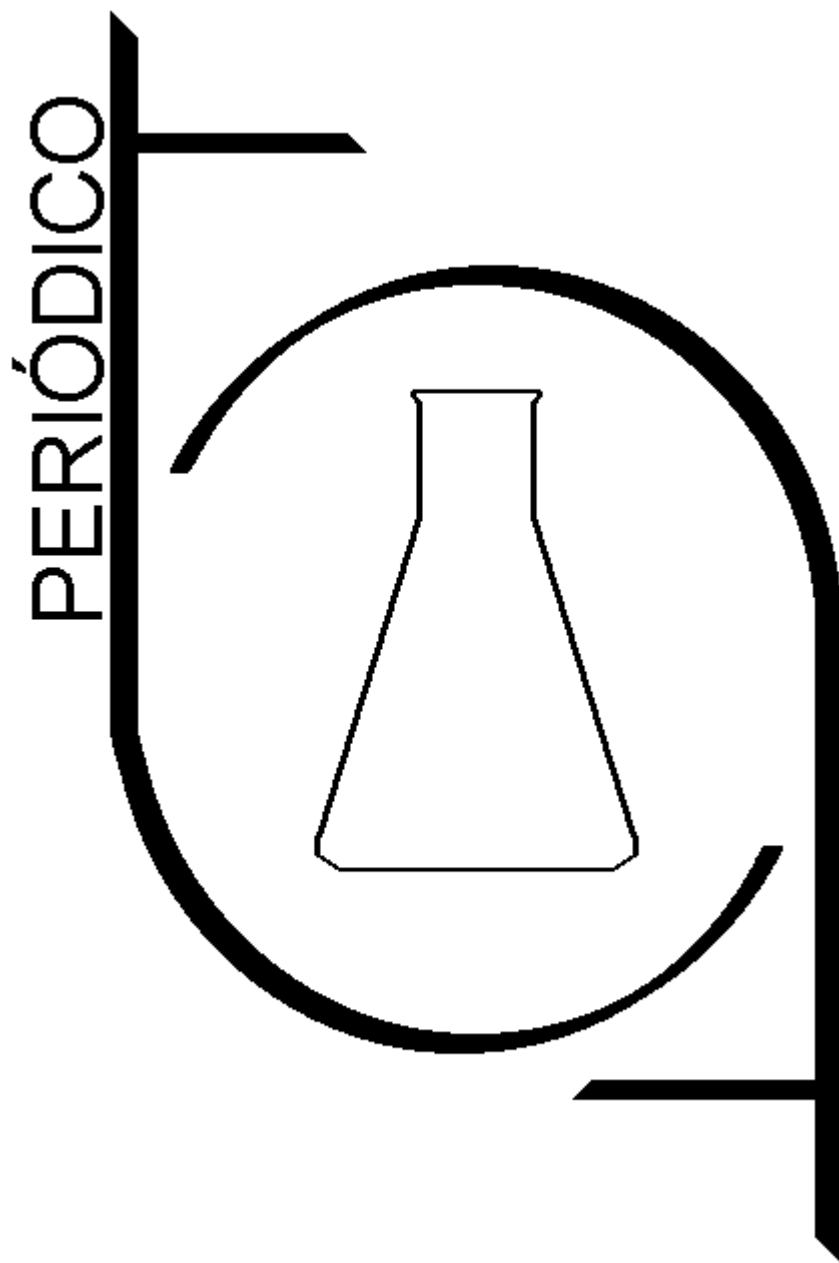


# Tchê Química

Volume 13 - Número 25 - 2016 ISSN 2179-0302



**Órgão de divulgação científica e informativa**

**[www.periodico.tchequimica.com](http://www.periodico.tchequimica.com)**

# PERIÓDICO

# Tchê Química

Volume 13

Número 25 – 2016

ISSN 2179 - 0302

Órgão de divulgação científica e informativa.

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Periódico Tchê Química: órgão de divulgação científica e informativa [recurso eletrônico] / Grupo Tchê Química – Vol. 1, n. 1 (Jan. 2004)- . – Porto Alegre: Grupo Tchê Química, 2005 - Semestral.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web:

<<http://www.tchequimica.com>>

Descrição baseada em: Vol. 5, n. 10 (ago. 2008).

ISSN 1806-0374

ISSN 1806-9827 (CD-ROM)

1. Química. I. Grupo Tchê Química.

CDD 540

## Bibliotecário Responsável

Ednei de Freitas Silveira

CRB 10/1262



# PERIÓDICO Tchê Química

Volume 13

Número 25 – 2016

ISSN 2179 - 0302

Órgão de divulgação científica e informativa.

## Comissão Editorial

### Editores-chefe

- Dr. Luis Alcides Brandini De Boni, [deboni@tchequimica.com](mailto:deboni@tchequimica.com)
- Dr. Eduardo Goldani, [goldani@tchequimica.com](mailto:goldani@tchequimica.com)

### Editores técnicos

- Ednei de Freitas Silveira  
– *Bibliotecário Responsável*
- Dr. Francisco José Santos Lima, [lima@tchequimica.com](mailto:lima@tchequimica.com), Brasil, UFRN.
- Dr. Carlos Eduardo Cardoso, [cardoso@tchequimica.com](mailto:cardoso@tchequimica.com), Brasil, USS.
- Dr. Sérgio Machado Corrêa, [correa@tchequimica.com](mailto:correa@tchequimica.com), Brasil, UERJ.

## Corpo Editorial

### Membros

- Lavinel G. Ionescu, Dr., [lavinel@tchequimica.com](mailto:lavinel@tchequimica.com), Brasil, RS.
- Monica Regina da Costa Marques, Dr., [aguiar@tchequimica.com](mailto:aguiar@tchequimica.com), Brasil, UERJ.
- Márcio von Mühlen, Dr., [vonmuhlen@tchequimica.com](mailto:vonmuhlen@tchequimica.com), EUA, MIT.
- Élcio Jeronimo de Oliveira, Dr., [elcio@tchequimica.com](mailto:elcio@tchequimica.com), Brasil, CTA.

- José Carlos Oliveira Santos, Dr., [zecarlosufcg@tchequimica.com](mailto:zecarlosufcg@tchequimica.com), Brasil, UFCG.
- Alcides Wagner Serpa Guarino, Dr., [guarino@tchequimica.com](mailto:guarino@tchequimica.com), Brasil, UNIRIO.
- Roseli Fernandes Gennari, Dr., [gennari@tchequimica.com](mailto:gennari@tchequimica.com), Brasil, USP.
- Lívio César Cunha Nunes, Dr., [nunes@tchequimica.com](mailto:nunes@tchequimica.com), Brasil, UFPI.
- Denise Alves Fungaro, Dr., [fungaro@tchequimica.com](mailto:fungaro@tchequimica.com), Brasil, IPEN.
- Murilo Sérgio da Silva Julião, Dr., [juliao@tchequimica.com](mailto:juliao@tchequimica.com), Brasil, UVA.
- Amit Chaudhry, Dr., [chaudhry@tchequimica.com](mailto:chaudhry@tchequimica.com), Índia, Panjab University.
- Hugo David Chirinos Collantes, Dr., [chirinos@tchequimica.com](mailto:chirinos@tchequimica.com), Peru, UNI.
- Carlos E. de Medeiros J., Dr., [jeronimo@tchequimica.com](mailto:jeronimo@tchequimica.com), Brasil, PETROBRAS.
- Walter José Peláez, Dr., [pelaez@tchequimica.com](mailto:pelaez@tchequimica.com), Argentina, UNC.
- Rodrigo Brambilla, Dr., [brambilla@tchequimica.com](mailto:brambilla@tchequimica.com), Brasil, UFRGS.
- Joan Josep Solaz-Portolés, Dr., [solaz@tchequimica.com](mailto:solaz@tchequimica.com), Espanha, UV.
- Aline Maria dos Santos Teixeira, Me., [santos@tchequimica.com](mailto:santos@tchequimica.com), Brasil, UFRJ.

- César Luiz da Silva Guimarães, Me., [guimaraes@tchequimica.com](mailto:guimaraes@tchequimica.com), Brasil, IBAMA.
- Daniel Ricardo Arsand, Dr., [arsand@tchequimica.com](mailto:arsand@tchequimica.com), Brasil, IFFarropilha.
- José Euzébio Simões Neto, Dr., [simoes@tchequimica.com](mailto:simoes@tchequimica.com), Brasil, UFRPE.
- Paulo Sérgio Souza, Me., [souza@tchequimica.com](mailto:souza@tchequimica.com), Brasil, MD.
- Moisés Rômolos Cesário, Me., [romolos@tchequimica.com](mailto:romolos@tchequimica.com), Brasil, UFRN.
- Danyelle Medeiros de Araújo Moura, Me., [moura@tchequimica.com](mailto:moura@tchequimica.com), Brasil, UFRN.
- Gabriel Rubensam, Me., [grubensam@tchequimica.com](mailto:grubensam@tchequimica.com), Brasil, UFRGS.
- Masurquede de Azevedo Coimbra, Me., [coimbra@tchequimica.com](mailto:coimbra@tchequimica.com), Brasil, Exército Brasileiro.
- Oana-Maria Popa, Me., [popa@tchequimica.com](mailto:popa@tchequimica.com), IPN, Romênia.

#### **Periódico Tchê Química**

ISSN - 1806-0374 (Print)

ISSN - 1806-9827 (CD-ROM)

ISSN - 2179-0302 (Online)

Divulgação *on-line* em

<http://www.periodico.tchequimica.com>

<http://www.journal.tchequimica.com>

<http://www.tchequimica.com>

Esta revista é indexada e resumida pelo [CAS](#), [DOAJ](#), [EBSCO](#), [Latindex](#), [Sumários](#) e [Scopus](#).

\* CAS (*Chemical Abstracts Service, a division of the American Chemical Society.*)

\* DOAJ (*Directory of Open Access Journals*)

#### **Missão**

O Periódico Tchê Química (PTQ) publica artigos de pesquisa originais, artigos de revisão, notas curtas (publicações científicas), revisões de livros, artigos de fórum, editoriais e entrevistas. Pesquisadores de todos os países são convidados a publicar nas páginas do PTQ.

A responsabilidade sobre os artigos é de exclusividade dos autores.

#### **Correspondências**

Rua Anita Garibaldi, 359/603.

Bairro Mon't Serrat. CEP: 90450-001

Porto Alegre – RS. Brasil.

Skype: tchequimica

[www.periodico.tchequimica.com](http://www.periodico.tchequimica.com)

[tchequimica@tchequimica.com](mailto:tchequimica@tchequimica.com)

# Índice

Agenda - 89

Instruções para publicação / Instructions for publications - 90

Notas rápidas/Short reports – 90

## Artigo / Article

GRASEL, Fábio dos Santos; FONTOURA, Luiz Antonio Mazzini

## PUCRS

**ESTUDO COMPUTACIONAL DOS EFEITOS ELETRÔNICOS NA BARREIRA ROTACIONAL DA LIGAÇÃO N-CO DE N-ARILCARBAMATOS**

COMPUTACIONAL STUDY OF THE ELECTRONIC EFFECTS IN ROTATIONAL BARRIER OF THE N-ARILCARBAMATOS N-CO BOND

Página – 7

## Artigo / Article

DE OLIVEIRA, Matheus José Cunha; QUIRINO, Max Rocha; DE ARAÚJO, Magna Silmara Oliveira; MELO, Oscar Borges; GAMA, Lucianna.

## UFCG/UEPB

**INFLUÊNCIA DO AGENTE ALCALINIZANTE NA SÍNTESE E PROPRIEDADES DO CATALISADOR CeO<sub>2</sub>**

ALKALIZING AGENT INFLUENCE ON THE CeO<sub>2</sub> CATALYST SYNTHESIS AND PROPERTIES

Página – 23

## Artigo / Article

RAIZER NETO, Ernesto; PRADO, Júlio Dias do; MARCELINO, Marlon Leal; VIEIRA, Glicia Gabriela;

## UNISOCIESC

**ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO UNIFAMILIAR**

SEWAGE TREATMENT PLANT SINGLE FAMILY

Página – 37

## Artigo / Article

FABRICIO, Daniel Antonio Kapper; TREVISAN, Lisiane; STROHAECKER, Telmo Roberto;

## UFRGS/IFRS

**INCERTEZA DE MEDIÇÃO DO ENSAIO DE TENACIDADE À FRATURA KIC**

MEASUREMENT UNCERTAINTY OF FRACTURE TOUGHNESS KIC TEST

Página – 16

## Artigo / Article

MARANGON, Cristiane; RIZZATTI, Ivanise Maria; SOUZA, Juliane Marques de; SANTANA Jordânia Gabriela Aires; SCHVEITZRT, Bianca

## UERR

**TEOR DE CÁLCIO E FERRO EM PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS DA FAMÍLIA SOLANACEAE: UMA ANÁLISE COMPARATIVA**

IRON AND CALCIUM CONTENT OF EDIBLE PLANTS IN NON CONVENTIONAL FAMILY SOLANACEAE: A COMPARATIVE ANALYSIS

Página – 30

## Artigo / Article

PATRIOTA, Sara Nepomuceno; CERUTTI, Mikely Neres ; MULHOLLAND, Daniel Santos; MARQUES, Mônica Alencar ; SCHEIDT, Gessiel Newton

## UFT

**POTENCIAL DOS RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA NO DESENVOLVIMENTO DE ADSORVENTES DE METAIS PESADOS**

POTENTIAL WASTE OF AGRO-INDUSTRIAL IN DEVELOPING ADSORBENTS OF HEAVY METALS

Página – 42

**Artigo / Article**

CARLOS, Thayrine Dias; FRANCISCO, Welington; GUIMARÃES, Luiz Gustavo de Lima; .

**UFT/UFSJ**

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE COMPOSTOS FENÓLICOS PRESENTES NAS FOLHAS DE LIPPIA SIDOIDES CHAM**

*EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PHENOLIC COMPOUNDS PRESENT IN LIPPIA SIDOIDES CHAM LEAVES*

**Página – 52**

**Artigo / Article**

ANDRADE, Ana Maria Rodrigues; SILVA, Suzana Pedroza da; MORAIS, Carina Siqueira; SIMÕES NETO, José Euzebio.

**UFRPE**

**JÚRI SIMULADO COMO PROPOSTA PARA A ABORDAGEM DOS COMBUSTÍVEIS NO ENSINO FUNDAMENTAL**

*JURY SIMULATED AS PROPOSED FOR THE APPROACH OF FUELS IN ELEMENTARY EDUCATION*

**Página – 72**

**Artigo / Article**

FREITAS, Tasielle Lima; DA COSTA, Maria Aparecida; FREITAS, Fabricia Carla Ribeiro Mendes; OLIVEIRA, Tatiana de Fátima; MORAES, Lilian Marcolina; FIELD'S, Karla Amâncio Pinto; REZENDE, Gláucia Aparecida Andrade; SANTOS, Renato Gomes.

**IFG**

**COSMÉTICOS COMO TEMÁTICA PARA A ABORDAGEM DAS FUNÇÕES ORGÂNICAS NO ENSINO DE QUÍMICA**

*COSMETICS AS THEMATIC TO APPROACH ORGANIC FUNCTIONS IN CHEMISTRY TEACHING*

**Página – 61**

**Artigo / Article**

NUNES, Albino Oliveira; MEDEIROS, Lucas Oliveira de; NUNES, Albano Oliveira; SILVA, Allison Ruan de Moraes;

**IFRN/FVJ/UFERSA**

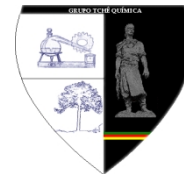
**DISCUTINDO AS ATITUDES E CRENÇAS SOBRE A QUÍMICA DE ESTUDANTES DO ENSINO TÉCNICO INTEGRADO EM ELETROTÉCNICA**

*DISCUSSING THE ATTITUDES AND BELIEFS ABOUT CHEMISTRY IN ELECTRO-TECHNICAL EDUCATION STUDENTS*

**Página – 82**



# ESTUDO COMPUTACIONAL DOS EFEITOS ELETRÔNICOS NA BARREIRA ROTACIONAL DA LIGAÇÃO N-CO DE N-ARILCARBAMATOS



## COMPUTACIONAL STUDY OF THE ELECTRONIC EFFECTS IN ROTATIONAL BARRIER OF THE N-ARILCARBAMATOS N-CO BOND

GRASEL, Fábio dos Santos<sup>1\*</sup>; FONTOURA, Luiz Antonio Mazzini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, Departamento de Química, Av Ipiranga, 6681, cep 90619-900, Porto Alegre – RS, Brasil

(fone: +55 51 3632 4055; fax: +55 51 3632 2863)

<sup>2</sup> Universidade Luterana do Brasil, Curso de Química, Rua Farroupilha, 8001, 92425-900 Canoas – RS, Brasil  
(fone: +55 51 3477 9163; fax: +55 51 3477 1313)

\* Autor correspondente  
e-mail: fsgrasel@gmail.com

Received 21 June 2015; received in revised form 03 December 2015; accepted 04 December 2015

### RESUMO

Amidas são alvos de estudo particularmente importantes uma vez que suas propriedades interessam a áreas que vão da bioquímica à ciência de materiais, basta observar que a ligação entre o nitrogênio e a carbonila que está presente em polipeptídeos naturais como as proteínas, e sintéticos, como as poliamidas. Amidas e derivados apresentam, em geral, duas geometrias de equilíbrio, resultado da barreira energética envolvida no processo rotacional da ligação entre o nitrogênio e a carbonila, sendo este influenciado por fatores eletrônicos e estéreos. Neste aspecto, amidas e carbamatos derivados da anilina são substratos particularmente interessantes, uma vez que efeitos eletrônicos e estéreos podem ser avaliados através de substituintes apropriados no anel ou no nitrogênio. Neste trabalho, o mecanismo rotacional da ligação entre o nitrogênio e da carbonila de *N*-arilcarbamatos foi estudado por modelagem molecular através do semi-empírico AM1 e do ab initio HF/6-31G\*. A análise conformacional forneceu duas geometrias de equilíbrio (E e Z) e duas conformações de máxima energia, tomadas como aproximações dos estados de transição ET<sub>syn</sub> e ET<sub>anti</sub>. O cálculo ab initio estima as barreiras na faixa entre 13 a 17 kcal.mol<sup>-1</sup>. Resultados semi-empíricos demonstraram uma relação de aproximadamente 40% do valor da barreira rotacional em relação aos ab initio.

