Filariose Linfática, Oncocercose, Raiva, Esquistossomose, Helmintíases, Teníase/Cisticercose, Tracoma e Boubá.

A doença de Chagas é causada pelo parasito protozoário *Trypanosoma cruzi*, o qual é transmitido quando as fezes infectadas com *T. cruzi* do vetor *triatomíneo*, popularmente conhecido como barbeiro, bicudo, chupança, furão, dentre outros, entra na corrente sanguínea do hospedeiro mamífero através do local da picada ou através de uma membrana mucosa. A transmissão pelo vetor está basicamente limitada às áreas da América do Norte, América Central e América do Sul (BERN, 2015).

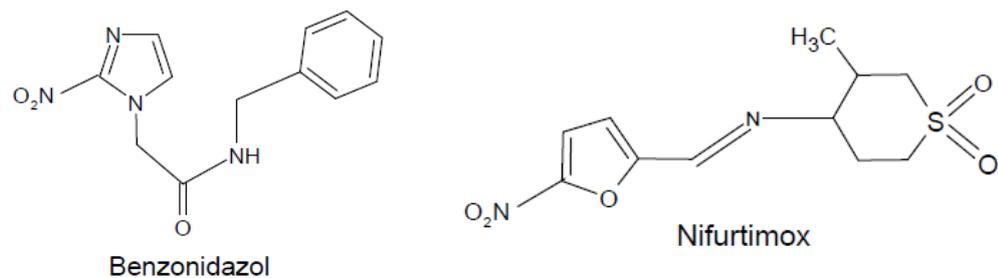
Outras vias de infecção, não vetorial, incluem a transfusão de órgãos, o transplante de medula óssea e a transmissão congênita. Alguns surtos são atribuídos à contaminação de alimentos ou bebidas (RASSI et al. 2010).

Segundo a OMS (2010), de 8 a 10 milhões de pessoas são afetadas pela doença, causando aproximadamente 14.000 mortes por ano, e ainda outros 100 milhões de indivíduos vivem em áreas de risco de contaminação.

Sem o devido tratamento, após a fase aguda, a doença de Chagas passa a uma fase crônica geralmente silenciosa. A manifestação de sintomas pode ocorrer após muitos anos, podendo se apresentar na forma de um problema grave no coração dos infectados ou no sistema digestivo, em especial alterações morfológicas e funcionais no esôfago e intestino grosso. Os sintomas na fase crônica podem incluir desmaios, palpitações, dores no peito, inchaço dos membros inferiores, constipação, dores abdominais e dificuldades para engolir (FELICIANGELI et al., 2003).

No início da década de 1970 surgiram então, o nifurtimox (Lampit®, da Bayer) e o benzonidazol (BNZ) (Rochagan®, da Roche) (Figura 1) que apresentam de 50 a 70% de cura quando administrados na fase aguda. A fase crônica da doença permanece sem alternativas eficazes de tratamento, representando grave problema que tem elevado o sofrimento de milhões de infectados na América Latina (DIAS et al., 2009).

O BNZ (N-benzil-2-nitro-1-imidazolacetamida), derivado do nitroimidazol, é considerado o tratamento de primeira linha, com uma evidência de eficácia melhor e efeitos secundários menores que o nifurtimox (BERN, 2015). No Brasil, a única substância atualmente disponível para o tratamento específico da doença de Chagas é o quimioterápico BNZ. Este fármaco apresenta uma efetividade parcial aos seus usuários e inconvenientes efeitos adversos, como dermatites alérgicas, anorexia, perda de apetite, entre outros efeitos indesejados (PONTES et al., 2010).



**Figura 1** - Estruturas químicas do benzonidazol e do nifurtimox.

Novos fármacos, de preferência com menores efeitos adversos, são necessários para o combate do parasito, que acabam sofrendo mutações por diversos mecanismos, selecionando formas resistentes aos quimioterápicos existentes no mercado.

A utilização de produtos naturais para pesquisa e desenvolvimento de novos fármacos direcionados para o tratamento de doenças tropicais negligenciadas se torna cada vez mais usual (OLIVEIRA et al., 2014).

As plantas nos dias atuais são as principais fontes de substâncias na busca de novos medicamentos e esta linha de pesquisa baseada em produtos naturais tem sido enfatizada pela indústria farmacêutica (OLIVEIRA et al., 2010; VIEGAS-JR et al., 2006).

Tendo em vista o exposto, é importante o contínuo trabalho no isolamento, purificação e identificação de compostos ativos das plantas, para o próprio uso das moléculas identificadas ou para usá-las como modelos síntese de novos compostos. Dentre as regiões com grande potencial para obtenção de novas substâncias ativas, o cerrado brasileiro se encontra em posição de destaque e, portanto, deve ser química e farmacologicamente explorado (MONTANARI et al., 2001).

## 1.2 . A Espécie vegetal *Hymenaea courbaril* L.

*Hymenaea courbaril* L. popularmente conhecida no Brasil como Jatobá, Jatobá do Cerrado, Jataí, entre tantos outros nomes regionais, é uma árvore cujas folhas, raízes, frutos, e especialmente a casca do caule, já descritas como ricas em taninos, são tradicionalmente empregadas na medicina popular por meio de infusões e manipulações caseiras para tratamentos de várias enfermidades como: anemias, problemas renais, dores de garganta e problemas respiratórios. Há relatos do uso de partes do tronco na forma de um xarope para o tratamento de bronquite e uma infusão da casca para problemas estomacais (MARSAIOLI et al., 1975; CARTAXO et al., 2010; BEZERRA et al., 2013).