**Palavras-chave:** *Carbamato, Ligação amídica, Equilíbrio conformacional.*

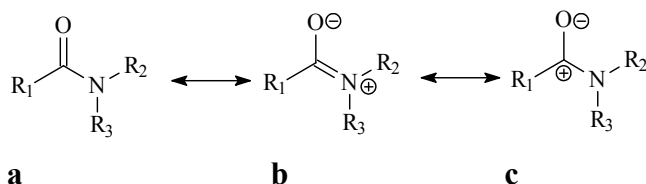
### ABSTRACT

Amides are the subject of many particularly important studies, as their properties are of interest to different areas, spanning from biochemistry to material sciences because this functional group is present, for instance, in both natural and artificial polymers such as proteins and polyamides. Amides and their derivatives show, frequently, two different equilibrium geometries, which result from an energetic barrier involved on the N-CO bond rotation. The rotational mechanism is influenced by electronic and steric effects. In this sense, amides and carbamates from aniline are particularly interesting substrates, since those effects can be evaluated through aryl or nitrogen substituents. In this work, the *N*-arylcarbamatates N-CO rotational mechanisms were studied by AM1 semi-empiric and HF/6-31G\* ab initio calculation. The conformational analysis showed, as expected, two equilibrium geometries and two maximum energies rotamers (transition states TS<sub>syn</sub> and TS<sub>anti</sub>). The rotational barriers were calculated by the energies differences between transition states and equilibrium geometries. Barriers were estimated at 13-17 kcal.mol<sup>-1</sup> by the HF/6-31G\* calculation. AM1 results, by the other side, are about 40 % from the ab initio ones.

**Keywords:** *Carbamate, Amidic bond, Conformational equilibrium.*

## INTRODUÇÃO

Amidas são alvos de estudo particularmente importantes uma vez que suas propriedades interessam a áreas que vão da bioquímica à ciência de materiais (Liang *et al.* 2016; Moreno *et al.* 2016; Sun *et al.* 2016). Basta observar que a ligação entre o nitrogênio e a carbonila está presente em polipeptídios naturais como as proteínas, e sintéticos, como as poliamidas (Avalos *et al.*, 2001; Montazer and Nia, 2015; 2. Smith *et al.*, 2004). Mizushima e colaboradores (1950) mostraram experimentalmente a existência de uma barreira rotacional entre a ligação nitrogênio e a carbonila da *N*-metilacetamida e a predominância da forma *trans*. Quando as amidas assumem suas geometrias de mais baixa energia, o nitrogênio e seus grupos são coplanares. A ligação entre o nitrogênio e a carbonila é mais curta do que nas aminas e sua rotação é lenta, o que tem sido atribuído ao caráter parcial de dupla ligação imposta pela ressonância do par de elétrons isolados do nitrogênio e a carbonila (Avalos *et al.*, 2001; Fischer, 2000; Fontoura *et al.*, 2002; Gálvez *et al.*, 2015; Lauvergnat e Hiberty, 1997) conforme apresentado no esquema 1.



**Esquema 1.** Estruturas de ressonância de amidas

O caráter parcial de dupla ligação faz surgirem duas geometrias de equilíbrio. Durante um processo de rotação da ligação entre o nitrogênio e a carbonila, um giro de aproximadamente 90° leva a conformações de máxima energia (Fischer, 2000; Fontoura *et al.*, 2002; Wiberg e Breneman, 1992), que correspondem aos estados de transição no processo de interconversão de uma geometria de equilíbrio na outra. Essas conformações de máxima energia são chamadas de  $ET_{syn}$  e  $ET_{anti}$ , nas quais o par de elétrons isolado do nitrogênio assume, respectivamente, orientação *syn* e *anti*-periplanar ao oxigênio da carbonila (Fontoura *et al.*, 2002).

Qualquer que seja o sentido da rotação observa-se a diminuição da ressonância, com passagem do nitrogênio trigonal-planar (hibridização  $sp^2$ ) das geometrias de equilíbrio para piramidal (hibridização  $sp^3$ ) nos estados de transição, além de um aumento do comprimento da ligação entre o nitrogênio e a carbonila, resultado de uma menor participação de sua forma canônica **b** (Fontoura *et al.*, 2002), (esquema 1).

Muitos experimentos e estudos teóricos da estereoquímica *cis* e *trans* da ligação amídica têm sido feitos (Gálvez *et al.*, 2015; Saito *et al.*, 1995). A estereoquímica desses compostos é muitas vezes crítica para a determinação de suas atividades biológicas, o que é de grande interesse na química medicinal (Saito *et al.*, 1995).

Recente desenvolvimento em pesquisa química destaca um crescimento no uso dos métodos computacionais no estudo de estruturas moleculares e reações químicas. O crescimento contínuo na exatidão dos resultados computacionais oferece novas oportunidades para calcular o papel de vários fatores moleculares na reatividade e estabilidade conformacional de grupos funcionais (Ilieva *et al.* 2002; Latelli *et al.* 2014; Ortega *et al.* 2015).

O equilíbrio conformacional da *N*-metilformamida e da *N*-metilacetamida encontra-se deslocado no sentido do conformero *Z*, o que pode ser explicado por fatores estéreos e pela interação de carga entre a carbonila e a metila ligada ao nitrogênio (Eliel e Wilen, 1994).

Wiberg e Breneman (1992) calcularam a barreira rotacional da formamida pelo método computacional MP2/6-31G\* (16,7 kcal.mol<sup>-1</sup>). Em trabalho posterior realizado por Gálvez *et al.* (2015) calcularam a barreira rotacional da formamida pelos métodos computacionais B3LYP/6-311++G(2d,2p), MP2/6-311++G(2d,2p) and CCSD(T)/6-311++G(2d,2p)//B3LYP/6-311++G(2d,2p), obtendo resultados de 18,20 a 18,69 kcal.mol<sup>-1</sup>. Estes resultados apresentaram boa concordância com os resultados experimentais (16,6 a 19 kcal.mol<sup>-1</sup>) (Taha *et al.*, 1998; Wiberg e Breneman, 1992).

Segundo Fisher (2000) substituintes ligados à carbonila ou ao nitrogênio de uma amida influenciam na energia da barreira rotacional. Um substituinte produz efeitos



diferentes conforme esteja ligado ao nitrogênio ou a carbonila. Fatores estéreos são mais significativos na contribuição da barreira rotacional, conforme o volume dos substituintes que estão ligados ao nitrogênio ou a carbonila.

Substituintes eletrodadores ligados à carbonila baixam o valor da barreira, pois estabilizam parcialmente este grupo que é eletronegativo, diminuindo assim a afinidade pelo par de elétrons isolados do nitrogênio. O efeito contrário pode ser notado quando um grupo eletrodador está ligado ao nitrogênio, pois este estabiliza a carga parcial positiva, deixando o par de elétrons isolados deste grupo ainda mais disponível para a ressonância.

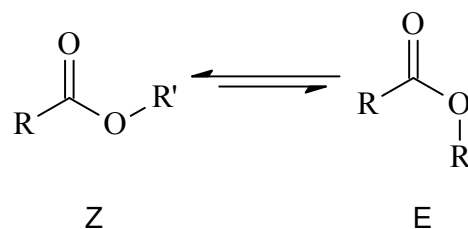
Saito e colaboradores (1995) estudaram por cálculos de orbital molecular *ab initio* (Hartree-Fock) a estabilidade de acetanilidas e *N*-metilacetanilidas, constatando que, no caso das primeiras, a forma *trans* é mais estável que a forma *cis* por 2,15 kcal.mol<sup>-1</sup>, enquanto que, nas últimas, a forma *cis* é mais estável que a *trans* por 3,50 kcal.mol<sup>-1</sup> no conjunto de bases 6-31G\*\*//4-31G. O autor utiliza a denominação *cis* e *trans* com respeito às posições relativas dos grupos alquila e arila. No caso da acetanilida os dois grupos mais volumosos (metil e fenil), assumem posição *trans*, tornando menor o impedimento espacial. Assim o anel mantém a planaridade com o nitrogênio, dando maior estabilidade por ressonância. Já no caso da *N*-metilacetanilida, os dois grupos metilas assumem posição *trans* e o anel aromático forma um ângulo de aproximadamente 90° com a ligação do nitrogênio com a carbonila, diminuindo dessa forma o impedimento espacial.

Em outro trabalho, Iliava e colaboradores (2002) afirmam baseados em resultados experimentais que a forma *trans* de amidas e uréias é normalmente a termodinamicamente mais estável. Resultados teóricos obtidos por TFD (teoria do funcional de densidade) em uma série de acetanilidas secundárias estudadas indicam uma diferença de 2,62 a 4,15 kcal.mol<sup>-1</sup> entre a forma *cis* e a forma *trans*, com energia mais baixa para os conformeros *trans* em todos os casos.

Carbamatos, apesar da variada atividade biológica, têm sido relativamente menos estudados do que as amidas. Como os carbamatos são compostos de função mista, amida e éster é interessante incluir este último na

discussão da análise conformacional (Fontoura *et al.*, 2002).

Assim como as amidas, os ésteres também possuem duas geometrias de equilíbrio E e Z, conforme apresentado no esquema 2.



**Esquema 2.** Equilíbrio conformacional de derivados de ácidos carboxílicos.

Souza e colaboradores (1996) em seus trabalhos de pesquisa constataram uma diferença de energia muito grande entre os conformeros E e Z, com deslocamento do equilíbrio no sentido deste último. Estes fatores podem ser explicados em termos de interações estéreas do grupo R com R', pois esta repulsão desestabiliza a conformação E, principalmente quando o grupo R' é um grupo volumoso (Pawar *et al.*, 1998). Outro fator considerável é a interação eletrostática entre o oxigênio da carbonila, rico em elétrons e o grupo R' que tem baixa densidade eletrônica (Fontoura *et al.*, 2002). Tornando assim a conformação E praticamente negligenciável a temperatura ambiente (Eliel e Wilen, 1994).

Os carbamatos, assim como as amidas e os ésteres, apresentam a estrutura nitrogênio, carbonila e oxigênio planar ou aproximadamente planar, com o nitrogênio *sp*<sup>2</sup>.

Souza *et al.* (1996) realizaram cálculos *ab initio* (HF/3-21G(\*)) para o *N,N*-dimetilcarbamato de metila evidenciando a estabilidade do conformero Z e sua completa planaridade, com geometria similar à determinada por Raio-X. O rotâmero E é desfavorecido devido à repulsão estérica entre os grupos metilas ligados ao nitrogênio e ao oxigênio. Observa-se que no caso do carbamato estudado por Souza *et al.* (1996) uma rotação de 180° da ligação entre o nitrogênio e a carbonila não altera a estrutura do composto. A rotação da ligação entre o oxigênio e a carbonila, por sua vez, faz surgirem os dois rotâmeros. Da mesma forma como ocorre nos ésteres, o equilíbrio encontra-se fortemente deslocado no sentido a geometria Z. Assim como nas amidas, os carbamatos, durante a rotação da

ligação entre o nitrogênio e a carbonila, também possuem dois estados de transição,  $ET_{syn}$  e  $ET_{anti}$ , sendo que neste caso a energia do primeiro é  $1,6 \text{ kcal.mol}^{-1}$  menor, de acordo com os cálculos realizados (MP2/3-21G(\*)//HF/6-31G\*) (Souza *et al.*, 1996). Segundo o autor, este último possui maior repulsão dos pares isolados do nitrogênio e do oxigênio  $\alpha$ -carbonílico, tornando-o, desta forma, mais instável que o primeiro. A barreira rotacional, para a rotação da ligação entre o nitrogênio e a carbonila foi estimada em  $16,1 \text{ kcal.mol}^{-1}$ .

Deetz *et al.*, (2002) estudaram por método experimental a diferença da barreira rotacional de amidas e carbamatos constatando que a barreira rotacional de *N*-alquilcarbamatos era normalmente em torno de  $16 \text{ kcal.mol}^{-1}$ , sendo cerca de  $1$  a  $4 \text{ kcal.mol}^{-1}$  mais baixo que as amidas estruturalmente relacionadas. No caso dos *N*-fenilcarbamatos a barreira rotacional é mais baixa, em torno de  $12,5 \text{ kcal.mol}^{-1}$ . Este efeito é atribuído à competição do anel com a carbonila pelo par de elétrons isolados do nitrogênio.

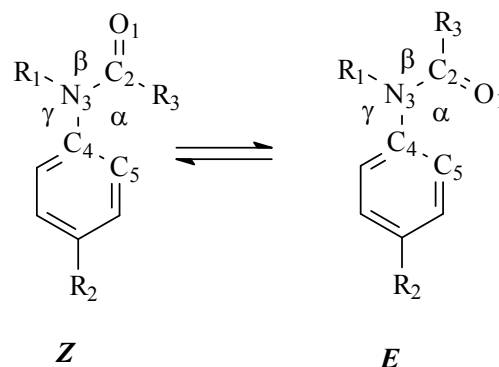
Neste trabalho, foram determinados de modo teórico, os valores das barreiras rotacionais de *N*-arilcarbamatos *para*-substituídos, bem como o efeito eletrônico dos grupos no anel aromático sobre o valor da barreira.

## METODOLOGIA

Realizaram-se otimizações de geometria para as conformações de diversos *N*-arilcarbamatos *para*-substituídos, conforme o Esquema 3, através de cálculo semi-empírico AM1 (Dewar *et al.*, 1985), utilizando o programa Pc Spartan Pro 1.0.5 (Wavefunction, 2000). Esses compostos foram otimizados para ângulos de diedro  $C_4-N_3-C_2-O_1$ , restritos de  $0$  a  $360^\circ$  com incrementos de  $10^\circ$ . Os dois conformeros mais estáveis foram obtidos através da otimização de geometria dos rotâmeros de menor energia, liberados de qualquer restrição.

Destes cálculos obtiveram-se os seguintes parâmetros de geometria: ângulo das ligações  $C_4-N_3-C_2$  (ângulo  $\alpha$ ),  $C_2-N_3-R_1$  (ângulo  $\beta$ ) e  $C_4-N_3-R_1$  (ângulo  $\gamma$ ); comprimentos das ligações  $O_1-C_2$ ,  $C_2-N_3$  e  $N_3-C_4$  e diedros  $O_1-C_2-N_3-C_4$  e

$C_5-C_4-N_3-C_2$ . Além dos parâmetros geométricos, buscou-se o calor de formação ( $\Delta H_f$ ).



- 1  $R_1 = H, R_2 = CH_3O, R_3 = t\text{-BuO}$
- 2  $R_1 = H, R_2 = CH_3, R_3 = t\text{-BuO}$
- 3  $R_1 = H, R_2 = H, R_3 = t\text{-BuO}$
- 4  $R_1 = H, R_2 = Cl, R_3 = t\text{-BuO}$
- 5  $R_1 = H, R_2 = NO_2, R_3 = t\text{-BuO}$
- 6  $R_1 = CH_3, R_2 = CH_3O, R_3 = t\text{-BuO}$
- 7  $R_1 = CH_3, R_2 = CH_3, R_3 = t\text{-BuO}$
- 8  $R_1 = CH_3, R_2 = H, R_3 = t\text{-BuO}$
- 9  $R_1 = CH_3, R_2 = Cl, R_3 = t\text{-BuO}$
- 10  $R_1 = CH_3, R_2 = NO_2, R_3 = t\text{-BuO}$
- 11  $R_1 = H, R_2 = CH_3O, R_3 = CH_3O$
- 12  $R_1 = H, R_2 = CH_3, R_3 = CH_3O$
- 13  $R_1 = H, R_2 = H, R_3 = CH_3O$
- 14  $R_1 = H, R_2 = Cl, R_3 = CH_3O$
- 15  $R_1 = H, R_2 = NO_2, R_3 = CH_3O$
- 16  $R_1 = CH_3, R_2 = CH_3O, R_3 = CH_3O$
- 17  $R_1 = CH_3, R_2 = CH_3, R_3 = CH_3O$
- 18  $R_1 = CH_3, R_2 = H, R_3 = CH_3O$
- 19  $R_1 = CH_3, R_2 = Cl, R_3 = CH_3O$
- 20  $R_1 = CH_3, R_2 = NO_2, R_3 = CH_3O$

**Esquema 3.** Equilíbrio conformacional de derivados de ácidos carboxílicos. Compostos estudados e seus ângulos de ligações  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ .

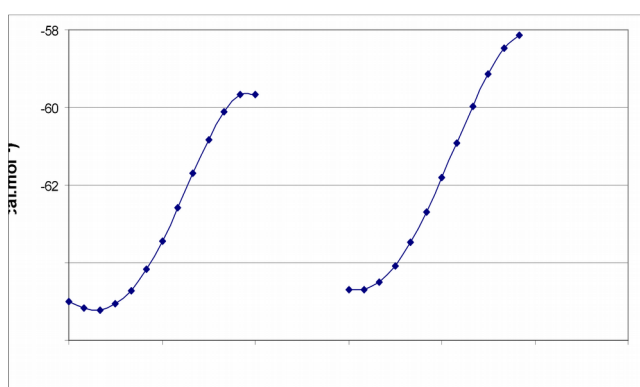
Após, os dados das estruturas mais estáveis (conformações de equilíbrio) e das mais instáveis (estados de transição) foram utilizados como dados de entrada, para cálculos *ab initio* Hartree-Fock no conjunto de base 6-31G\*. Em alguns casos foi observada a inversão de configuração do nitrogênio no estado de transição, nestas situações o diedro imediatamente anterior foi tomado como novo estado de transição.

As barreiras rotacionais foram estimadas através das diferenças de calores de formação (no método AM1) ou energia total da molécula (HF/6-31G\*) entre os estados de transição (considerados como as conformações de máxima energia encontradas durante a análise

conformacional) e as conformações de equilíbrio (rotâmeros de menor energia).