O fruto do jatobá é vagem indeiscente, de aspecto alongado, que mede 8-15 cm de comprimento. O exocarpo é lenhoso, espesso e vermelho-escuro.

O endocarpo é farináceo, adocicado e amarelo-claro, sendo comestível e podendo ser consumido na sua forma natural ou preparados na forma de farinhas,

doces e bebidas (MELO et al., 2005).

A análise química do pó amarelado doce obtido a partir dos frutos do jatobá forneceram sacarose e ácido linolêico. Alguns metabólitos secundários já foram identificados nessa espécie. Estudos demonstraram que diterpenos, xiloglucanas, galactomananas, oligossacarídeos e alguns tipos de ácidos graxos são os principais metabólitos presentes nesses vegetais (TINE et al., 2000; LIMA et al., 2003; JAYAPRAKASAM et al., 2007).

Além dos componentes polifenólicos, o que mais foi encontrado em estudos fitoquímicos a partir das vagens, da casca do caule, da resina do tronco e das cascas dos frutos de *H. courbaril*, são diterpenos e sesquiterpenos (MARSAIOLI et al., 1975; NOGUEIRA et al., 2002; JAYAPRAKASAM et al., 2007; AGUIAR et al., 2010).

Com essa diversidade química, várias atividades para extratos, frações ou compostos isolados a partir de *H. courbaril* já foram demonstrados, como: anti-cancro (KEIJI et al., 1999), ação antioxidante, propriedade anti-inflamatória (JAYAPRAKASAM et al., 2007), antiviral (CECÍLIO et al., 2012). Aguiar e colaboradores (2010) descreveram que o óleo essencial obtido a partir da casca dos frutos também possui atividade larvicida forte contra *Aedes aegypti*.

## 2 | OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo foram:

- a) Preparar extratos hidroalcoólicos brutos da casca e da parte interna (polpa farinácea) do fruto da espécie *Hymenaea courbaril* L.
- b) Avaliar as atividades biológicas *in vitro* dos extratos dos frutos de *H. courbaril* L. frente ao parasita causador da doença de Chagas.
- c) Correlacionar às atividades biológicas dos extratos obtidos de *H. courbaril* L. com a constituição química destes.

## 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Estudo Químico

#### 3.1.1 Obtenção, identificação da espécie vegetal e preparo dos extratos brutos de *H. courbaril*

O fruto da espécie vegetal foi coletado no mês de fevereiro do ano de 2012 em seu ambiente natural na Fazenda São Joaquim, no município de Batayporã, localizada a leste do Estado do Mato Grosso do Sul. A identificação botânica foi realizada pelo Prof. Dr. Milton Groppo da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, sendo a exsicata depositada no herbário desta

faculdade sob o código SPFR 10019.

Foram utilizados os frutos do vegetal, que separados totalizaram 2.000 gramas de casca e 1.700 gramas de polpa farinácea. Estes foram secos em estufa de ar circulante à temperatura de 40 °C. As partes do vegetal foram pulverizadas e extraídas por maceração utilizando-se uma mistura de EtOH/H<sub>2</sub>O (96:4 v/v) a 25°C durante sete dias. Os extratos obtidos foram filtrados e concentrados em rotaevaporador, obtendo-se, após a secagem, 97,8g de extrato das cascas e 87,3g de extrato da polpa.

### 3.1.2 Purificação da parte interna (polpa) visando obtenção dos constituintes químicos.

O extrato da parte interna de *H. courbaril* foi preliminarmente analisado por CLAE e posteriormente uma alíquota deste foi aplicada em placas preparativas utilizando sílica gel como fase estacionária e n-hexano/acetato de etila (7:3 v/v) como fase móvel. Foi possível isolar duas faixas com Rf de diferentes. A fração de maior Rf foi codificada como PIHC-1 e a de menor Rf foi codificada como PIHC

A fração PIHC-1 foi enviada para análise através de CG-EM visando identificação do perfil químico da amostra e a fração PIHC-2 foi enviada para registro de seus espectros de RMN visando à identificação desta.

### 3.1.3 Estudo do extrato da casca de *H. courbaril*.

O fracionamento deste extrato (4,0 g) foi realizado utilizando CLV e como eluentes solventes orgânicos em gradiente crescente de polaridade. Foram coletadas 5 frações (Tabela 1).

Fração	Eluente	Volume (L)	Massa (g)
F-1	<i>n</i> -hexano/acetato de etila (1:1 v/v)	2,0	1,61
F-2	Acetato de etila	2,0	0,34
F-3	Acetato de etila/etanol (7:3 v/v)	2,0	0,57
F-4	Acetato de etila/ etanol (1:1 v/v)	2,0	0,14
F-5	Etanol	2,0	0,22

**Tabela 1** - Fracionamento do extrato da casca de *H. courbaril*.

Na fração F-3, após ser rotaevaporada, formou-se um sólido de cor branca que foi separado do sobrenadante e codificado como F3A (0,12 g).

Parte da fração F-1 (0,50 g) foi aplicada em coluna de sephadex LH-20 e eluída com metanol, sendo recolhida 30 frações de 50 mL. As frações foram analisadas por CCDC e agrupadas quando apresentaram comportamento cromatográfico semelhante (Tabela 2).

Parte da fração reunida F-1B foi submetida à CLAE preparativa possibilitando o

isolamento de uma substância codificada como F-1B-3 (30 mg).

Fração	Frações agrupadas	Massa (mg)
F-1A	1-6	183
F-1B	7-8	271
F-1C	9-11	15
F-1D	12-16	3
F-1E	17-30	4

**Tabela 2** - Frações reunidas e as massas obtidas no fracionamento de F-1.

## 3.2 Estudo Biológico

### 3.2.1 Avaliação *in vitro* da atividade tripanocida sobre as formas tripomastigotas

Os ensaios sobre as formas tripomastigotas foram realizados a partir de parasitas obtidos de cultura de células da linhagem LLCMK<sub>2</sub>. As células foram cultivadas em meio RPMI, suplementado com 0,5% de penicilina e estreptomicina e 10% de soro bovino fetal inativado, em garrafas de cultura a 37°C em ambiente a 5% de CO<sub>2</sub>, com umidade de 95%.

As formas tripomastigotas, obtidas do sangue de animais infectados por punção cardíaca no pico parasitêmico, foram adicionadas à cultura celular. Após 7 dias de cultivo, o sobrenadante das culturas foi retirado, centrifugado, sendo então obtidas as formas livres do parasita para a realização dos ensaios.

Em uma placa de microtitulação de 96 poços foram adicionados aproximadamente 2x10<sup>6</sup> formas tripomastigotas, e posteriormente foram adicionadas as substâncias em análise nas concentrações de 200, 100, 50, 25, 12,5 µM para substâncias puras ou µg/mL para extratos, onde, após 24 horas de incubação a atividade biológica foi realizada através da quantificação direta dos parasitas vivos em câmara de Neubauer, levando-se em consideração a motilidade flagelar.

Os resultados obtidos foram avaliados com auxílio do software GraphPad Prism versão 5.0, visando a obtenção dos valores de IC<sub>50</sub> e porcentagem de lise para cada uma das substâncias, em relação ao controle negativo, nas concentrações avaliadas.

Como controles foram utilizados: (1) Controle positivo: Benzonidazol; (2) Controle negativo: 0,5% de DMSO. Os ensaios foram realizados em triplicata.

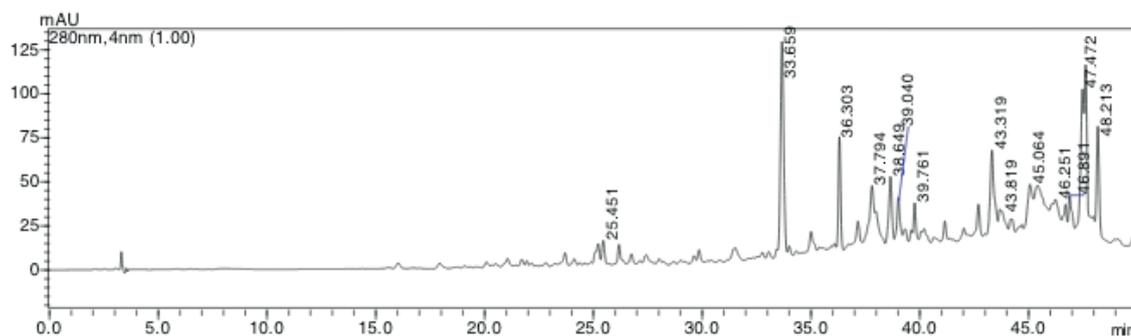
## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Parte química

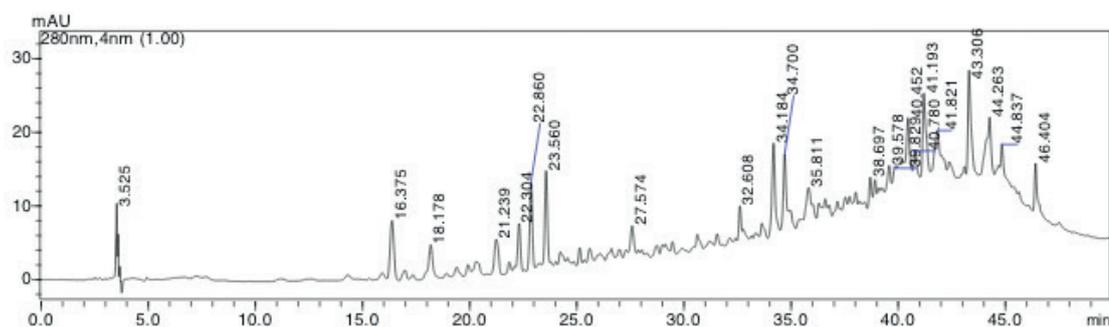
#### 4.1.1 Análise por CLAE dos extratos de *H. courbaril* L.

Existem relatos de estudos de todas as partes da espécie *H. courbaril*, porém, há pouca investigação relacionada à parte interna comestível do fruto do jatobá

(JAYPRAKAKASAM et al. 2007). As Figuras 2 e 3 representam, respectivamente, os cromatogramas obtidos por CLAE dos extratos hidroalcoólicos da parte interna e das cascas dos frutos de *H. courbaril*. Verifica-se que o extrato da parte interna apresenta um perfil químico menos complexo em termos de número de substâncias do que o do extrato das cascas.