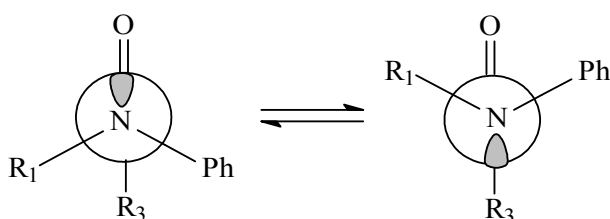
## RESULTADOS E DICUSSÃO

A Figura 1 apresenta a variação de energia do *N*-metil-*N*-(*p*-tolil)carbamato de *terc*-butila (8) à medida que ocorre o giro da ligação entre o nitrogênio e a carbonila. Conforme o esperado, a análise conformacional mostrou duas geometrias de máxima e duas de mínima energia. Este comportamento se reproduz para todos os demais compostos estudados.



**Figura 1.** Calor de formação ( $\text{kcal.mol}^{-1}$ ) x diedro (graus): valores obtidos para o *N*-metil-*N*-(*p*-tolil)carbamato de *terc*-butila (8), através de cálculo semi-empírico AM1 (PcSpartan Pro, versão 1.0.5).

A curva apresenta descontinuidade devido à inversão do nitrogênio nas proximidades dos estados de transição. A inversão do nitrogênio modifica a orientação do seu par isolado com relação à carbonila de *syn* para *anti*-periplanar em  $\text{ET}_{\text{syn}}$ , conforme Esquema 4, e o contrário em  $\text{ET}_{\text{anti}}$ . Por esta razão, estes pontos foram desprezados.

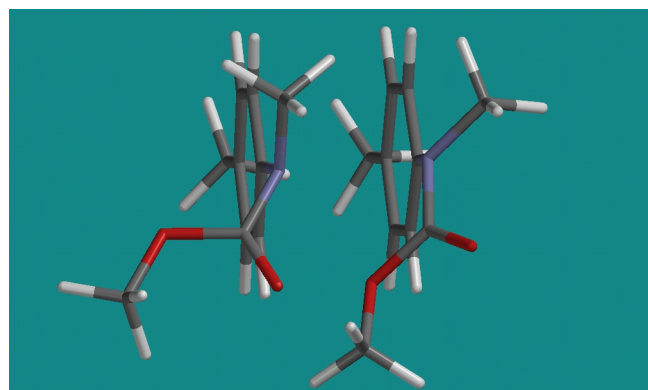


**Esquema 4.** Inversão de configuração do nitrogênio de *syn*-periplanar para *anti*-periplanar.

À esquerda da Figura 2, é apresentada a

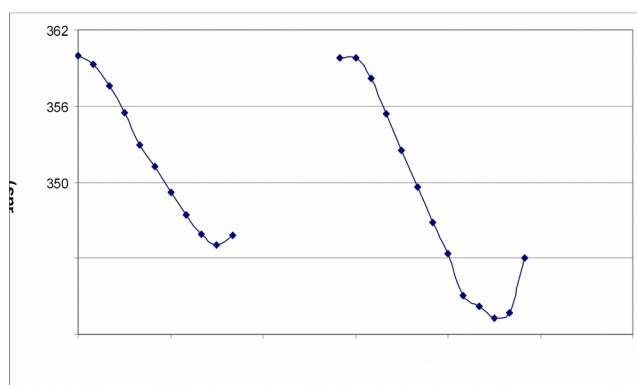
conformação com diedro de  $120^\circ$  para o *N*-metil-*N*-(*p*-tolil)carbamato de *terc*-butila (8).

Um incremento de  $10^\circ$ , ao invés de levar ao diedro de  $130^\circ$ , forneceu a conformação mostrada na direita, na qual se observa a pirâmide do nitrogênio invertida. Esta conformação nada mais é, que a imagem especular do diedro de  $230^\circ$ , apresentando desta forma, as mesmas propriedades do que essa conformação e não os valores reais para o diedro de  $130^\circ$  (Fontoura *et al.*, 2002).



**Figura 2.** Inversão da pirâmide do nitrogênio em *N*-metil-*N*-(*p*-tolil)carbamato de *terc*-butila (8), realizado por cálculo semi-empírico AM1.

A geometria do nitrogênio nas conformações de equilíbrio e nos estados de transição pode ser avaliada através do somatório dos seus ângulos de ligação ( $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ ). A Figura 3 apresenta os somatórios em função do diedro obtidos para o *N*-metil-*N*-(*p*-tolil)carbamato de *terc*-butila (8).

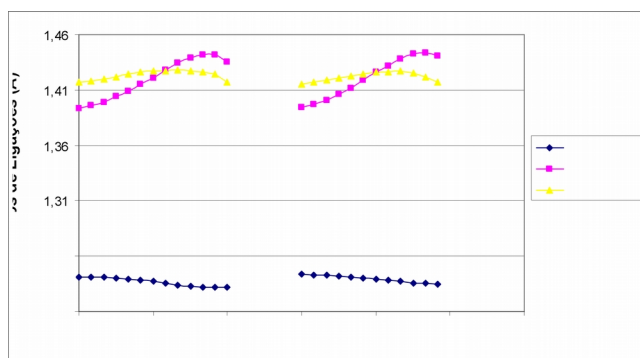


**Figura 3.** Somatório dos ângulos de ligação em torno do nitrogênio (graus) x diedro (graus): valores obtidos para o *N*-metil-*N*-(*p*-tolil)carbamato de *terc*-butila (8), através de cálculo semi-empírico AM1 (PcSpartan Pro, versão 1.0.5).

Nas geometrias de equilíbrio, o somatório

dos ângulos de ligação em torno do nitrogênio são todos aproximadamente  $360^\circ$ , indicando uma geometria trigonal-planar e, portanto, uma hibridização  $sp^2$ . Desta forma, a maior estabilidade destas conformações pode ser explicada através de ressonância. No caso dos estados de transição, o somatório fica mais distante de  $360^\circ$ , e o nitrogênio apresenta geometria piramidal e uma hibridização intermediária entre  $sp^2$  e  $sp^3$ . Comprova-se, assim, os confôrmeros que apresentam as ressonâncias mínimas, justificando serem os mais instáveis.

Na Figura 4, pode-se acompanhar a variação dos comprimentos das ligações  $O_1-C_2$ ,  $C_2-N_3$  e  $N_3-C_4$  obtidos para o *N*-metil-*N*-(*p*-tolil)carbamato de *tert*-butila (8), através de cálculo semi-empírico AM1.



**Figura 4.** Comprimentos de ligações (Å) x diedro (graus): valores obtidos para o *N*-metil-*N*-(*p*-tolil)carbamato de *tert*-butila (8), através de cálculo semi-empírico AM1 (PcSpartan Pro, versão 1.0.5).

O gráfico apresenta uma variação de aproximadamente 0,05 Å na ligação  $C_2-N_3$ . Este efeito é atribuído ao fato de que, ao girar a ligação entre o nitrogênio e o carbono da carbonila, o par de elétrons do primeiro deixa de ser paralelo ao orbital  $p$  de  $C_2$ , diminuindo desta forma a ressonância. Uma variação equivalente não é observada nas demais ligações. O comportamento dos comprimentos de ligações, assim como o valor de energia da barreira rotacional (Figura 1) e a geometria do nitrogênio (Figura 3), se reproduzem para todos os demais compostos estudados.

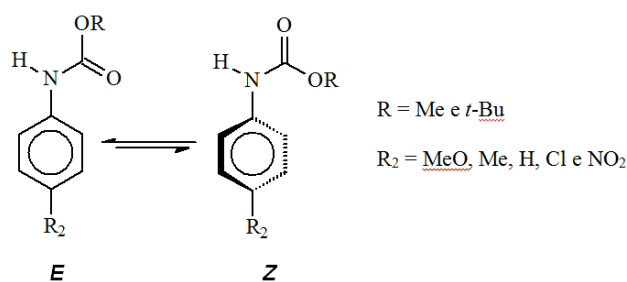
Os resultados computacionais realizados pelo método semi-empírico AM1 indicaram maior estabilidade para as geometrias E, com uma

diferença mais pronunciada para carbamatos secundários (1-5, 11-15). Os resultados pelo método *ab initio* HF/6-31G\* indicaram uma maior estabilidade para as geometrias E em carbamatos secundários (1-5, 11-15) e Z em carbamatos terciários (6-10, 16-20). A Tabela 1, a seguir, apresenta valores típicos das diferenças de energia obtidos para os *N*-fenilcarbamatos de *tert*-butila e metila.

**Tabela 1.** Diferenças de energias das geometrias E e Z, obtidos através de cálculos semi-empíricos e *ab initio*, para carbamatos secundários e terciários.

Compostos	$\Delta(\Delta H)_{E \rightarrow Z}$ (kcal.mol <sup>-1</sup> ) AM1	$\Delta E_{T E \rightarrow Z}$ (kcal.mol <sup>-1</sup> ) HF/6-31G*
1	1,32	1,34
2	1,43	2,13
3	1,44	2,35
4	1,51	2,53
5	1,56	3,06
6	0,46	-1,35
7	0,50	-1,18
8	0,50	-1,15
9	0,52	-0,94
10	0,56	-0,17
11	1,45	1,77
12	1,44	2,21
13	1,46	2,38
14	1,50	2,59
15	1,64	3,08
16	0,59	-1,35
17	0,54	-1,19
18	0,78	-1,05
19	0,55	-0,83
20	0,65	-0,09

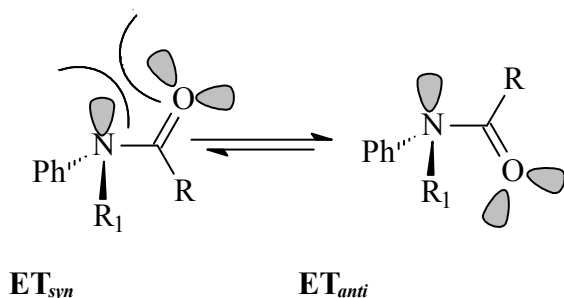
Em carbamatos secundários os dois grupos mais volumosos assumem orientação *trans*, tornando menor o impedimento espacial, podendo assim o anel manter a planaridade com a ligação entre o nitrogênio e a carbonila, aumentando a estabilidade da conformação E por ressonância. Conforme citado anteriormente, o mesmo havia sido observado por Saito e colaboradores (1995) para *N*-arilamidas.



**Esquema 5.** Conformações de equilíbrio de carbamatos secundários.

No caso dos carbamatos terciários, as geometrias E e Z têm energias muito próximas, conforme o cálculo semi-empírico demonstrado na Tabela 1. A conformação E possui interação espacial do N-metil com a fenila, que a faz sair do plano da ligação entre o nitrogênio e a carbonila. Com isto não há mais a estabilização por ressonância como havia nos secundários. O cálculo *ab initio*, por sua vez, apresenta uma inversão do equilíbrio. Além da inclinação da fenila, que desestabiliza E, ainda ocorre a repulsão eletrônica entre o oxigênio da carbonila e a fenila. Cabe lembrar, que o oxigênio do grupo alcoxila é mais pobre em elétrons do que o da carbonila.

No processo rotacional da ligação entre o nitrogênio e a carbonila de amidas, o estado de transição preferencial é o ET<sub>anti</sub>. ET<sub>syn</sub> é desestabilizado devido à repulsão dos pares isolados dos dois heteroátomos (Souza *et al.*, 1996), conforme apresentado no Esquema 6.



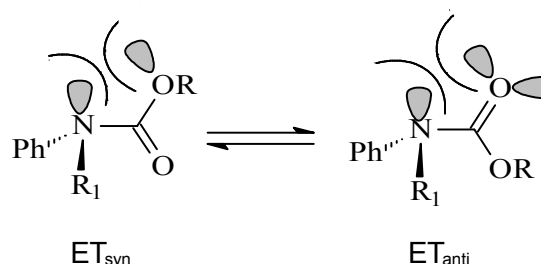
**Esquema 6.** Estados de transição de amidas.

Os resultados semi-empíricos AM1 indicaram ET<sub>syn</sub> como estado de transição mais estável para os todos os carbamatos estudados. Já os cálculos *ab initio* HF/6-31G\* indicaram ET<sub>anti</sub> mais estável para os carbamatos secundários e para os carbamatos terciários não se obteve uma ordem. Estes resultados se devem ao fato de ET<sub>syn</sub> e ET<sub>anti</sub> possuírem energias muito próximas. Em carbamatos,

qualquer que seja o estado de transição, sempre vai haver repulsão eletrônica, conforme apresentado no Esquema 7.

A conversão do rotâmero E em Z, pode ocorrer por dois caminhos, seja através de ET<sub>syn</sub>, seja através de ET<sub>anti</sub>. O mesmo ocorre no caminho inverso, de tal forma que quatro diferentes barreiras podem ser definidas. A Tabela 2, a seguir, apresenta valores típicos.

Analisando a Tabela 3, verifica-se que no geral, as diferenças envolvendo E→ET<sub>syn</sub> e E→ET<sub>anti</sub> são as mais significativas, que as diferenças Z→ET<sub>syn</sub> e Z→ET<sub>anti</sub>.



**Esquema 7.** Repulsão eletrônica dos pares de elétrons isolados dos heteroátomos nos estados de transição.

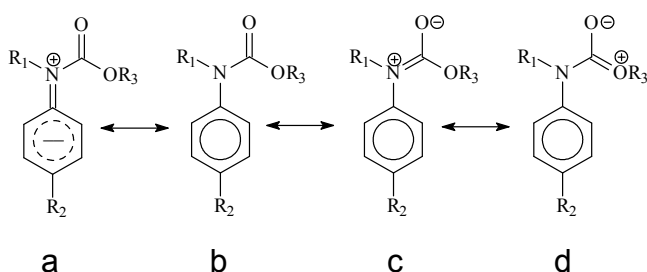
**Tabela 2.** Barreiras rotacionais de N-arilcarbamatos obtidas por cálculo *ab initio* no conjunto de bases HF/6-31G\*.

Compos- tos	$\Delta E_T$ (E→ET <sub>syn</sub> ) (kcal.mol <sup>-1</sup> )	$\Delta E_T$ (E→ET <sub>anti</sub> ) (kcal.mol <sup>-1</sup> )	$\Delta E_T$ (Z→ET <sub>syn</sub> ) (kcal.mol <sup>-1</sup> )	$\Delta E_T$ (Z→ET <sub>anti</sub> ) (kcal.mol <sup>-1</sup> )
1	17,06	15,92	15,72	14,58
2	17,32	16,69	15,19	14,56
3	17,30	16,82	14,95	14,47
4	17,49	16,99	14,96	14,46
5	16,88	15,76	13,82	12,71
6	14,32	13,42	15,66	14,76
7	13,81	14,29	14,98	15,47
8	13,57	14,16	14,72	15,31
9	13,57	14,16	14,51	15,10
10	12,03	12,65	12,20	12,81
11	17,28	16,02	15,52	14,25
12	17,36	16,86	15,16	14,66
13	17,30	16,60	14,92	14,22
14	17,54	16,86	14,95	14,27
15	16,95	15,62	13,87	12,54
16	14,45	13,26	15,80	14,61
17	13,93	14,16	15,12	15,35

18	13,79	14,10	14,85	15,15
19	13,86	14,16	14,69	14,99
20	12,33	11,68	12,42	11,77

O grupo alcoxila ( $R_3$ , conforme Esquema 3), praticamente não influencia as barreiras. Diferenças na barreira de secundários para terciários, entretanto, surgem devido a maior estabilidade do rotâmero E dos primeiros, por motivos os quais já foram discutidos.

Os carbamatos são estabilizados por ressonância. Esta estabilização é dependente do efeito eletrônico do grupo  $R_2$  (Esquema 3). O Esquema 8 apresenta as estruturas de ressonância do rotâmero E de carbamatos secundários.



**Esquema 8.** Estruturas de ressonância de carbamatos.

Grupos doadores de elétrons ligados ao anel aumentam a participação da forma canônica **c** e diminuem a participação de **a**. No caso dos retiradores, a forma canônica **a** torna-se mais importante, com conseqüente diminuição na participação de **c**. Neste caso, um efeito compensa o outro, e não há uma maior influência do efeito eletrônico do grupo  $R_2$  (Esquema 3) na estabilidade do confôrmero. No rotâmero E dos secundários e nas duas geometrias de equilíbrio dos terciários, por outro lado, o grupo arila encontra-se fora do plano da ligação entre o nitrogênio e a carbonila e a forma canônica **c** não existe. Uma menor participação da forma canônica **a** causada por um grupo retirador, leva a uma diminuição da ressonância e, portanto, da estabilidade do confôrmero. Então, pode-se concluir, que a estabilização das geometrias de equilíbrio segue a seguinte ordem:  $\text{NO}_2 < \text{Cl} < \text{H} < \text{Me} < \text{MeO}$ , com exceção de E em carbamatos secundários, os quais não são influenciados pela natureza do grupo  $R_2$ .

Por método experimental (Deetz *et al.*, 2002) a barreira rotacional de *N*-

alquilcarbamatos é normalmente em torno de 16  $\text{kcal.mol}^{-1}$ , sendo cerca de 1 a 4  $\text{kcal.mol}^{-1}$  mais baixo que as amidas estruturalmente relacionadas. No caso dos *N*-fenilcarbamatos a barreira rotacional é mais baixa, em torno de 12,5  $\text{kcal.mol}^{-1}$ . Cálculos realizados pela metodologia HF/6-31G\* apresentam os valores de barreira em torno de 13,7  $\text{kcal.mol}^{-1}$ . Os resultados obtidos por método semi-empírico demonstram uma relação de aproximadamente 40% dos valores obtidos pelo método *ab initio*. A comparação dos resultados computacionais com os experimentais (Smith *et al.* 2004) está apresentada na Tabela 3.

**Tabela 3.** Valores das barreiras rotacionais ( $\text{kcal.mol}^{-1}$ ) de carbamatos de *tert*-butila para-substituídos.