**Figura 2** - Cromatograma obtido por CLAE do extrato hidroalcoólico da parte interna (polpa) de *H. courbaril*.

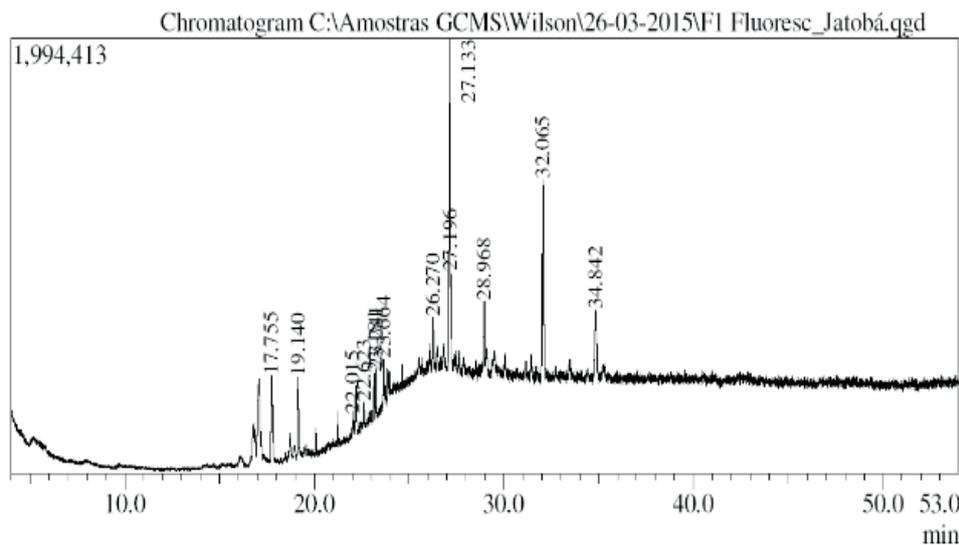


**Figura 3** - Cromatograma obtido por CLAE do extrato hidroalcoólico das cascas de *H. courbaril*.

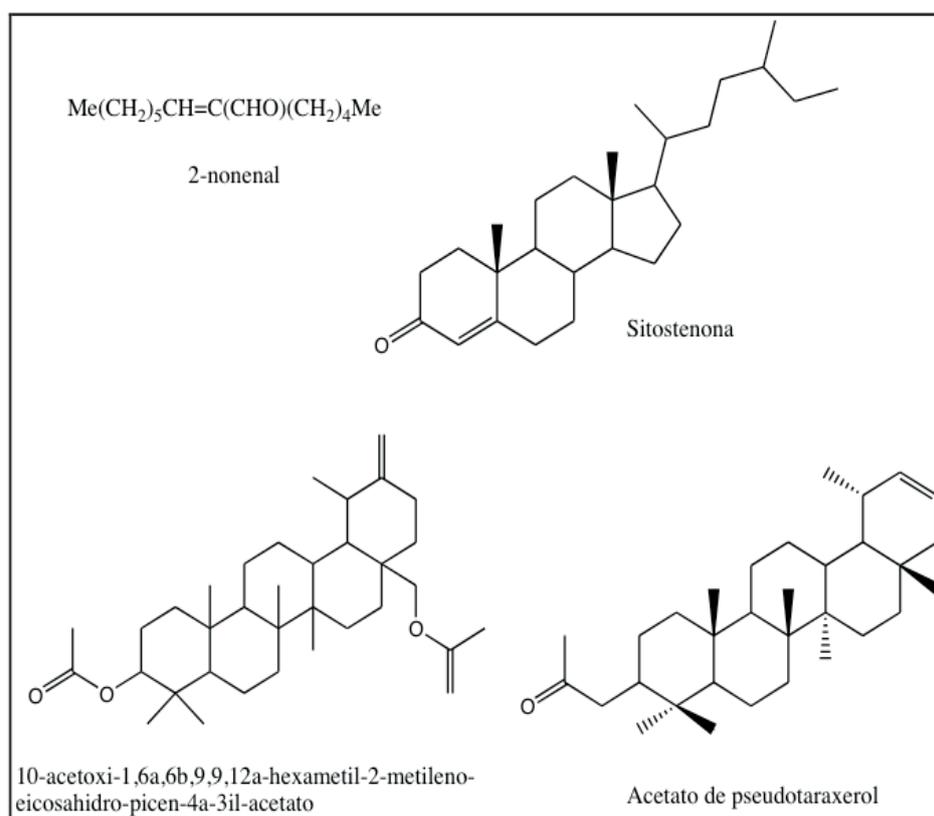
#### 4.1.2 Resultado da análise através de CG-EM da fração PIHC-1

Através de CG-EM (Figura 4) foi possível estabelecer a provável constituição majoritária da fração PIHC-1, isolada do extrato hidroalcoólico da polpa de *H. courbaril*.

Selecionando apenas os picos com porcentagem de área acima de 10%, foi possível identificar quatro destes picos: *2-nonenal* ( $t_R=17,75$  min.; 10,99%; IS=80), *Sitostenona* ( $t_R =27,13$  min.; 25,16%; IS=90), *10-acetoxi-1,6a,6b,9,9,12a-hexametil-2-metileno-eicosahidro-picen-4a-3ilacetato* ( $t_R=32,06$  min.; 23,01%; IS=85), *Acetato pseudotaraxasterol* ( $t_R =34,84$  min.; 11,99%; IS=80). Na Figura 5 estão representadas as estruturas químicas das substâncias majoritárias da fração PIHC-1. Nesse trabalho, é descrito pela primeira vez a presença da sitostenona na polpa dessa espécie.



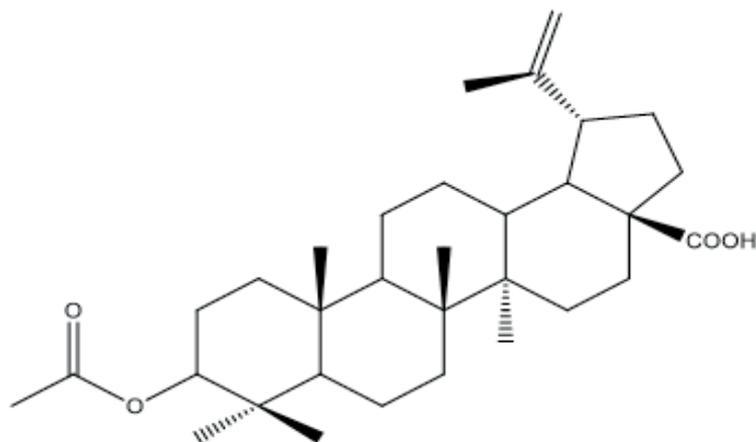
**Figura 4** - Cromatograma obtido por cromatografia gasosa da fração PIHC-1.



**Figura 5** - Estruturas químicas das substâncias majoritárias da fração PIHC-1.

#### 4.1.3 Identificação da fração PIHC-2

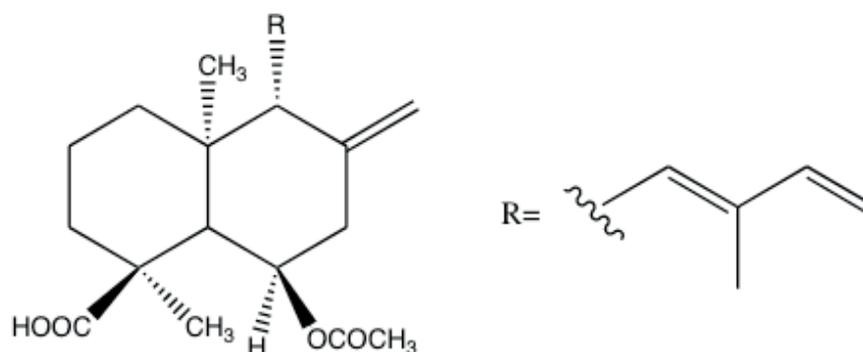
A fração PIHC-2, isolada do extrato hidroalcoólico da polpa de *H. courbaril* através de placas preparativas. A análise dos dados obtidos dos espectros de RMN-<sup>1</sup>H e RMN-<sup>13</sup>C possibilitou a identificação deste como acetato do ácido betulínico, conforme Figura 6 (KUNDU *et al.*, 1989).



**Figura 6** - Estrutura química do acetato do ácido betulínico

#### 4.1.4 Identificação da substância F3A

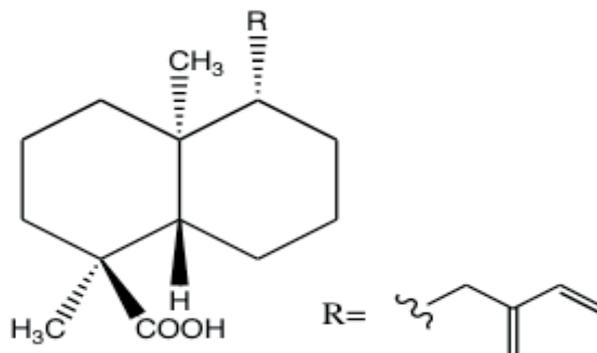
A substância F3A apresenta-se como um sólido amorfo e foi isolada do extrato das cascas de *H. courbaril*. A análise dos dados obtidos dos espectros de RMN-<sup>1</sup>H e RMN-<sup>13</sup>C possibilitou a identificação desta como sendo o ácido zanzibárico, Figura 7 (IMAMURA *et al.*, 2004).



**Figura 7** - Estrutura química do ácido zanzibárico.

#### 4.1.5 Identificação da substância F-1B-3

A substância F-1B-3 foi isolada através de CLAE preparativa do extrato das cascas de *H. courbaril*. A análise dos dados obtidos dos espectros de RMN-<sup>1</sup>H e RMN-<sup>13</sup>C possibilitou a identificação desta como sendo o ácido isoóxico, conforme Figura 8 (KHOO *et al.*, 1973).



**Figura 8** - Estrutura química do ácido isoóxico

Os diterpenos ácido zanzibárico e ácido isoóxico e o triterpeno acetato do ácido betulínico isolados das cascas dos frutos de *H. courbaril*, assim como o acetato pseudotaraxasterol e a substância 10-acetoxi-1,6a,6b,9,9,12a-hexametil-2-metileno-eicosahidro-picen-4a-3il-acetato isoladas da polpa, confirmaram a composição majoritária em terpenos encontrada no levantamento bibliográfico (JAYAPRAKASAM *et al.*, 2007).

## 4.2 Parte biológica

### 4.2.1 Resultados da avaliação *in vitro* da atividade tripanocida

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da avaliação da atividade tripanocida *in vitro* dos extratos da casca e da parte interna (polpa) obtidos de *H. courbaril*. Os resultados evidenciam que o extrato da polpa foi o mais ativo frente às formas tripomastigostas de *T. cruzi* apresentando uma  $IC_{50}$  de 64,4  $\mu\text{g/mL}$ . Ambos os extratos apresentaram efeito dose-resposta. Na literatura não se encontram relatos de estudos da atividade tripanocida da polpa e da casca do *H. courbaril*.