Compos- tos	Experimen- tal	AM1 ( $E \rightarrow ET_{syn}$ )	HF/6-31G* ( $E \rightarrow ET_{syn}$ )
6	13,2	5,3	14,3
7	12,5	5,1	13,8
8	12,3	5,0	13,6
9	12,3	5,0	13,6

## CONCLUSÕES

1. Estudos do equilíbrio conformacional realizados pelo método semi-empírico AM1, demonstraram maior estabilidade para a geometria de equilíbrio E com uma diferença mais pronunciada para carbamatos secundários. Cálculos *ab initio* HF/6-31G\* confirmaram esses resultados para carbamatos secundários, mas demonstram o inverso para carbamatos terciários.
2. Estudos da estabilidade do Estado de Transição pelo método semi-empírico, indicaram maior estabilidade para  $ET_{syn}$ . Estudos *ab initio* mostraram o  $ET_{anti}$  como estado de transição mais estável para carbamatos secundários, mas não indicaram qualquer tendência no caso dos terciários.
3. As geometrias de equilíbrio apresentam o nitrogênio planar indicando uma hibridização  $sp^2$ . Os estados de transição apresentam o nitrogênio piramidal, com hibridização intermediária entre  $sp^2$  e  $sp^3$ .
4. Grupos doadores de elétrons ligados ao anel aromático estabilizam as geometrias de equilíbrio

de *N*-arilcarbamatos terciários. Grupos retiradores de elétron exercem o efeito contrário. O mesmo efeito é observado no rotâmero Z dos análogos secundários, mas a estabilidade da geometria E não é influenciada pelo efeito eletrônico do substituinte ligado à arila.

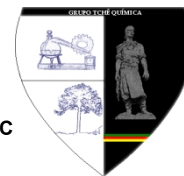
5. Os grupos alcoxila não influenciam na energia da barreira.

6. Os resultados semi-empíricos demonstraram uma relação de aproximadamente 40% do valor da barreira rotacional em relação aos *ab initio*.

7. Os cálculos *ab initio* estimaram as barreiras rotacionais no intervalo de 13 a 17 kcal.mol<sup>-1</sup>, muito próximos a valores experimentais descritos na literatura (Deetz *et al.*, 2002).

## REFERÊNCIAS:

1. Avalos, M., Babiano, R., Barneto, J. L., Bravo, J. L., Cintas, P., Jiménez, J. L. e Palacios, J. C. *J. Org. Chem.* **2001**, *66*, 7275.
1. Deetz, M. J., Forbes, C. C., Jonas, M., Malerich, J. P., Smith, B. D., Wiest, O. *J. Org. Chem.* **2002**, *67*, 3949.
2. Dewar, M. J. S., Zebisch, E. G., Healy, E. F., Stewart, J. J. P. *J. Am. Chem. Soc.* **1985**, *107*, 3902.
3. Eliel, E. L. e Wilen, S. H., *Stereochemistry of Compounds Organics*, Wiley, Nova Iorque, **1994**.
4. Fischer, G. *Chem. Soc. Rev.* **2000**, 119.
5. Fontoura, L. A. M., Rigotti, I. J. C. e Correia, C. R. D. *J. Molec. Struct.* **2002**, *609*, 73.
6. Gálvez, J., Sánchez, J. I. L., Guirado, A. *Comput. Theor. Chem.*, **2015**, no prelo (10.1016/j.comptc.2015.06.020).
7. Ilieva, S., Hadjieva, B e Galabov, B. *J. Org. Chem.* **2002**, *67*, 6210.
8. Kim, N. C., Kim, J. H., Kim, J. H., Nam, S. W., Jeon, B. S., & Kim, Y. J. *J. Ind. Eng. Chem.*, **2015**, *28*, 236.
9. Latelli, N., Ouddai, N., Arotçaréna, M., Chaumont, P., Mignon, P., Chermette, H. *Comput. Theor. Chem.*, **2014**, *1027*, 39.
10. Lauvergnat, D. e Hiberty, P. C. *J. Am. Chem. Soc.* **1997**, *119*, 9478.
11. Liang, P., Bao, H., Yang, J., Zhang, L., & Chen, G. *Carbon*, **2016**, *97*, 25.
12. Mizushima, S., Simanouti, T., Nagakura, S., Kuratani, K., Tsuboi, M., Baba, H., Fujioka, O. *J. Am. Chem. Soc.*, **1950**, *72*, 3490.
13. Montazer, M., Nia, Z. K. *Mater. Sci. Eng., C*, **2015**, *56*, 341.
14. Moreno, H. M., Jacq, C., Montero, M. P., Gómez-Guillén, M. C., Borderías, A. J., Mørkøre, T. *Food Chem.*, **2016**, *190*, 856.
15. Ortega, P. R., Montejo, M., Márquez, F., González, J. L. *J. Mol. Graph. Model.* **2015**, no prelo (10.1016/j.jmglm.2015.05.011)
16. Pawar, D. M., Khalil, A. A., Hooks, D. R., Collins, K., Elliott, T., Stafford, J., Noe, E. *J. Am. Chem. Soc.* **1998**, *120*, 2108.
17. Saito, S., Toriumi, Y., Tomioka, N. e Itai, A. *J. Org. Chem.* **1995**, *60*, 4715.
18. Smith, B. D., Goodenough-Lashua, D. M., D'Souza, C. J. E., Norton, K. J., Schmidt, L. M e Tung, J. C. *Tetrahedron Lett.*, **2004**, *45*, 2747.
19. Souza, W. F., Kambe, N. e Sonoda, N. *J. Phys. Org. Chem.* **1996**, *9*, 179.
20. Sun, L., Jia, L., Xie, X., Xie, K., Wang, J., Liu, J., Zhang, G., Dai, G., Wang, J. *Food Chem.*, **2015**, *192*, 313.
21. Taha, A.N. Crawford, S.M.N. True, N.S. *J. Am. Chem. Soc.* **1998**, *120*, 1934.
22. Wiberg, K. B. e Breneman, C. M. *J. Am. Chem. Soc.* **1992**, *114*, 831.



MEASUREMENT UNCERTAINTY OF FRACTURE TOUGHNESS  $K_{IC}$  TEST

FABRICIO, Daniel Antonio Kapper<sup>1\*</sup>; TREVISAN, Lisiane<sup>2</sup>; STROHAECKER, Telmo Roberto<sup>3</sup>;

<sup>1,3</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Laboratório de Metalurgia Física.  
Av. Osvaldo Aranha, 99/610, CEP 90035-190, Porto Alegre – RS, Brasil  
(fone: +55 51 3308 4251; fax: +55 51 3308 3988)

<sup>2</sup> Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Campus Farroupilha, Av. São Vicente, 785, CEP 95180-000 -  
Farroupilha, RS - Brasil  
(fone: +55 54 3035 1432)

\* Autor correspondente  
e-mail: daniel.fabricio@ufrgs.br

Received 30 October 2015; received in revised form 07 December 2015; accepted 14 December 2015

## RESUMO

O monitoramento da qualidade de processos produtivos, desde o material bruto até o produto acabado, permite a tomada de decisão e a garantia da qualidade do produto final. O valor de  $K_{IC}$  é uma propriedade dos materiais metálicos que possuem comportamento frágil em relação à fratura em condições linear-elásticas, apresentando limitada quantidade de deformação plástica na ponta da trinca. Na área de ensaios mecânicos, é importante obter as propriedades de tenacidade à fratura, incluindo o parâmetro  $K_{IC}$ , visto que o setor de óleo e gás exige materiais de alto desempenho mesmo em condições severas. O Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (GUM) representa uma metodologia para a estimativa da incerteza de medição de ensaios quantitativos, baseada na lei de propagação de incertezas. Esse trabalho apresenta o desdobramento e a aplicação das etapas do GUM na estimativa da incerteza de medição do ensaio de  $K_{IC}$ . Os resultados foram analisados, visando verificar quais fontes mais contribuíram para a incerteza combinada, concluindo-se que a maior contribuição para a incerteza foi a variabilidade entre corpos de prova. Espera-se, com esse trabalho, incentivar outros laboratórios a implementar o GUM em ensaios de tenacidade à fratura, e preencher uma lacuna da literatura nesse campo.

**Palavras-chave:** Incerteza de medição, GUM, Tenacidade à fratura,  $K_{IC}$ .

## ABSTRACT

Quality monitoring of production processes, from raw material to final product, enables decision-making and quality assurance of the product. The  $K_{IC}$  value is a property of brittle metallic materials, which present limited amount of plastic deformation at the crack tip under linear-elastic conditions. In the field of mechanical testing, it is important to obtain fracture toughness properties, including  $K_{IC}$  parameter, because the oil and gas industry requires high performance materials even in severe conditions. The Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) represents a methodology for the estimation of measurement uncertainty in quantitative tests, and is based on the law of propagation of uncertainties. This work presents the deployment and application of GUM steps in the estimation of the  $K_{IC}$  measurement uncertainty. The results were analyzed in order to check which sources contributed most to the combined uncertainty, concluding that the largest contribution was due to the variability between specimens. We expect, with this work, to encourage other laboratories to implement GUM for fracture toughness tests, and also to fill a literature gap in this field.

**Keywords:** Measurement uncertainty, GUM, Fracture toughness,  $K_{IC}$ .



## INTRODUÇÃO

O controle de qualidade dos processos produtivos, desde o material bruto até o produto acabado, é crítico no monitoramento de defeitos e permite a tomada de decisão e a garantia da qualidade do produto final. Esse controle pode ser realizado em laboratórios ou em medições *online*, através de equipamentos e instrumentos adequados. Ao se relatar o resultado de medição de uma grandeza física, é necessário fornecer alguma informação quantitativa da qualidade do resultado fornecido, visando avaliar a sua confiabilidade. O objetivo de se estimar a incerteza de medição é quantificar o quão correto o resultado é, ou seja, a dúvida sobre o quão preciso é o valor medido (JCGM, 2008a).

Diversos fatores justificam o cálculo da incerteza de medição na área de ensaios e calibração. Através do valor de incerteza é possível verificar a confiabilidade dos resultados obtidos, permitindo a aprovação de tais resultados dentro dos limites de tolerância estabelecidos pelo cliente.

De acordo com o Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), a incerteza de medição pode ser definida como um parâmetro não-negativo que caracteriza a dispersão dos valores quantitativos atribuídos a um mensurando, com base na informação utilizada (JCGM, 2008b).

A correta expressão da incerteza de medição por laboratórios de ensaio pode ser considerada um fator chave, pois afeta diretamente na interpretação dos resultados (JORNADA, 2009). O Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (GUM) (JCGM, 2008a) apresenta uma metodologia amplamente utilizada e reconhecida internacionalmente para a estimativa de incerteza. Hack e Caten (2012) realizaram uma revisão da literatura em mais de cem publicações sobre incerteza de medição publicadas entre 2004 e 2010, e 55% delas utilizaram o método previsto no GUM.

Na área de ensaios mecânicos, é importante obter as propriedades de tenacidade à fratura porque o setor de óleo e gás exige materiais de alto desempenho nas mais severas condições. A tenacidade à fratura  $K_{IC}$  do material é definida como a habilidade de um material em resistir a um carregamento na presença de uma trinca antes de falhar. Portanto, para tais

aplicações, é indispensável o conhecimento do valor de  $K_{IC}$  de materiais metálicos (FABRICIO *et al.*, 2013).

A Mecânica da Fratura Linear Elástica (MFLE) é aplicável a materiais que apresentam comportamento frágil à fratura em condições linear-elásticas, com deformação plástica limitada na ponta da trinca. O parâmetro mais usual na MFLE para avaliação da tenacidade à fratura de materiais metálicos é o valor crítico do fator intensidade de tensões no modo I (trativo) de carregamento. Esse valor é denominado  $K_{IC}$  e é uma propriedade do material, que relaciona a tensão aplicada com o tipo e o tamanho do defeito (trinca) (STROHAECKER, 2012).

O ensaio de tenacidade à fratura  $K_{IC}$  permite obter uma propriedade que descreve o comportamento de materiais linear-elásticos diante de defeitos tipo trinca, e pode ser utilizado na seleção de materiais, em projetos e em análise de falhas de estruturas de alta responsabilidade. A norma ISO 12135 (2008) apresenta um método de ensaio para o cálculo do fator intensidade de tensões  $K_Q$ , o qual pode ser validado como crítico ( $K_{IC}$ ) se determinadas condições forem atendidas. O modelo de medição de  $K_Q$  para um corpo de prova de três pontos (SE(B)) é apresentada na Equação 1 (ISO, 2008).

$$K_Q = \frac{S}{W} \frac{F_Q}{(B B_N W)^{0.5}} g_1 \left( \frac{a_0}{W} \right) \quad (\text{Eq. 1})$$

Na Equação 1,  $S$  representa a abertura entre os pontos de carregamento externos no corpo de prova de três pontos,  $F_Q$  representa a carga aplicada,  $B$  a espessura do corpo de prova,  $B_N$  a espessura entre as ranhuras laterais,  $a_0$  o tamanho inicial da trinca e  $g_1$  é uma função adimensional de  $a_0/W$ , onde  $W$  representa a largura do corpo de prova.

O fator intensidade de tensões  $K_Q$  pode ser qualificado como crítico ( $K_{IC}$ ) se o ensaio for executado de acordo com a norma ISO 12135 (2008), incluindo:

$$a_0 \geq 2,5 \left( \frac{K_Q}{R_{p0.2}} \right)^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$B \geq 2,5 \left( \frac{K_Q}{R_{p0.2}} \right)^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

$$(w - a_0) \geq 2.5 \left( \frac{K_Q}{R_{p0.2}} \right)^2 \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde  $R_{p0.2}$  representa o limite de escoamento deslocado a 0,2% perpendicular ao plano da trinca na temperatura de ensaio.

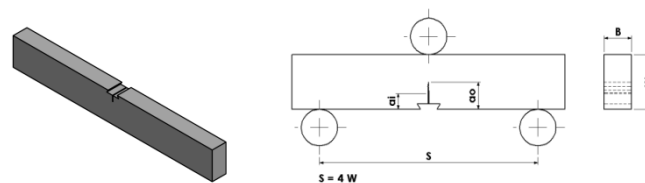
Na literatura são encontrados poucos trabalhos sobre a aplicação do GUM em ensaios de tenacidade à fratura, e alguns artigos que abordam o cálculo de incerteza em outros tipos de ensaios. Chowdhury *et al.* (2014) avaliaram a incerteza na determinação da geometria de trincas em análise estrutural. Uma análise da sensibilidade do fator intensidade de tensões foi executada através de técnicas probabilísticas. Exemplos numéricos evidenciam a acurácia e a simplicidade do método, baseado no método de Monte Carlo. Bouhouche *et al.* (2015) avaliaram a incerteza de medição de propriedades mecânicas no ensaio de tração (tensão e alongamento) seguindo os métodos GUM, de Monte Carlo e de Monte Carlo por Cadeias de Markov. Os dados de entrada foram obtidos do certificado de calibração dos instrumentos de medidas. Os valores de incerteza resultaram como aproximadamente 1% dos valores medidos de tensão e alongamento. Por fim, Bono *et al.* (2010) desenvolveram um método para o cálculo de incerteza na configuração de parâmetros de corte de um torno de alta precisão. A incerteza prevista para a ferramenta foi similar aos valores determinados experimentalmente.

Considerando que há pouca literatura sobre a implementação do GUM em ensaios de tenacidade à fratura, o principal objetivo deste trabalho é apresentar as etapas de estimativa da incerteza de medição de  $K_Q$  (ou  $K_{IC}$ ). Dessa forma, espera-se obter uma planilha eletrônica que possa ser utilizada na rotina de laboratórios de ensaio que executam esse ensaio, e avaliar quais fontes mais influenciam na incerteza de medição desse ensaio.

## MATERIAL E MÉTODOS

A norma ISO 12135, de ensaios de tenacidade à fratura, indica algumas geometrias possíveis para o ensaio. Esse trabalho se foca no corpo de prova de três pontos (SEB), representado na Figura 1. O modelo de medição do parâmetro  $K_Q$  para esse tipo de corpo de

prova é mostrado na Equação 1.

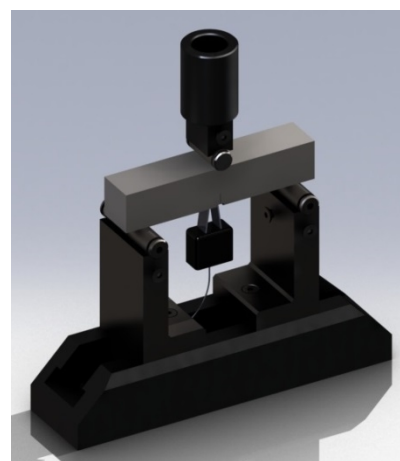


**Figura 1.** Corpo de prova de três pontos  $K_{IC}$

Nesse trabalho, os passos do GUM (JCGM, 2008a) foram seguidos visando estruturar um procedimento e planilha para expressão da incerteza de medição do ensaio de  $K_{IC}$ .

A seguir, a planilha foi aplicada no ensaio de quatro corpos de prova de aço martensítico AISI 420 obtido de material base. As propriedades mecânicas do material são: tensão de escoamento de 680 MPa, resistência à tração de 800 MPa, coeficiente de Poisson igual a 0,3 e módulo de elasticidade de 210000 MPa. A norma ISO 12135 (2008) foi utilizada na execução dos ensaios, com uma taxa de carregamento de 1 mm/min.

A medida das dimensões dos corpos de prova (Figura 1) foi realizada através de paquímetro digital. Os ensaios mecânicos foram executados em uma máquina de ensaios servo-hidráulica com capacidade de carga de 100 kN. A montagem nas máquinas de ensaio foi conforme a Figura 2.



**Figura 2.** Montagem do ensaio

Os parâmetros de pré-trincamento foram os seguintes: valor máximo de  $K$  durante o pré-

trincamento de  $16 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ , frequência de 20 Hz, e  $a_0/W$  final igual a 0,5. A execução do ensaio é apresentada na Figura 3.