Amostra	% de lise $\pm$ D.P./ concentração ( $\mu\text{g/mL}$ )					
	200	100	50	25	12,5	$CI_{50}$
<b>Casca</b>	61,8 $\pm$ 3,1	42,3 $\pm$ 3,1	30,5 $\pm$ 5,2	28,4 $\pm$ 3,1	18,7 $\pm$ 5,5	126,4
<b>Polpa</b>	78,4 $\pm$ 3,1	70,1 $\pm$ 3,1	39,5 $\pm$ 4,1	21,5 $\pm$ 1,2	5,5 $\pm$ 2,2	64,4

**Tabela 3** - Atividade tripanocida *in vitro* dos extratos hidroalcoólicos obtidos da casca e polpa farinácea de *H. courbaril* frente à cepa Y de *Trypanosoma cruzi*. Controle Positivo: Benzonidazol ( $IC_{50}$  = 9,8  $\mu\text{g/mL}$ ).

Na Tabela 4 são apresentados os resultados da avaliação da atividade tripanocida *in vitro* das substâncias majoritárias isoladas da *H. courbaril*. Nota-se que os melhores resultados foram obtidos para a substância PIHC-2 (acetato do ácido betulínico) isolado da polpa de *H. courbaril* ( $CI_{50}$  = 15,67).

Amostras	% de lise $\pm$ D.P./ concentração ( $\mu$ M)					
	200	100	50	25	12,5	CI <sub>50</sub>
PIHC-1	22,3 $\pm$ 6,4	14,5 $\pm$ 5,9	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	>200*
PIHC-2	88,1 $\pm$ 6,7	78,8 $\pm$ 5,5	81,7 $\pm$ 5,2	69,3 $\pm$ 7,1	62,1 $\pm$ 2,8	15,67
F3A	68,5 $\pm$ 2,8	73,3 $\pm$ 1,6	41,9 $\pm$ 1,6	34,2 $\pm$ 2,8	22,8 $\pm$ 2,8	54,8
F-1B-3	95,2 $\pm$ 3,2	50,4 $\pm$ 4,3	40,0 $\pm$ 2,8	31,4 $\pm$ 2,7	17,1 $\pm$ 2,8	61,7

**Tabela 4** - Atividade tripanocida *in vitro* das amostras obtidas da casca e polpa farinácea de *H. courbaril* frente à cepa Y de *Trypanosoma cruzi*. \*Controle Positivo: Benzonidazol (CI<sub>50</sub> = 9,8  $\mu$ g/mL) – PIHC1 em  $\mu$ g/mL. Controle Positivo: Benzonidazol (CI<sub>50</sub> = 29,4  $\mu$ M) – PIHC2, F3A e F-1B-3 em  $\mu$ M.

Estudos anteriores com o ácido betulínico relataram uma atividade tripanocida moderada (DOMÍNGUEZ-CARMONA et al., 2010). Assim, o acetato de ácido betulínico, com uma estrutura química semelhante a do ácido betulínico, pode ter relação com a boa atividade apresentada pelo extrato da parte interna do jatobá.

## 5 | CONCLUSÕES

Os resultados da avaliação da atividade tripanocida evidenciam que o extrato da polpa de *H. courbaril* foi o mais ativo frente às formas tripomastigostas de *T. cruzi*. Com relação às substâncias isoladas, o resultado mais promissor quanto à atividade tripanocida foi obtido pela substância PIHC-2 (acetato do ácido betulínico). Assim, esta substância pode estar relacionada com a boa atividade apresentada pelo extrato de onde foi isolada.

## REFERÊNCIAS

- BERN, C. **Chagas Disease**. *The new england journal of medicine*; vol. 373, p. 456-66, 2015.
- BEZERRA, G. P.; GÓIS, R. W. da S. Brito, T. S. de; LIMA, F. J. B. de; BANDEIRA, M. A. M.; ROMERO, N. R.; MAGALHÃES, P. J. C.; SANTIAGO, G. M. P. Phytochemical study guided by the myorelaxant activity of the crude extract, fractions and onstituent from stem bark of *Hymenaea courbaril* L. *Journal of Ethnopharmacology*. vol. 149, p. 62–69, 2013.
- CARTAXO S. L.; SOUZA M. M. A.; ALBUQUERQUE U. P. Medicinal plants with bioprospecting potential used in semi-arid Northeastern Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*. vol. 131, p. 326–342, 2010.
- DIAS, L. C.; DESSOY, M. A.; SILVA, J.; SILVA, J. N.; THIEMANN, O. H.; OLIVA, G.; ANDRICOPULO, A. D. **Quimioterapia da Doença de Chagas: Estado da Arte e Perspectivas no Desenvolvimento de novos Fármacos**. *Química Nova*. vol. 32, No. 9, p. 2444-2457, 2009.
- DOMÍNGUEZ-CARMONA, D. B.; ESCALANTE-EROSA, F.; GARCÍA-SOSA, K.; G. RUIZ-PINELL, D.; GUTIERREZ-YAPU, M. J.; CHANBACAB, A.; GIMÉNEZ, T.; PEÑA-RODRÍGUEZ, L. M. **“Antiprotozoal Activity of Betulinic Acid Derivatives,”** *Phytomedicine*, Vol. 17, p. 379-382, 2010.
- FELICIANGELI, M. D; CAMPBELL-LENDRUM, D.; MARTINEZ, C.; GONZALEZ. D.; COLEMAN, P.; DAVIES, C. **C. disease control in Venezuela: lessons for the Andean region and beyond**. *Trends in Parasitology*. Vol. 19, p. 44-9, 2003.