**Figura 3.** Execução do ensaio

Por fim, foi realizada uma análise de quais fontes de incerteza mais contribuíram para a incerteza expandida dos resultados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado, é apresentada a estruturação dos cálculos de incerteza de medição de  $K_Q$  de acordo com os passos do GUM. Então, o procedimento estruturado é aplicado na estimativa da incerteza de medição da média de  $K_Q$  de quatro corpos de prova.

### Modelo de medição

O modelo de medição de  $K_Q$  para corpos de prova tipo SEB é apresentado na Equação 1. As fontes de incerteza consideradas são mostradas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Fontes de incerteza

Variável	Fonte de incerteza
$I$	
$F_Q$	Dados do certificado de calibração da célula de carga
	Resolução da célula de carga
$S$	Dados do certificado de calibração do paquímetro
	Resolução do paquímetro
$B$	Dados do certificado de calibração do paquímetro
	Resolução do paquímetro
$B_N$	Dados do certificado de calibração do paquímetro
	Resolução do paquímetro
$W$	Dados do certificado de calibração do paquímetro
	Resolução do paquímetro
$g_1(a_0/W)$	Nenhuma (constante)
$K_Q$	Desvio padrão de $n$ corpos de prova

### Estimativa das incertezas padrão

Para cada fonte de incerteza, é necessário obter um divisor e os graus de liberdade de acordo com a sua distribuição de probabilidade. A Tabela 2 apresenta o divisor e os graus de liberdade (*GDL*) de cada fonte de incerteza. A incerteza padrão é obtida dividindo-se cada fonte pelo seu respectivo divisor (*D*).

**Tabela 2.** Estimativa da incerteza padrão

Variável	Fonte	<i>D</i>	<i>GDL</i>	Incerteza padrão
$F_Q$	Calibração	$K^*$	$v_{eff}^*$	$u^*/k$
	Resolução	$\sqrt{3}$	$\infty$	$r/\sqrt{3}$
$S$	Calibração	$K^*$	$v_{eff}^*$	$u^*/k$
	Resolução	$\sqrt{3}$	$\infty$	$r/\sqrt{3}$
$B$	Calibração	$K^*$	$v_{eff}^*$	$u^*/k$
	Resolução	$\sqrt{3}$	$\infty$	$r/\sqrt{3}$
$B_N$	Calibração	$K^*$	$v_{eff}^*$	$u^*/k$
	Resolução	$\sqrt{3}$	$\infty$	$r/\sqrt{3}$
$W$	Calibração	$K^*$	$v_{eff}^*$	$u^*/k$
	Resolução	$\sqrt{3}$	$\infty$	$r/\sqrt{3}$
$K_Q$	Desvio	$\sqrt{n}$	$n-1$	$d/\sqrt{n}$

\* Dados obtidos do certificado de calibração dos equipamentos

## Determinação da incerteza combinada

Considerando as variáveis de entrada como independentes, a incerteza combinada  $u_c(y)$  é estimada de acordo com a Equação 5.

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 u^2(x_i)} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde  $\partial f/\partial x_i$  representa as derivadas parciais em relação ao modelo de medição para cada variável de entrada ( $u(x_i)$ ), e são frequentemente chamados de coeficientes de sensibilidade. Os coeficientes de sensibilidade do ensaio de  $K_{IC}$  são calculados de acordo com as Equações 6 a 11.

$$c_{F_Q} = \frac{\partial K_Q}{\partial F_Q} = \frac{\partial}{\partial F_Q} \left[ \frac{S}{W(BB_N W)^{0.5}} g_1 \left( \frac{a_0}{W} \right) \right] = \frac{S}{W(BB_N W)^{0.5}} g_1 \left( \frac{a_0}{W} \right) \quad (\text{Eq. 6})$$

$$c_s = \frac{\partial K_Q}{\partial S} = \frac{\partial}{\partial S} \left[ \frac{S}{W(BB_N W)^{0.5}} g_1 \left( \frac{a_0}{W} \right) \right] = \frac{F_Q}{W(BB_N W)^{0.5}} g_1 \left( \frac{a_0}{W} \right) \quad (\text{Eq. 7})$$

$$c_B = \frac{\partial K_Q}{\partial B} = \frac{\partial}{\partial B} \left[ \frac{S}{W(BB_N W)^{0.5}} g_1 \left( \frac{a_0}{W} \right) \right] = \frac{-SF_Q}{2B_N^{0.5} (BW)^{1.5}} g_1 \left( \frac{a_0}{W} \right) \quad (\text{Eq. 8})$$

$$c_{B_N} = \frac{\partial K_Q}{\partial B_N} = \frac{\partial}{\partial B_N} \left[ \frac{S}{W(BB_N W)^{0.5}} g_1 \left( \frac{a_0}{W} \right) \right] = \frac{-SF_Q}{2B_N^{0.5} (B_N W)^{1.5}} g_1 \left( \frac{a_0}{W} \right) \quad (\text{Eq. 9})$$

$$c_W = \frac{\partial K_Q}{\partial W} = \frac{\partial}{\partial W} \left[ \frac{S}{W(BB_N W)^{0.5}} g_1 \left( \frac{a_0}{W} \right) \right] = \frac{-3SF_Q}{2(BB_N)^{0.5} W^{2.5}} g_1 \left( \frac{a_0}{W} \right) \quad (\text{Eq. 10})$$

$$c_{K_Q} = \frac{\partial K_Q}{\partial K_Q} = 1 \quad (\text{Eq. 11})$$

## Determinação da incerteza expandida

A incerteza expandida  $U$  é obtida pela multiplicação da incerteza padrão combinada  $u_c(y)$  por um fator de abrangência  $K$ :

$$U = K u_c(y) \quad (\text{Eq. 12})$$

O fator de abrangência é calculado através dos graus de liberdade efetivos de todas as variáveis de entrada, considerando uma probabilidade de abrangência especificada de acordo com uma distribuição de probabilidade t-Student. Os graus de liberdade efetivos ( $v_{eff}$ ) são calculados de acordo com a fórmula de Welch-Satterwaite (Equação 13), considerando os graus de liberdade de cada variável de entrada ( $v_i$ ), que

constam na Tabela 2.

$$v_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{(u_i)^4}{v_i}} \quad (\text{Eq. 13})$$

O resultado deve ser relatado com  $Y = y \pm U$ , e devem ser fornecidas as unidades de  $y$  e  $U$ , onde  $y$  representa o valor medido e  $U$  representa a incerteza expandida. O GUM recomenda relatar os resultados do ensaio e a incerteza com até dois algarismos significativos, e fornecer o valor de  $K$ .

## Implementação do procedimento

Quatro corpos de prova de  $K_{IC}$  (Figura 1) foram ensaiados. Os resultados dos ensaios são apresentados na Tabela 3.

A incerteza de medição foi estimada para o valor médio de  $K_Q$  de acordo com as etapas anteriores, e o resultado final foi:  $K_Q = K_{IC} = 969,72 \pm 69,49$  N/mm<sup>3/2</sup>, com  $v_{eff} = 3,06$ ,  $K = 3,31$  a uma probabilidade de abrangência de 95,45%. Por fim, a relação  $U/K_{IC}$  foi equivalente a  $69,49/969,72 = 7,19\%$ , o que pode ser considerado satisfatório. Esse valor está dentro do critério de aceitação definido pelo Guia de Análise de Sistemas de Medição (MSA), que define que a variância de um sistema é aceitável se a relação entre a variância total do sistema e o limite de tolerância da sua aplicação é menor que 10% (AIAG, 2010).

É importante descrever as contribuições de incerteza de cada fonte de incerteza para a incerteza combinada de  $K_Q$ . A Figura 4 apresenta a contribuição de incerteza (incerteza padrão multiplicada pelo coeficiente de sensibilidade) de cada variável de entrada.

De acordo com a Figura 4, a principal fonte de incerteza é o desvio padrão de repetitividade entre os corpos de prova. Uma possível causa para a incerteza padrão combinada é a variação natural entre os corpos de prova. A segunda principal contribuição foi devido à calibração do equipamento, que é uma característica do equipamento utilizado. Outras fontes de incerteza foram pouco significativas em comparação com essas.

Devido à pouca literatura nesse campo, esse trabalho apresentou um método simples de implementação do GUM, que se baseia na Lei de Propagação de Incertezas, para a estimativa da

incerteza de medição do ensaio de  $K_{IC}$ . No entanto, outras fontes de incerteza poderiam ser consideradas podem ser consideradas e analisadas em trabalhos futuros.

A maior fonte de incerteza foi o desvio padrão entre corpos de prova. Isso pode ter ocorrido devido a diferenças entre os corpos de prova, mas outra possível razão para isso é o número limitado de corpos de prova (quatro). Com um número maior de amostras, a contribuição de incerteza do desvio padrão para a incerteza combinada tende a ser menor.

Enfim, o presente trabalho apresentou a implementação do GUM no ensaio de  $K_{IC}$  e os resultados obtidos, de forma similar ao encontrado ao encontrado no ensaio de outros materiais metálicos, preenchendo uma lacuna da literatura.

## CONCLUSÕES

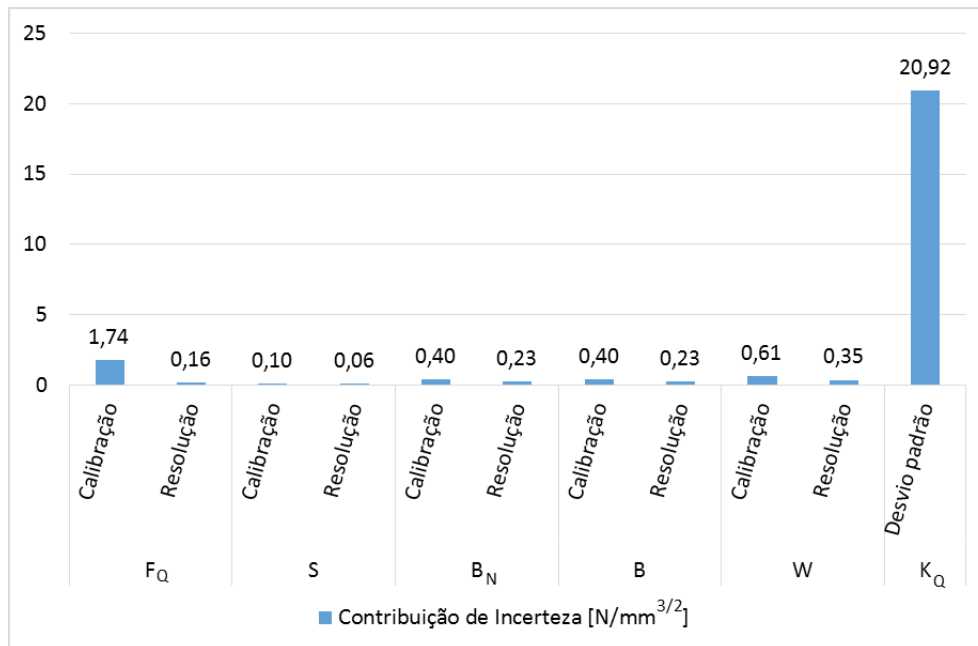
Os passos do GUM foram desdobrados para o cálculo da incerteza de medição do ensaio de  $K_{IC}$ . Para facilitar a replicação do cálculo, uma planilha eletrônica foi estruturada.

A planilha foi utilizada no ensaio de quatro corpos de prova, permitindo uma análise de quais fontes de incerteza consideradas mais colaboraram para a incerteza expandida. Conclui-se que a maior contribuição para a incerteza foi devido à variabilidade entre corpos de prova.

Espera-se, com esse trabalho, incentivar outros laboratórios a implementar o GUM em ensaios de tenacidade à fratura, e preencher uma lacuna da literatura nesse campo. Trabalhos futuros podem focar na realização de ensaios com outros materiais e geometrias de corpos de prova, visando avaliar o comportamento da incerteza para diferentes condições de ensaio.

## REFERÊNCIAS

1. AIAG. Measurement Systems Analysis Reference Manual. Automotive Industry Action Group. 4th Issue. 2010.
2. BONO, M. J.; SEUGLING, R. M.; KROLL, J. J.; NEDERBRAGT, W. W. An uncertainty analysis of tool setting methods for a precision lathe with a B-axis rotary table. *Precision Engineering*. 2010; 34(2): p. 242-252.
3. BOUHOUCHE, S.; ZIANI, S.; MENTOUR, Z.; BATSB, J. Uncertainty estimation of mechanical testing properties using sensitivity analysis and stochastic modelling. *Measurement*. 2015; 62: p. 149-154.
4. CHOWDURY, M.S.; SONG, C.; GAO, W. Probabilistic fracture mechanics with uncertainty in crack size and orientation using the scaled boundary finite element method. *Computer and Structures*. 2014; 137: 93-103.
5. FABRICIO, D. A. K.; HAAG, J.; HACK, P. S.; CATEN, C. S. T.; SANTOS, B. P.; STROHA-ECKER, T. R. Cálculo da Incerteza de Medição para Acreditação do Ensaio de Anisotropia. In: 68th ABM International Congress, Belo Horizonte, 2013.
6. HACK, P. S.; CATEN, C. S. T. Measurement Uncertainty: Literature Review and Research Trends. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2012; 61(8): p. 2116-2124.
7. ISO 12135: Metallic materials - Unified method of test for the determination of quasistatic fracture toughness. Geneva: ISO, 2002, Cor. 1:2008.
8. JCGM. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). Joint Committee for Guides in Metrology, 2008a.
9. JCGM. International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM). Joint Committee for Guides in Metrology, 2008b.
10. JORNADA, D. H. Implantação de um guia orientativo de incerteza de medição para avaliadores de laboratório da Rede Metrológica RS. Porto Alegre: UFRGS, 2009.
11. STROHA-ECKER, T. R. Mecânica da Fratura. UFRGS, 2011.



**Figura 4.** Contribuição de incerteza de cada fonte

**Tabela 3.** Resultados do ensaio

Amostra	F <sub>Q</sub> [N]	B [mm]	B <sub>N</sub> [mm]	W [mm]	S [mm]	K <sub>Q</sub> = K <sub>IC</sub> [N/mm <sup>3/2</sup> ]
1	1825	6,03	6,03	11,96	47,74	1011,18
2	1866	6,05	6,05	11,83	47,74	998,40
3	1713	6,09	6,09	11,93	47,74	945,81
4	1700	6,07	6,07	12,05	47,74	923,48
Média	1838,83	6,06	6,06	11,94	47,74	969,72



## INFLUÊNCIA DO AGENTE ALCALINIZANTE NA SÍNTESE E PROPRIEDADES DO CATALISADOR $\text{CeO}_2$



### ALKALIZING AGENT INFLUENCE ON THE $\text{CeO}_2$ CATALYST SYNTHESIS AND PROPERTIES

DE OLIVEIRA, Matheus José Cunha<sup>1\*</sup>; QUIRINO, Max Rocha<sup>2</sup>; DE ARAÚJO, Magna Silmara Oliveira<sup>3</sup>; MELO, Oscar Borges<sup>4</sup>; GAMA, Lucianna<sup>5</sup>

<sup>1,3,4,5</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, Campina Grande – PB, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal da Paraíba, campus III, Bananeiras – PB, Brasil

\* *Autor correspondente*  
e-mail: [matheusjco13@gmail.com](mailto:matheusjco13@gmail.com)

Received 23 October 2015; received in revised form 02 December 2015; accepted 19 December 2015

---

#### RESUMO

O óxido de cério é um importante catalisador utilizado em reações diversas como em eletrólitos em células de combustível, absorvedor UV e sensores de oxigênio. Este trabalho apresenta como objetivo a síntese do catalisador  $\text{CeO}_2$  através do método hidrotérmico assistido por micro-ondas e avaliar a influência dos agentes mineralizantes NaOH,  $\text{NH}_4\text{OH}$  e ureia nas propriedades do catalisador. Os resultados mostraram que foi possível obter o catalisador monofásico apenas quando se utilizou NaOH e  $\text{NH}_4\text{OH}$ ; o primeiro apresentando maior área superficial ( $141,09 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ) e volume médio de poro. Foi concluído que ao utilizar ureia como agente alcalinizante as condições de síntese não foram suficientes para a produção de cério monofásico.

**Palavras-chave:** catalisador, óxido de cério, hidrotérmico de micro-ondas, parâmetros de síntese.

#### ABSTRACT

Cerium oxide is an important catalyst used in several reactions as electrolytes in fuel cells, UV absorber and oxygen sensors. The objective of the present work is  $\text{CeO}_2$  catalyst synthesis by microwave hydrothermal method and then evaluate the influence of NaOH,  $\text{NH}_4\text{OH}$  and urea as alkalizing agents in the catalyst properties. The results showed that it was possible to obtain the monophasic catalyst only when using NaOH and  $\text{NH}_4\text{OH}$  as precursors; the first presenting greater surface area ( $141.09 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ) and higher pore volume. It was concluded that using urea as alkalizing agent synthesis conditions were not sufficient for monophasic cerium production.

**Keywords:** catalyst, cerium oxide, microwave hydrothermal, synthesis parameters.

---

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o desenvolvimento de materiais nanoestruturados para uso em catálise tem ganhado grande impulso. Isso porque a catálise é um processo que acontece na superfície e neste sentido, as altas áreas superficiais, apresentadas por um conjunto de partículas nanométricas em relação ao seu volume, vem a ser de crucial importância. Muitos métodos de síntese têm sido desenvolvidos no intuito de se produzir partículas nanométricas, com baixo grau de aglomeração e estreita faixa de distribuição de tamanho. Em processos catalíticos, a forma de obtenção deve ser capaz também de gerar uma porosidade nas matrizes hospedeiras que permitam o acesso dos reagentes aos centros hospedeiros. Desse modo, a pesquisa de métodos de sínteses que promovam a redução de custos e a eficiência da produção torna-se cada vez mais presente. Para a otimização das atividades catalíticas, área superficial e tamanho de partícula tornam-se fatores primordiais (Moreno, 1996).