- HOTEZ, P. A New Voice for the Poor. Neglected Tropical Disiases. vol. 1, pag.1, 2007.
- IMAMURA, P. M.; MIRANDA, P. C. M. L.; GIACOMINI, R. A. **A complete 1H and 13C NMR data assignment for the diterpene methyl(-)-zanzibarate by 2D spectroscopy and NOE experiments.** Magnetic Resonance in Chemistry. vol. 42, p.561-563, 2014
- JAYAPRAKASAM, B.; ALEXANDER LINO, R. L.; DEWITT, D. L.; NAIR; G. Terpenoids from Stinking toe (*Hymenaea courbaril*) fruits with cyclooxygenase and lipid peroxidation inhibitory activities. Food Chemistry. vol 105, p.485-490, 2007.
- KOO, S. F.; OEHLISCHLAGER, A. C., OURISSON, G. **Structure and stereochemistry of the diterpenes of *Hymenaea courbaril* (Caesalpinioideae) seed pood resin.** Tetrahedron. vol. 29, p.3379-3388, 1973.
- KUNDU, A. B.; BARIK, B. R.; MONDAL, D. N.; DEY, A. K.; BANERJI, A. Zizyberanolic acid, a pentacyclic triterpenoid of *Zyzyphus jujube*. Phytochemistry. vol. 28, p.3155-3158, 1989.
- LIMA, D. U; OLIVEIRA, R. C; BUCKERIDGE, M. S. Seed storage hemicelluloses as wet-end additives in papermaking. *Carbohydrate Polymers*. vol. 52, p.367-373, 2003.
- MAGALHÃES, J. L. de; BOECHAT, N.; ANTUNES, A. M. de S. Internalização de farmoquímicos e medicamentos para doenças tropicais negligenciadas: proposta de interação entre Governo - Universidade – Empresa. *Química Nova*. vol. 35, 2012.
- MARSAIOLI, J. A.; FILHO, L. F. H.; CAMPELLO, P. J. Diterpenes in the Bark of *Hymenaea coubaril*. *Phytochemistry*; vol.14; p. 1882-1883, 1975.
- MELO, G. G. A.; MENDES, S. M. A. Jatobá - *Hymenaea courbaril* L.. Informativo Técnico Rede de Sementes Amazônia. nº 9, 2005.
- MONTANARI, C. A.; BOLZANI, V. S. Drug design based on natural products. *Química Nova*, vol. 24, p. 105-111, 2001.
- NOGUEIRA, R. T.; GIACOMINI, R. A.; SHEPHERD, G. J.; IMAMURA, P. M. A new entclerodane diterpene from *Hymenaea courbaril* var. *altissima*. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, vol.13, p.389–391, 2002.
- OLIVEIRA, S. J.; MACHADO C. K.; FREITAS M. R. **Natural products applied a neglected diseases: technological forecasting.** *Revista Geintec*. vol. 4, p. 729-734, 2014.
- PONTES, V. M. O.; SOUZA, J. A. S.; CRUZ, F. M. T.; COELHO, L. L.; DIAS, A. T. N.; COÊLHOS, I. C. B.; OLIVEIRA, M. F. **Reações adversas em pacientes com doença de Chagas tratados com benzonidazol, no Estado do Ceará.** *Revista Brasileira de Medicina Tropical*. v. 43, p. 182-187, 2010.
- RASSI, A. JR.; RASSI, A.; MARIN-NETO. J. A. **Chagas disease.** *The Lancet*. vol. 375, p. 1388-1402, 2010.
- TINE, M. A.; CORTELAZZO. A. L.; BUCKERIDGE. M. S. Xyloglucan mobilisation in cotyledons of developing plantlets of *Hymenaea courbaril* L. (*Leguminosae-Caesalpinioideae*). *Plant Science*. vol. 154, p.117-126, 2000.
- TOLEDO, A. C. O.; HIRATA, L. L.; CRUZ, M; BUFFON, M.; MIGUEL, M. D., MIGUEL, O. G. Fitoterápicos: uma abordagem farmacotécnica. *Revista Lecta*. vol. 21, p. 7-13, 2003.
- VIEGAS, JR. C.; BOLZANI, V. S.; BARREIRO, E. J. Os produtos naturais e a química medicinal

moderna. Química Nova, v. 29, p. 326-337, 2006.

WHO - World Health Organization. **Working to overcome the global impact of neglected tropical diseases - First WHO report on neglected tropical diseases**. WHO Press: Geneva, October, 2010.

WHO - World Health Organization. **Neglected Diseases**. Disponível em: [http://www.who.int/neglected\\_diseases/diseases/en/](http://www.who.int/neglected_diseases/diseases/en/). Acesso em: 19/01/2016.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Júlio César Ribeiro** - Engenheiro-Agrônomo formado pela Universidade de Taubaté - SP (UNITAU); Técnico Agrícola pela Fundação Roge - MG; Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF); Doutor em Agronomia - Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Pós-Doutorado no Laboratório de Estudos das Relações Solo-Planta do Departamento de Solos da UFRRJ. Possui experiência na área de Agronomia (Ciência do Solo), com ênfase em ciclagem de nutrientes, nutrição mineral de plantas, fertilidade, química e poluição do solo, manejo e conservação do solo, e tecnologia ambiental voltada para o aproveitamento de resíduos da indústria de energia na agricultura. E-mail para contato: jcragronomo@gmail.com