Segundo Benito *et al.*, (2010) diversos métodos vêm sendo utilizados para a produção de pós cerâmicos para uso como catalisadores. Um dos métodos que vem crescendo na última década é o método hidrotérmico de produção de pós usando a energia de micro-ondas. Dentre as suas vantagens tem-se rápido aquecimento, eficácia em produzir pós ultra finos e de elevada área superficial, pequeno tempo de síntese e conseqüentemente baixo custo energético. Ainda segundo Benito *et al.* (2010), a vantagem do uso do micro-ondas é relatado como um método rápido e uniforme de aquecimento do recipiente em comparação com tratamentos hidrotérmicos convencionais.

Neste tipo de síntese, os tipos de precursores utilizados, tempo de exposição às micro-ondas, potência das micro-ondas, temperatura de síntese e concentração das soluções precursoras são parâmetros importantes e essenciais para produção de pós com alta área superficial e que apresentem homogeneidade e, assim, sejam eficazes como catalisadores para as devidas reações desejadas às quais estes serão submetidos.

O óxido de cério ( $\text{CeO}_2$ ) ou ceria possui propriedades atrativas que permitem seu uso em uma vasta gama de aplicações, tais como:

eletrólitos em células de combustível sólidas, absorvedores ultravioletas, catalisadores em processos automotivos e sensores de oxigênio. Além de ser vastamente utilizado como um catalisador em larga-escala no craqueamento nas refinarias e desidrogenação do etil-benzeno em estireno (Srivastava, 2010).

O método hidrotérmico via energia por micro-ondas é descrito como um método de obtenção rápida e com produção uniforme do material obtido em comparação com tratamentos hidrotérmicos convencionais. A cristalização hidrotérmica é um interessante processo que prepara diretamente óxidos ultrafinos com reduzida contaminação e baixo tempo de síntese. Esse método de síntese consiste em aumentar a cinética de cristalização em uma a duas ordens de magnitude comparada com o método hidrotérmico convencional. A alta frequência de radiação eletromagnética interage com os dipolos permanentes do líquido ( $\text{H}_2\text{O}$ ), o qual propicia um rápido aquecimento resultante da rotação molecular (Riccardi, 2009; Benito, 2010).

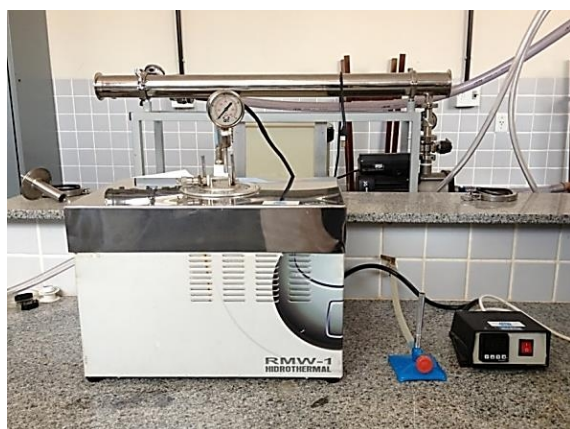
Devido ao fato de o método hidrotérmico para obtenção de pós utilizando micro-ondas utilizar baixas temperaturas e pouquíssimo tempo de exposição do material às micro-ondas, esse método tem a capacidade de produzir pós com altas áreas superficiais. Mas esse método tem sido pouco utilizado para a produção de catalisadores. Dessa forma, há a necessidade de se estudar a obtenção deste material pelo método hidrotérmico utilizando energia de micro-ondas, avaliando parâmetros como temperatura, tempo, precursores, potência das micro-ondas, etc. Parâmetros como tempo de síntese já foram avaliados em trabalhos antecedentes (De Oliveira *et al.*, 2011 e De Oliveira *et al.*, 2015). Assim o objetivo deste artigo é investigar a influência de precursores na obtenção do catalisador óxido de cério bem como suas propriedades texturais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram preparadas três soluções utilizando como reagente o nitrato de cério [ $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ] diluído em água destilada, em uma concentração de 5% ( $11,5 \times 10^{-3}$  mols). As três soluções foram submetidas a uma agitação magnética durante 10 minutos. Em seguida foi



adicionado o elemento baseificante. As bases testadas foram: hidróxido de sódio – NaOH; hidróxido de amônio -  $\text{NH}_4\text{OH}$ ; Uréia –  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . As amostras foram então designadas como CeNa, CeNH e CeUr. Na primeira solução foi adicionado 10 mL de hidróxido de sódio (5M) atingindo  $\text{pH} = 14$ . Na segunda foi adicionado 10 mL de amônio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) atingindo um  $\text{pH} = 11$ . E na terceira foi adicionado 2,4024 gramas de Ureia. Essa quantidade de Ureia adicionada foi calculada por Quirino (2012) onde esta massa foi suficiente e favorável à formação ao espinélio aluminato de zinco  $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$  em um reator hidrotérmico de micro-ondas. Após a baseificação cada solução foi transferida para um recipiente de teflon autoclavado e, então, inserida em um equipamento de hidrotérmico de micro-ondas (Figura 1) marca INOVTEC modelo RMW 1, utilizando uma frequência fixa de 2,45GHz e uma potência de 900W.



**Figura 1.** Reator hidrotérmico assistido por micro-ondas (HMO).

As condições de processamento para as três soluções foram às seguintes: temperatura de síntese de  $100^\circ\text{C}$ , tempo de síntese de 5 minutos, com uma taxa de aquecimento de  $15^\circ\text{C}/\text{min}$ . Após o resfriamento do produto obtido, foi necessário que o mesmo fosse colocado em um novo béquer para a realização de lavagens com água destilada com objetivo de se remover o excesso de base do produto (etapa de neutralização). Dando-se sequência ao processo de síntese, após as lavagens, os produtos foram submetidos a um processo de secagem em estufa a  $120^\circ\text{C}$  por 24 horas. Por fim foram submetidos a um processo de desaglomeração em um almofariz e, em seguida, a uma etapa de peneiramento em malha 325 mesh, ou seja, 44

$\mu\text{m}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Na figura 2 encontram-se os difratogramas de Raios – X das amostras sintetizadas em  $100^\circ\text{C}$  durante um curto período de 5 minutos das amostras de  $\text{CeO}_2$  com os agentes mineralizadores hidróxido de sódio (CeNa), hidróxido de amônio (CeNH) e uréia (CeUr), respectivamente.

Conforme a análise dos resultados da Figura 2 verificou-se a formação da fase cúbica de óxido de cério do tipo fluorita, grupo espacial  $\text{Fm}3\text{m}$ , nas amostras CeNa e CeNH. As amostras CeNa e CeNH estão de acordo com a ficha ICDD 34-0394. Contudo, no que diz respeito a amostra CeUr não observa-se a formação do catalisador monofásico de óxido de cério, uma vez que esta apresenta múltiplos picos não característicos dessa fase.

Na Tabela 1 estão representados o Tamanho de Cristalito (TC), a Cristalinidade Relativa (CR) e o Parâmetro de Rede a das amostras de óxido de cério sintetizadas.

**Tabela 1.** Valores de Tamanho de Cristalito (TC), Cristalinidade Relativa (CR) e parâmetro de rede (a) das amostras obtidas variando o agente mineralizador utilizado.

Amostra	CeNa	CeNH
TC (nm)	9,67	17,85
CR (%)	79,71	100
a (Å)	5,427	5,412

Ao analisar a Tabela 1 observa-se uma significativa variação em relação ao tamanho de cristalito e a cristalinidade relativa entre as amostras CeNa e CeNH. O agente mineralizador adicionado à solução muda o crescimento dos cristais de  $\text{CeO}_2$ .

À medida que a distância média de difusão para a difusão do soluto se torna menor e o gradiente de concentração é excessivo em soluções concentradas, muito material difusivo passa por unidade tempo em uma determinada unidade de área (Tan *et al.*, 2012). Além disso, a dimensão média dos cristalitos depende da concentração do agente precipitante na solução: quanto maior a concentração do agente mineralizador, maior são os cristais de ceria. Assim, entende-se que em  $\text{pH}$  menos elevado,

pH = 11 para a amostra CeNH e pH = 14 para a amostra CeNa, como neste caso da amostra mineralizada com  $\text{NH}_4\text{OH}$  a nucleação é lenta e o crescimento do cristal é rápido devido a alta concentração de unidades de crescimento. Possivelmente por este motivo a amostra CeNH apresentou maiores tamanhos de cristalito e cristalinidade relativa.

Deus *et al.*, 2013 obtiveram o mesmo comportamento ao sintetizar óxido de cério em reator hidrotérmico assistido por micro-ondas utilizando os agentes mineralizadores KOH, NaOH e  $\text{NH}_4\text{OH}$ , obtendo os respectivos tamanhos de cristalitos, 3,9 nm, 5,8 nm, e 9,1 nm. Segundo este, uma evidência clara de que os cristais de óxido de cério são formados ao invés do hidróxido de cério ( $\text{Ce}(\text{OH})_x$ ) vem do fato do nitrato de cério reagir facilmente com a água e reagir espontaneamente com o agente mineralizador, formando o subproduto  $\text{NaNO}_3$  ou  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  que envolve o hidróxido. Em uma atmosfera oxidante, ocorre desidratação convertendo o hidróxido intermediário em óxido. No método HMO a conversão para o óxido é mais rápida devida ao efeito da energia das micro-ondas assistirem na formação do  $\text{CeO}_2$  ao invés do  $\text{Ce}(\text{OH})_x$ .

A Cristalinidade Relativa da amostra CeNH também foi superior a da amostra CeNa. Esse fato é possivelmente explicado, pois as partículas da amostra sintetizadas com  $\text{NH}_4\text{OH}$  tiveram mais facilidade em se organizar assim como de crescer ao passo que as partículas da amostra de CeNa, com cristalitos menores, ficaram mais dispersas no meio.

Ao analisar o difratograma da amostra sintetizada com ureia, CeUr, observa-se o pico de alta intensidade em torno de  $2\theta = 28,6^\circ$  característico do plano (111) da estrutura cúbica fluorita do óxido de cério. Outros picos de menores intensidades com valores  $2\theta = 47,835^\circ$  e  $2\theta = 56,783^\circ$  sugerem o aparecimento do  $\text{CeO}_2$  misto ao  $\text{Ce}(\text{OH})\text{CO}_3$ . Os outros planos são oriundos, possivelmente, da formação de fases secundárias entre o nitrato de cério e a ureia.

Shen *et al.*, (2011) sintetizaram em um reator hidrotérmico convencional o óxido de cério a partir dos mesmos reagentes,  $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  e ureia, e obtiveram um padrão semelhante dos resultados de difração de raios - X. Eles afirmaram que o tempo é um fator importante na transformação do  $\text{Ce}(\text{OH})\text{CO}_3$  para  $\text{CeO}_2$ . E o

mecanismo de reação pode ser explicado pelas Equações 1, 2, 3, e 4.

Ao variar o tempo, tempo de sínteses de até 48h, e a concentração de ureia, Shen *et al.*, (2011) obtiveram nano-octaedros de  $\text{CeO}_2$ . Na Figura 3 está ilustrado o mecanismo de obtenção desses cristais, assim como o processo de nucleação-dissolução-recristalização observado primeiramente por Luo *et al.*, (2008) e confirmado por De Oliveira *et al.*, (2015).

A ureia se decompõe entre 85 e  $90^\circ\text{C}$  liberando fonte de íons hidroxila ( $\text{OH}^-$ ). Assim pode ser concluído que esta temperatura só é atingida no interior do equipamento quando a síntese já está em curso, provocando a decomposição da ureia e a consequente baseificação do meio. Ao contrário dos outros agentes mineralizadores utilizados, os quais promovem a elevação do pH da solução reagente antes desta ser submetida a energia de micro-ondas. Possivelmente na síntese efetuada neste trabalho o tempo e a temperatura utilizados não foram suficientes para promover a quebra total da ureia, a baseificação da solução e a consequente formação do óxido de cério monofásico. Logo, dos três agentes mineralizadores utilizadas apenas com a ureia não foi possível obter o  $\text{CeO}_2$ .

A Figura 4 ilustra as isotermas de adsorção e dessorção de  $\text{N}_2$  referente às amostras sintetizadas utilizando como agente mineralizador NaOH - CeNa e  $\text{NH}_4\text{OH}$  - CeNH obtidas pelo método HMO.

As isotermas de adsorção e dessorção de  $\text{N}_2$  de ambas as amostras apresentam perfil do tipo IV de acordo com a classificação IUPAC, o que confirma a característica mesoporosa das amostras. O loop de histerese da amostra CeNH é similar a do tipo H1, característico de materiais que apresentam aglomerados compactos de partículas esféricas fracamente interligadas uniformemente (Supakanapitak *et al.*, 2012). O loop de histerese da amostra CeNa é do tipo H3, característico de materiais que apresentam agregados não rígidos de partículas.

As características texturais dos pós de óxido de cério obtidos em temperaturas de  $100^\circ\text{C}$  e tempo de síntese de 5 minutos estão representados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características estruturais das amostras de óxido de cério obtidas pelo método

*hidrotérmico via energia de micro-ondas sintetizadas utilizando como agente mineralizador o NaOH e NH<sub>4</sub>OH.*

Amostra	Área Superficial I (m <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )	Volume médio do poro (cm <sup>3</sup> .g <sup>-1</sup> )	Média do tamanho de poro (nm)
CeNa	141,09	0,2468	6,63
CeNH	53,18	0,1875	10,42

Ao analisar a Tabela 2 é possível notar uma grande variação nas análises texturais com relação ao agente mineralizador utilizado. A área superficial obtida com a amostra alcalinizada com NaOH foi quase que três vezes superior ao da amostra alcalinizada com hidróxido de amônio. Também se observa um volume de poro maior para a amostra CeNa ao passo que o tamanho médios dos poros apresentou-se menor.

Quirino (2012) ao sintetizar nanopartículas de óxido de zinco, ZnO, pelo método hidrotérmico assistido por micro-ondas obteve comportamento semelhante ao variar o agente mineralizador. Segundo ele as amostras alcalinizadas com hidróxido de sódio apresentaram áreas superficiais e volume médio dos poros superiores às amostras alcalinizadas com hidróxido de amônio.

Fica evidenciada assim a influência do agente alcalinizante na área superficial, volume do poro e média do tamanho do poro do catalisador CeO<sub>2</sub>.

## CONCLUSÕES:

Com base nos resultados obtidos é possível afirmar que o óxido de cério na forma de pós ultrafinos foi obtido com sucesso pelo método hidrotérmico via energia de micro-ondas em 5 minutos de reação e temperatura de 100°C. O agente mineralizador utilizado e consequentemente o pH da solução precursora na síntese do óxido de cério afetou as características estruturais e texturais das

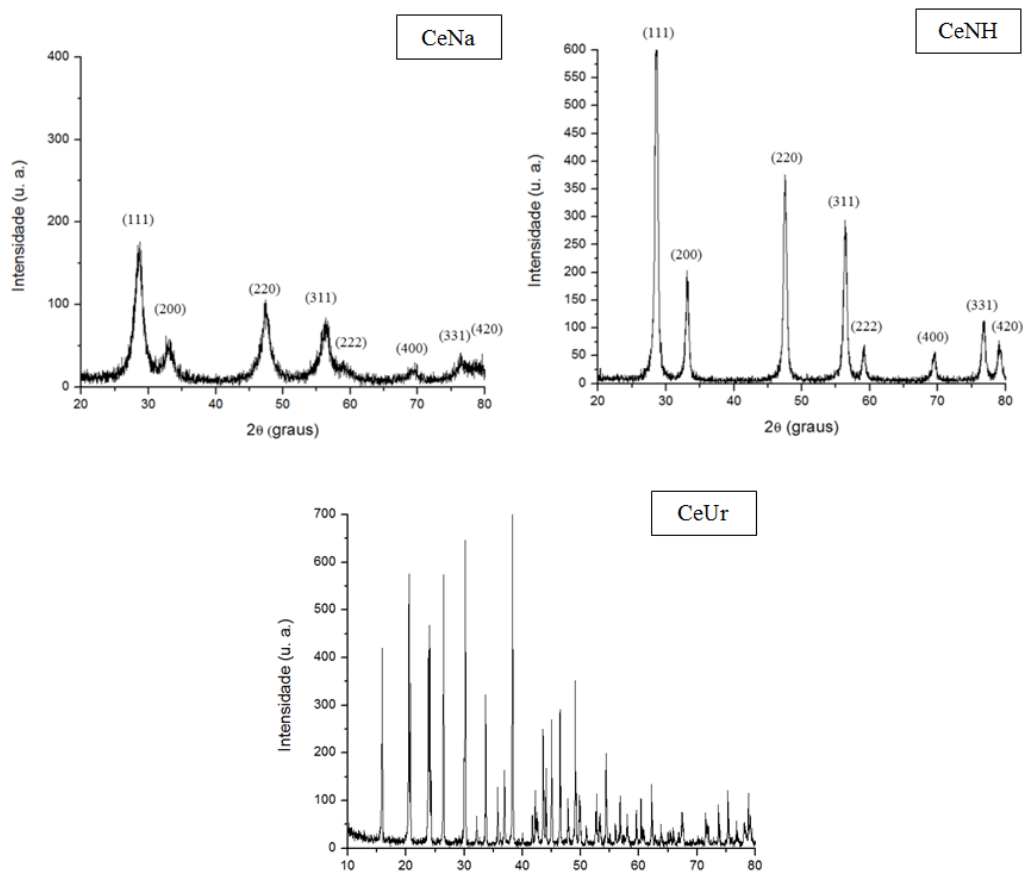
amostras de CeO<sub>2</sub>. O catalisador sintetizado com hidróxido de sódio apresentou maior área superficial e tamanho médio do poro que o catalisador produzido utilizando hidróxido de amônio como agente alcalizante.