**Carlos Antônio dos Santos** - Engenheiro-Agrônomo formado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica - RJ; Especialista em Educação Profissional e Tecnológica pela Faculdade de Educação São Luís, Jaboticabal-SP; Mestre em Fitotecnia pela UFRRJ. Atualmente é Doutorando em Fitotecnia na mesma instituição e desenvolve trabalhos com ênfase nos seguintes temas: Produção Vegetal, Horticultura, Manejo de Doenças de Hortaliças. E-mail para contato: carlosantoniokds@gmail.com

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Açúcares 25, 26, 28, 34, 81, 82, 83, 84, 85, 87

Agricultura de precisão 7, 167

Água residuária 10, 11, 20

AHP 145, 146, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Algaroba 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88

Amostragem em suspensão 24, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33

Análise 1, 2, 3, 6, 10, 16, 17, 19, 22, 23, 24, 27, 32, 33, 37, 38, 39, 42, 47, 48, 49, 50, 51, 57, 58, 60, 61, 65, 66, 67, 70, 82, 95, 96, 99, 101, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 116, 117, 119, 127, 138, 140, 144, 157, 163, 165, 170, 171, 172, 179, 180, 183, 184, 190, 194, 196, 197, 198, 199, 206, 207, 211, 219, 221, 226, 227, 231, 242, 246

Análise envoltória de dados 58, 60, 67

Análise funcional 226, 227, 242

Artocarpus altilis 89, 90, 91, 92, 94, 96, 97, 99, 100

Atividade antiparasitária 102

Avanços 78, 123, 202, 213

### B

Bitcoin 222, 223, 224, 225

### C

Canteiros de obras 145, 146, 155, 156

Celulose 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 126

Chuva 36, 37, 38, 39, 41, 42, 45, 47, 76

Ciclo educacional 179, 183

Ciclo vegetativo 7, 49, 53, 55, 56

Códigos linguísticos 189

Commodities 58, 59

Construção civil vertical 145

Curso agrotécnico 189

### E

Educação 9, 68, 69, 79, 89, 158, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 197, 201, 202, 203, 209, 210, 211, 212, 213, 221, 245, 263, 265

Ensino 67, 92, 179, 180, 182, 183, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 243, 245, 252, 255, 256, 263

Ensino de ciências 189, 200, 201, 209, 211, 212, 214, 215, 217, 218, 219, 220, 221, 252

Espaço não formal 199, 201, 209, 210

Espaços métricos 226, 227, 228, 231, 232, 236, 242  
Evapotranspiração 16, 37, 49, 51, 52, 53, 55, 56, 169

## F

F AAS 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 35  
Fitoquímica 90, 99, 100  
Fósforo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14

## G

Geoestatística 167, 171  
Gerenciamento de RCC 145, 146, 147, 148, 151, 154, 155  
Gráficos 117, 119, 254, 255, 256, 263

## H

Hymenaea courbaril 101, 102, 104, 105, 112, 113

## I

Imagens 135, 136, 137, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 176, 177, 217, 242, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261  
Índices de vegetação 167, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 175, 176  
Indústria de papel 68, 70, 75  
Indústria têxtil 68, 70, 75, 79  
Investimento 179, 180, 183, 184, 185, 222

## L

Leap-Frog 158, 159, 160  
Lei de Hooke 243, 245, 246, 247, 248, 251, 252  
Letramento científico 199, 203, 209, 210

## M

Medição 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 160, 161  
Melado de cana 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 84  
Metais 3, 9, 12, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 126, 176  
Meteorologia 36, 37, 39, 53  
Micro-ondas 26, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129  
Moda sustentável 68, 79  
Modelos hiperbólicos 222, 223, 225  
Moraceae 89, 90, 91, 100

## N

Não-linearidade 243, 251  
Nivelamento 74, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165  
Nutrição de plantas 1

## O

Oportunidade 179, 180, 182, 185, 186, 191, 256

## P

Papel 2, 58, 59, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 128, 192, 206, 213, 216, 227, 231, 246, 249

Parâmetros 24, 27, 28, 30, 33, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 115, 116, 119, 137, 160, 163, 168, 174, 175, 177, 191, 222, 223, 224, 255, 263

Perímetro irrigado 1, 3, 8

Petróleo 1, 9, 10, 11, 13, 22, 23

Prosopis 81, 82, 87, 88

## Q

Química verde 33, 123, 128

## R

Recuperação 11, 132, 133, 134, 137, 138, 139, 140, 143, 144

Regressão polinomial 243, 246, 251

Renda 49, 81, 179, 180, 181, 182, 184, 185, 186

Resíduos sólidos 68, 71, 76, 77, 80, 146, 147, 148, 155, 156

Restauração 132, 133, 134, 137, 138, 139, 143, 244, 245

Reuso 10, 22, 71, 72, 80, 132, 133, 137, 138, 140, 141, 142, 143

## S

Saneantes 115, 117, 118, 121

Sequências de Cauchy 226

Simbiose industrial 68, 70, 71, 77, 78

Síntese 90, 104, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 220

## T

Topografia 138, 139, 143, 158, 159, 165

Trading 222, 223

Trypanosoma cruzi 101, 102, 103, 111, 112

## V

Validação de métodos 24, 34

Variáveis 22, 38, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 117, 175, 178, 179, 181, 182, 183, 185, 186, 194, 204, 211, 222, 224, 254, 256

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-680-5