## AGRADECIMENTOS:

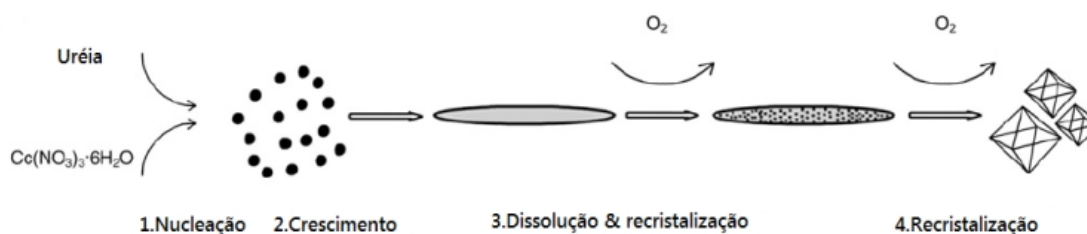
Os autores gostariam de agradecer ao CNPq pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS:

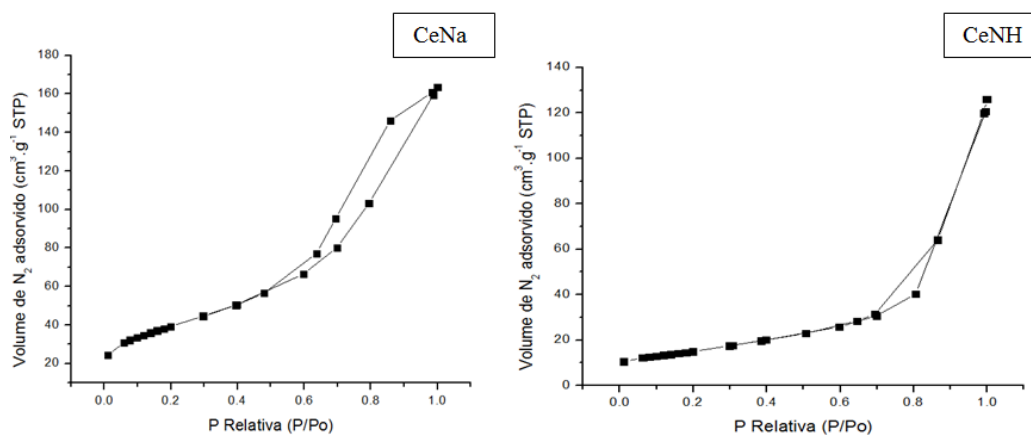
1. Benito, P., Herrero, M., Labajos, F. M., Rives, V., Applied Clay Science, **2010**, 48, 218-227.
2. De Oliveira, M. J. C., Quirino, M. R., Neiva, L. S., Gama, L., Oliveira, J. B. L., Revista Eletrônica De Materiais E Processos, **2011**, 6, 170-174.
3. De Oliveira, M. J. C., Quirino, M. R., Gama, L., Revista Eletrônica De Materiais E Processos, **2015**, 10, 40-44.
4. Deus, R. C., Cilense, M., Foschini, C. R., Ramirez, M. A., Longo, E., Simões, A. Z., Journal Of Alloys And Compounds, **2013**, 500, 245 – 251.
5. Luo, Z., Li, H., Shu, H., Wang, K., Xia, J., Yan, Y., Crystal Growth & Design, 2008, 8, 2275-2281.
6. Moreno, E. L., Dissertação de Mestrado, Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, **1996**.
7. Quirino, M. R., Tese De Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, **2012**.
8. Riccardi, C.S., Lima, R.C., Dos Santos, M.L., Bueno, P.R., Varela, J.A., Longo, E., Solid State Ionics, **2009**, 180, 288-291.
9. Shen, G., Wang, Q., Wang, Z., Chen, Y., Materials Letters, **2011**, 68, 1211-1214.
10. Srivastava, R., Journal Of Colloid And Interface Science, **2010**, 348, 600–607.
11. Supakanapitak S., Boonamnuayvitaya, V., Jarudilokkul, S., Materials Characterization, **2012**, 67, 83-92.
12. Tan, H. R., Tan, J. P. Y., Boothroyd, C., Hansen, T. W., Loo, Y. L., Lin, M. J., Journal Of Physical Chemistry C, **2012**, 116, 242-247.



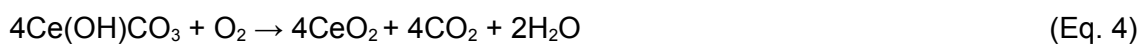
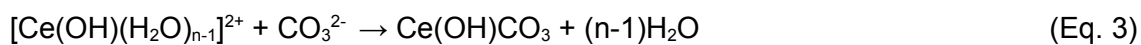
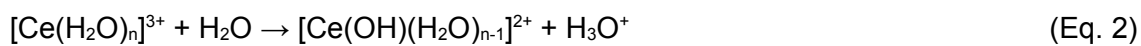
**Figura 2.** Difratoograma de raios – X das amostras CeNa, CeNH e CeUr, processadas pelo método hidrotérmico assistido por micro-ondas em temperatura de 100°C e tempo de 5 minutos.



**Figura 3.** Mecanismo de obtenção de nano-octaédros e o efeito do processo de cristalização-dissolução-recristalização (Shen et al., 2011).



**Figura 4.** Curva de adsorção e dessorção do gás Nitrogênio das amostras CeNa e CeNH.





## TEOR DE CÁLCIO E FERRO EM PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS DA FAMÍLIA SOLANACEAE: UMA ANÁLISE COMPARATIVA



### IRON AND CALCIUM CONTENT OF EDIBLE PLANTS IN NON CONVENTIONAL FAMILY SOLANACEAE: A COMPARATIVE ANALYSIS

MARANGON, Cristiane<sup>1</sup>; RIZZATTI, Ivanise Maria<sup>1\*</sup>; SOUZA, Juliane Marques de<sup>1</sup>; SANTANA Jordânia Gabriela Aires<sup>1</sup>; SCHVEITZRT, Bianca<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Roraima, Laboratório de Turismo Ecologia e Meio Ambiente, Rua Sete de Setembro, 231, cep 69301-560, Roraima – RR, Brasil  
(fone: +55 95 2121 0955; fax: +55 95 2121 0950)

<sup>2</sup> Laboratório de Ensaio Químico – Estação Experimental de Caçador – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI, Rua Alcides Tombini, 33, cep. 89500-000, Caçador – SC, Brasil  
(fone: +55 48 3665 0741; fax: +55 48 3665 5010)

\* Autor correspondente  
e-mail: niserizzatti@gmail.com

Received 15 July 2015; received in revised form 1 December 2015; accepted 10 January 2016

#### RESUMO

O presente artigo compara o teor de cálcio e ferro presente em três espécies de Solanaceae, são elas: *Solanum paniculatum* L., *Solanum sessiflorum* D. e *Physalis angulata* L., todas consideradas plantas alimentícias não-convencionais (PANC's) por serem pouco exploradas pela população em geral. As três espécies, coletadas em comunidades ribeirinhas da região do Baixo rio Branco, Roraima, tem seus teores nutricionais comparados também com plantas que são comumente utilizadas na alimentação diária, bem como com o valor de nutrientes diários recomendados pela ANVISA (agência nacional de vigilância sanitária). Como resultado verificou-se que o teor nutricional desses minerais está dentro do que é recomendado, sendo uma alternativa para reposição nutricional dos ribeirinhos, pois muitas vezes o acesso a alimentos convencionais é difícil.

**Palavras-chave:** *Physalis angulata* L., *Solanum sessiflorum* D., *Solanum paniculatum* L., teor nutricional, Roraima.

#### ABSTRACT

This study compares the amount of calcium and iron present in three species of Solanaceae, they are: *Solanum paniculatum* L., *Solanum sessiflorum* D. and *Physalis angulata* L., all considered unconventional food plants (PANC's) because they are unexplored by the general population. The three species were collected in riverine communities of the Lower Branco river, Roraima, and had its nutritional content compared with plants that are commonly used in the daily diet as well as the amount of daily nutrients recommended by ANVISA (National Agency of Sanitary Surveillance). As a result it was found that the nutritional content of these minerals is within what is recommended by the agency and figure as an alternative to nutritional replacement of riparian, once they usually have difficult to access conventional foods .

**Keywords:** *Physalis angulata* L., *Solanum sessiflorum* D., *Solanum paniculatum* L., nutritional content, Roraima.

## INTRODUÇÃO

As plantas são fonte de alimento desde o início das civilizações e são usadas nas mais diversas variedades de comidas, desde a raiz até a folha. A coleta de frutos, ramos, folhas e raízes diretamente da natureza era a prática cotidiana para a obtenção de alimentos pelos antigos representantes do gênero *Homo* (Raven, Evert e Eichhorn, 1996; Rapport, Marzoca e Drausal, 2009). Ainda, de acordo com o autor, com o desenvolvimento de técnicas de domesticação e cultivo, as plantas cultivadas alteraram-se gradualmente, por meio da seleção de características específicas de maior interesse na época.

Pode-se perceber neste momento, o começo da seleção do que se tornaria comum na alimentação tradicional dos povos e o que se tornaria não-convencional, deixado de lado, talvez pelo não conhecimento ou difícil cultivo de certas plantas. Estas últimas, conhecidas hoje por plantas alimentícias não-convencionais (PANC's) são aquelas chamadas comumente de inços, matos, sendo que algumas delas possuem um grande potencial alimentício que é, na maioria das vezes, desconhecido e por isso negligenciado (Padulosi e Hoesche-Zeledon, 2004). As PANC's são também conhecidas como hortaliças não-convencionais.

O cultivo e o consumo de muitas espécies de plantas estão deixando de ser comuns. Entretanto, o reconhecimento do potencial nutritivo das plantas alimentícias não-convencionais é de suma importância para o aumento da diversidade alimentar, uma vez que estas são capazes de sustentar o fornecimento de vitaminas, sais minerais e fibras para além das plantas comumente consumidas e cultivadas em maior escala.

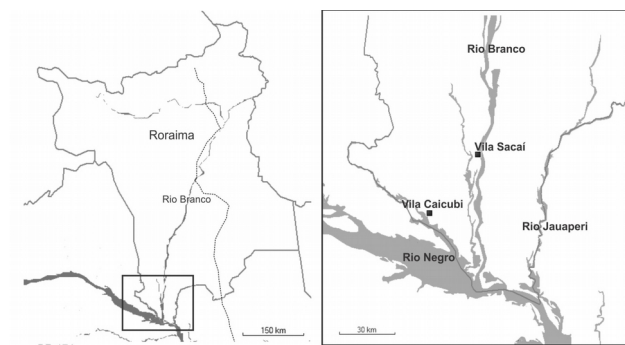
Algumas PANC's possuem uma quantidade abundante de nutrientes em uma só fruta, folha ou raiz e poderiam substituir alguns alimentos convencionais, diminuindo assim a falta de alimentos e ingestão de nutrientes, especialmente em comunidades mais carentes e distantes dos alimentos comuns. Em comunidades com costumes mais tradicionais e afastadas dos grandes centros, o uso de plantas não-convencionais, costuma ser mais elevado do que em populações urbanas (Brasil, 2010). Esse aumento aparente pode ser relacionado à

estreita relação que essas comunidades guardam com o meio e com o uso dos recursos naturais. Além disso, o frequente isolamento que essas comunidades vivem ou o baixo recurso financeiro disponível conduz essas comunidades ao uso dos recursos localmente disponíveis, seja pelo cultivo próprio, seja pela extração na floresta.

O presente estudo, desenvolvido nas comunidades ribeirinhas de Caicubi e Sacai, na região do Baixo rio Branco, Estado de Roraima, buscou identificar e avaliar o potencial nutritivo das plantas alimentícias não-convencionais utilizadas por estas comunidades. Aqui, especificamente, apresentam-se os resultados obtidos das análises de três espécies de plantas não-convencionais comumente consumidas pelas famílias ribeirinhas. As três espécies *Physalis angulata* L., *Solanum sessiliflorum* D. e *Solanum paniculatum* L. (Solanaceae), tiveram o teor de Ferro (Fe) e Cálcio (Ca) avaliados e então comparados a outras espécies convencionais da mesma família botânica como o tomate (*Solanum lycopersicum* L.), o jiló (*Solanum gilo* Raddi) e a berinjela (*Solanum melongena* L.), o pimentão amarelo (*Capsicum annuum* L.) e a batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) comumente consumidas pela população urbana.

## METODOLOGIA

As PANC's foram coletadas nas comunidades de Caicubi e Sacai, região do baixo rio Branco, município de Caracará, Roraima (Figura 1). O material coletado foi herborizado, identificado e depositado no herbário do Museu Integrado de Roraima-MIRR. As análises nutricionais foram feitas no Laboratório de Ensaio Químico da EPAGRI/SC.



**Figura 1:** Mapa de localização da região do Baixo Rio Branco, estado de Roraima, Brasil. Em

*detalhe, o extremo Sul de Roraima e a localização das comunidades ribeirinhas de Caicubi e Sacai.*

As pesquisas iniciais para coleta foram baseadas em técnicas etnobotânicas (Albuquerque, 2002) as quais abordam a relação homem x planta e ressaltam como diferentes grupos humanos interagem com a natureza (Amorozo e Viertler, 2002). Para a identificação das plantas como alimentícias não-convencionais foi desenvolvida uma metodologia participativa baseada no método de Diagnóstico Rural Participativo – DRP (Verdejo, 2006). A técnica utilizada foi a “caminhada com informantes” que contava com a colaboração de moradores da comunidade que se prontificaram a direcionar a equipe aos locais onde haviam plantas alimentícias não-convencionais, bem como trocar informações sobre as plantas que eles utilizam ou utilizavam na alimentação.

No percurso foi estabelecido um diálogo entre o pesquisador e os informantes voluntários, realizado de maneira informal, não dirigindo diretamente perguntas padronizadas em um roteiro, deixando-os à vontade para responder as questões levantadas. Nesta perspectiva, foi importante também não interromper as falas dos informantes para que eles se sentissem úteis e valorizados na pesquisa (Verdejo, 2006).

Depois de identificadas como PANC's as plantas foram coletadas, etiquetadas, prensadas, e secas ao sol, pois, devido à necessidade de adaptação na comunidade e ao difícil acesso à localidade, não existia uma estufa adequada para que as amostras fossem secas no local da pesquisa. No momento da coleta a preferência foi dada para amostras de ramos completos, procurando exemplares com flores e frutos em quantidade suficiente para montar uma exsicata contendo em torno de três a cinco duplicatas (Ferreira e Andrade, 2006).

No que se refere às análises químicas nos frutos foram avaliados os teores de macro e micronutrientes empregando o método utilizado para análise de polpa seca adotado pelo Laboratório de Ensaio Químico e Análise Nutricional da Epagri – SC.

Foram selecionadas amostras sadias, isentos do ataque de pragas, infecções e danos mecânicos. Assim que chegaram ao laboratório, as amostras foram secas (Estufa Marconi modelo

MA 037) com circulação forçada de ar quente a 60 °C, por aproximadamente três dias. Em seguida, as amostras secas foram moídas em moinho de facas, de aço inoxidável e com peneiras de 0,5 mm de diâmetro, visando assegurar a completa homogeneização da amostra. Os teores minerais foram determinados por espectrometria de absorção atômica num equipamento PerkinElmer modelo AA-200, após digestão nitroperclórica, HNO<sub>3</sub>/HClO<sub>4</sub> (6:1). Para construção da curva foram utilizadas soluções padronizadas Tritisol (Merck) e nas análises de cálcio empregou-se 0,1 % La, na forma de La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O Camapu (*Physalis angulata* L.) (Figura 2), utilizado pelos ribeirinhos na alimentação e na pesca, caracteriza-se por ser uma planta herbácea e ciclo anual, alcançando até um metro de altura. A produção de frutos inicia a partir do terceiro ao quarto mês e se estende por um período de até 6 meses (Lorenzo e Matos, 2002).



**Figura 2:** Camapu (*Physalis angulata* L.).  
(Aires, 2012).

Já o Cubiu (Figura 3), também conhecida como maná, topiro ou tomate de índio (*Solanum sessiliflorum* D.) é uma planta arbustiva nativa da Amazônia, domesticada pelas populações indígenas e que possui frutos de tamanho variável, sub-globosos a ovóides, do tipo baga, vermelho-alaranjados quando maduros, de polpa ácida com numerosas sementes achatadas (Stefanello, 2010). Seu fruto é utilizado frequente na alimentação como aperitivo, bem como na produção de geléias, doces, sucos, sorvetes e cosméticos (Silva *et al.*, 1999).





**Figura 3:** Cubiu (*Solanum sessiliflorum* D.).  
(Aires, 2012).

A Jurubeba (*Solanum paniculatum* L.) (Figura 4), por sua vez, está distribuída por toda a América tropical, é considerada uma planta invasora, perene, arbustiva, atingindo até 2 m de altura (Forni-Martins, Marques e Lemes, 1998). A esta espécie é frequentemente associada ao seu uso culinário além de diversos usos medicinais.



**Figura 4:** Jurubeba (*Solanum paniculatum* L.).  
(Aires, 2012).

Neste sentido, comparou-se os teores desses nutrientes encontrados nas PANC's consumidas nas comunidades ribeirinhas em estudo, com os valores encontrados nas plantas comumente consumidas da família Solanaceae e, com os valores recomendados de nutrientes diário da ANVISA (ANVISA, 2004). No sentido de avaliar a possibilidade de uma orientação nutricional baseadas em princípios de desenvolvimento local e diversificação da alimentação (NEPA/UNICAMP, 2011).

As três espécies Camapu (*Physalis angulata* L.), Cubiu (*Solanum sessiliflorum* D.) e a Jurubeba (*Solanum paniculatum* L.) da família da Solanaceae, coletadas na região do baixo rio Branco tiveram o teor de Ferro (Fe) e Cálcio (Ca) avaliados e os resultados são apresentados na tabela 01.

**Tabela 1:** Teores médios de cálcio e ferro encontrado nas espécies Camapu, Jurubeba e Cubiu da família Solanaceae, na matéria seca,

coletadas na região do baixo rio Branco, Roraima.

Minera l	-----g kg ¹(média)-----			g d <sup>-1</sup> IDR*
	Canapu Fruto	Jurubeba Fruto	Cubiu Folha	
Ca	62,4±2,9	48,7±2,1	15,6±1,1	1**
Fe	1,52±0,1 2	0,17±0,0 4	0,28±0,0 6	0,014* *

\* Ingestão diária recomendada para adultos.  
\*\*ANVISA, 2004.

Observando os valores apresentados na tabela acima, percebe-se que o Canapu apresentou os maiores teores para cálcio (Ca) e ferro (Fe) quando comparado ao Jurubeba e ao Cubiu. Ao comparar-se com os valores da ingestão recomendada, verifica-se que todas as espécies avaliadas apresentaram teores bem acima do valor diário recomendado pela ANVISA (ANVISA, 2004).

Neste sentido, comparou-se os teores desses nutrientes encontrados nas PANC's consumidas nas comunidades ribeirinhas em estudo, com os valores encontrados nas plantas comumente consumidas da família Solanaceae e, com os valores recomendados de nutrientes diário da ANVISA (ANVISA, 2004). No sentido de avaliar a possibilidade de uma orientação nutricional baseadas em princípios de desenvolvimento local e diversificação da alimentação (NEPA/UNICAMP, 2011).

O teor de Ferro encontrado nas PANC's mostrou-se superior àquele encontrado em plantas convencionais, sendo que *Physalis angulata* apresentou um teor dez vezes superior a *Solanum lycopersicum* (Figura 5). *Solanum sessiliflorum* e *Solanum paniculatum* apresentaram um teor equivalente a *Solanum lycopersicum*, porém muito superiores às demais plantas convencionais.

Nos teores de cálcio pode-se observar que o valor do *Solanum lycopersicum* é 1,2 vezes maior do que o *Solanum sessiliflorum* (Figura 6), nota-se que somente este apresenta um valor superior à de uma PANC. Mas comparando o *Solanum gilo* com *Solanum sessiliflorum* (fruto) obtém-se uma diferença de 627 vezes. O cálcio se apresenta em pequenas quantidades nas plantas *Solanum gilo*, *Solanum*

*melongena*, *Capsicum annuum* e *Solanum tuberosum*, e com isso nota-se a abundância desse mineral nas PANC's, podendo preencher expressivamente a falta de nutrientes com relação ao acesso às plantas convencionais.

Em comparação com os valores recomendados para ingestão de nutrientes diários na dieta de um adulto a ANVISA sugere 14mg/dia de Ferro e 1g/dia de Cálcio. Para o *S. sessiflorum* (fruto), (a perda dos frutos durante o armazenamento em campo fez com que a análise comparativa fosse feita por meio das informações disponíveis na literatura), a quantidade recomendada para ingestão é de 11,3 g da fruta por dia para atingir os valores referentes à ANVISA (2004) acima citados, sendo estes para cálcio + ferro (ANVISA, 2004). Nota-se pelas figuras 5 e 6 que o fruto do *S. sessiflorum* é abundante quando se trata desses dois minerais. O mesmo cálculo foi utilizado para as demais plantas aqui citadas, (sendo o valor total mencionado de cálcio e ferro em gramas da fruta de cada planta diariamente) para o *P. angulata* recomenda-se ingerir cerca de 25,3g, e para a *S. paniculatum*, 102,88g.

Para as plantas consumidas comumente tem-se os seguintes valores: *S. tuberosum* 2,85 Kg; *S. gilo* 5,1 Kg; *S. melongena* 16,09 Kg; *S. lycopersicum* 0,005 kg e *C. annuum* 13,5 Kg. Ressalta-se que uma alimentação balanceada não contém somente um tipo de alimento, então os valores devem ser diminuídos e a dieta diversificada.

Nota-se a abundância de Ca e Fe encontrado nas PANC's, os teores aqui avaliados, desses nutrientes são altos quando comparados com as plantas mais consumidas, porém se os frutos forem consumidos moderadamente, como nas quantidades descritas acima, não apresentariam risco de intoxicação desses minerais.

Os dois nutrientes citados são de suma importância para o bom funcionamento do organismo, porém em grandes quantidades podem se tornar tóxicos, assim como todos os demais nutrientes.

## CONCLUSÕES:

Das três espécies de PANC's coletadas,

com exceção do cubiu, que é esporadicamente cultivado, as demais foram coletadas em região de mata e sem cultivo. E as análises realizadas mostraram que os teores de Ca de Fe, nestas plantas, encontram-se dentro do recomendado pela ANVISA, sendo indicado o consumo dessas plantas no que se trata desses minerais. Ainda, percebe-se que, por possuírem uma maior concentração desses nutrientes, a quantidade consumida para atingir os valores diários recomendados é consideravelmente menor quando comparados com consumo necessário das plantas convencionais utilizadas nesse estudo

A incrementação de PANC's na alimentação cotidiana pode ser uma alternativa no que se refere a segurança nutricional disponível para as comunidades ribeirinhas, bem como o uso e propagação dessas plantas pode ser um meio de preservar a vegetação típica daquele local. Não obstante, a diversidade alimentar à mesa reflete em uma maior diversidade nas áreas de cultivo, garantindo a manutenção de agroecossistemas mais equilibrados, ainda mais quando se tratam de plantas nativas e espontâneas.

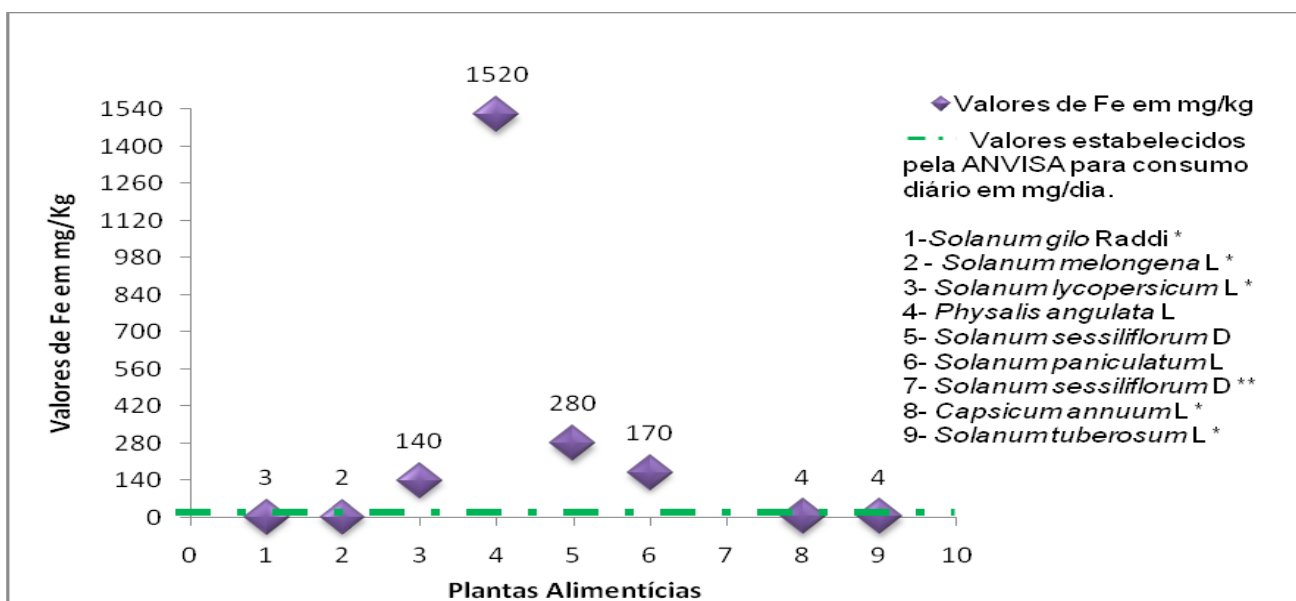
## AGRADECIMENTOS:

Ao CNPq pelo financiamento da pesquisa (Processo nº. 564343/2010-2). À EPAGRI-SC pelo apoio no processamento das amostras (Convênio nº. 266/2012). À Universidade Estadual de Roraima, por meio do Laboratório de Turismo Ecologia e Meio Ambiente, pelo apoio logístico.

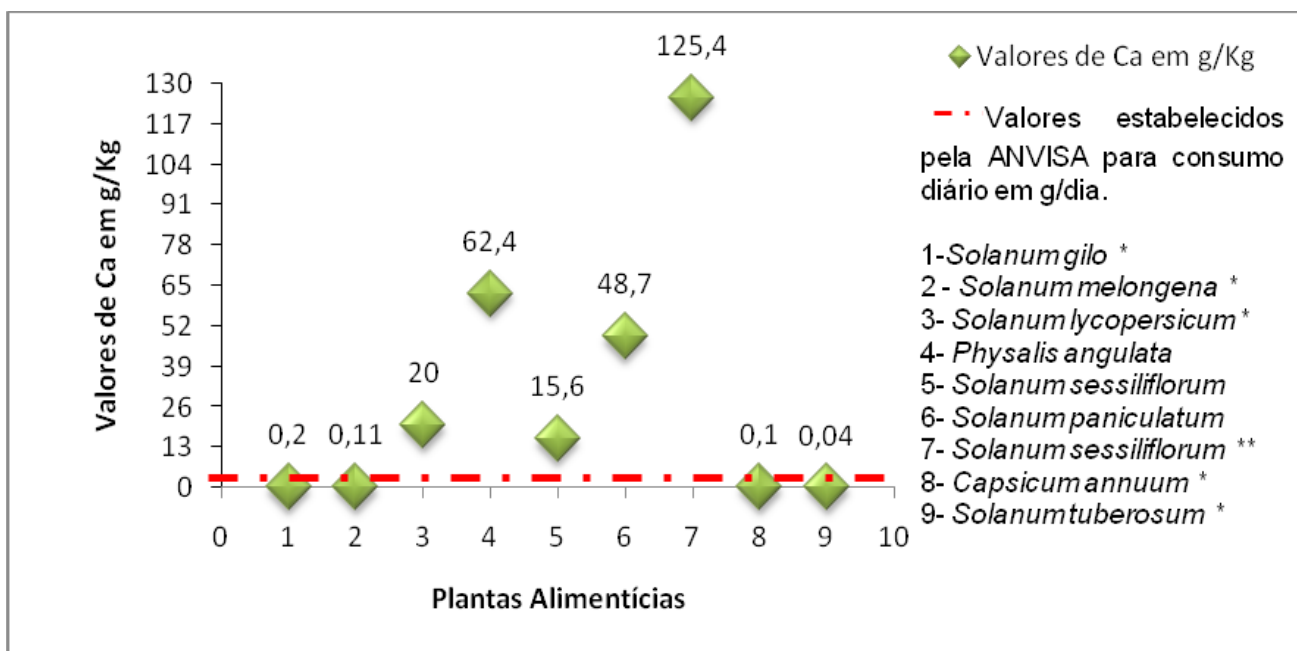
## REFERÊNCIAS:

1. Albuquerque. U. P. Introdução à Etnobotânica – Recife: Bagaço, 2002. 87p
2. Amorozo, M. C. M.; Viertler, R. B. Abordagem qualitativa na coleta e análise de dados em etnobiologia e etnoecologia. In: Albuquerque, U. P.; Lucena, R. F. P.; Cunha, C. L. V. F. 2002. Métodos e Técnicas na Pesquisa Etnobiológica e Etnoecológica. Recife: NUPEEA, p: 65 – 82.
3. Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Regulamento Técnico sobre Ingestão Diária Recomendada (Idr) para

- Proteína, Vitaminas e Minerais. Consulta Pública nº 80, de 13/12/2004.
- Brasil. Manual de hortaliças não-convencionais, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Brasília, 2010.
  - Ferreira, G. C.; Andrade, A. C. S. Diretrizes para coleta, herborização e identificação de material botânico nas Parcelas Permanentes em florestas naturais da Amazônia brasileira. Manaus-AM, 2006.
  - Forni-Martins, E. R.; Marques, M. C. M.; Lemes, M. R. Biologia floral e reprodução de *Solanum paniculatum* L. (Solanaceae) no estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica, São Paulo*, v. 21, n. 2, 1998. ([http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010084041998000200002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010084041998000200002&lng=en&nrm=iso)) Acesso em: 30/11/2014.
  - Lorenzi, H.; Matos, F. J. A. 2002. Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum. 2002.
  - Nepa/Unicamp; Taco. 2011. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4ta ed. FODEPAL, Campinas – SP, 2011, 164p.
  - Padulosi, S.; Hoeschle-Zeledon, I. A qué denominamos especies subutilizadas. *Leisa Revista de Agroecologia*, 2004, p: 6-8.
  - Rapport, E. H.; Marzocca, A. & Drausal, B. S. Malezas comestibles del cono sur y otras partes del planeta. Fundación Normatil, 2009.
  - Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, E. S. *Biologia Vegetal*. 5ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996, 738p.
  - Silva Filho, D.F.; Andrade, J.S.; Clement, C.R.; Machado, F.M.; Noda, H. Correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre descritores morfológicos e químicos em frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazonia. *Acta Amazônica*, 1999. 29: 503-511.
  - Stefanello, S. et al. Amadurecimento de frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) tratados com Etefon. *Acta Amazônica*. 2010. 40: 424-434.
  - Verdejo, M. E. 2006 - Diagnóstico Rural Participativo - Um guia prático- Brasília, 2006.
  - Yuyama, L. K. O.; Macedo, S. H. M.; Aguiar, J. P. L.; Filho, D. S.; Yuyama, K.; Fávaro, D. I. T.; Vasconcellos, M. B. A. 2007. Quantificação de macro e micro nutrientes em algumas etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). *Acta Amazônica*, 2007, 37: 425 – 430.



**Figura 05:** Teor de Fe nas PANC's e convencionais. \* Valores encontrados na TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (NEPA/UNICAMP, 2011); \*\* Valores disponibilizados (Yuyama et al., 2007).



**Figura 6:** Teor de Ca encontrado nas PANC's e convencionais. \* Valores encontrados na TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (NEPA/UNICAMP, 2011). \*\* Valores disponibilizados (Yuyama et al., 2007).



## ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO UNIFAMILIAR SEWAGE TREATMENT PLANT SINGLE FAMILY



RAIZER NETO, Ernesto<sup>1\*</sup>; PRADO, Júlio Dias do; MARCELINO, Marlon Leal<sup>3</sup>; VIEIRA, Glicia Gabriela<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> Bolsista CNPq, Departamento de Gestão Tecnológica, Rua Albano Schmidt, 3333, cep: 89206-001 - Joinville - SC, Brasil. (fone: +55 47 3461 0223)

<sup>2</sup> UNISOCIESC, Departamento de Gestão Tecnológica, Rua Albano Schmidt, 3333, cep: 89206-001 - Joinville - SC, Brasil. (fone: +55 47 3461 0214)

*Julio Dias do Prado*  
e-mail: [julio.dias@sociesc.org.br](mailto:julio.dias@sociesc.org.br)

Received 14 April 2015; received in revised form 9 December 2015; accepted 8 January 2016

---

### RESUMO

Atualmente existe uma grande preocupação quanto a falta de água potável no mundo, hoje o Brasil já vem sofrendo com as consequências pelos desperdícios e a destinação incorreta dos efluentes, padecendo já com vários racionamentos forçados. A destinação inadequada de esgotos sanitários é a principal causadora da poluição do solo, de águas subterrâneas, de mananciais de superfície e de cursos d'água em Santa Catarina. Dentre os municípios existentes no estado, apenas 8% são atendidos com serviços pela rede de esgoto, enquanto a média nacional é de 19%. Os sistemas de tratamentos de esgoto existentes mais eficientes são extremamente grandes, com isso a fim de solucionar os problemas com a destinação incorreta de esgotos, bem como, um tratamento eficiente e de baixo custo, foi projetado uma estação de tratamento sanitário de pequeno porte, para atender famílias de até 4 moradores com preço similar ao sistema de fossa filtro, porém com eficiência maior, possibilitando o descarte direto em leitos pluviais, ainda o reuso da água para sistemas de irrigações. O protótipo foi instalado em 10.08.2014, e realizado todos os ensaios pedidos pela legislação até o presente momento. Os resultados obtidos foram animadores, atendendo tanto a questão técnica quanto financeira.

**Palavras-chave:** esgoto sanitário, estação de tratamento, unifamiliar.

### ABSTRACT

Currently there is great concern about the lack of drinking water in the world, today Brazil has already suffered the consequences by waste and improper disposal of waste, suffering already with several forced rationing. Improper disposal of sewage is the main cause of soil pollution, groundwater, surface water sources and water courses in Santa Catarina. Among the existing municipalities in the state, only 8% are met with services by the sewage system, while the national average is 19%. More efficient existing sewage treatment systems are extremely large, with this in order to solve the problems with the incorrect disposal of sewage, as well as an efficient and cost-effective treatment, a small health treatment plant was designed, to meet families of up to 4 residents with similar price to the notch filter system, but more efficiently, allowing direct discharge into storm beds, even the reuse of water for irrigation systems. The prototype was installed on 10.8.2014, and performed all tests ordered by law to date. The results were encouraging, given both technical and financial.

**Keywords:** Sewage, Treatment plant, single family.

---

## INTRODUÇÃO

A implantação de um sistema de tratamento de esgoto sanitário (STES) é de fundamental importância para a saúde pública, preservação ambiental de cursos de água, do solo e do ar. O lançamento inadequado do esgoto no meio ambiente, seja por responsabilidade pública ou privada, implica em crime de poluição (art. 54, inc. VI, da Lei n. 9.605/98), podendo ser responsabilizados, por ação ou omissão, além de particulares, também os agentes públicos, a uma pena de um a cinco anos de reclusão, podendo recair sobre esses, ainda, a responsabilidade por ato de improbidade administrativa, nos termos do art. 11, inc. II, da Lei n. 8.429/92. O maior investimento para se implantar um STES está na captação do esgoto, compreendendo a construção de redes de coleta de esgoto e interligação destas redes com as estações de tratamento de esgoto (ETE). A dimensão continental do Brasil, a baixa densidade demográfica da maioria das cidades brasileiras, a topografia montanhosa de algumas regiões, a indisponibilidade de grandes áreas para construir as ETE, tudo isso encarece a oferta generalizada deste tipo de serviço por parte do poder público. Por exemplo, em Santa Catarina, a maior área do estado é constituída de cidades com densidade demográfica entre 5 e 20 hab/km<sup>2</sup>. Os pequenos municípios que tomaram para si a responsabilidade do fornecimento de água e tratamento de esgoto estão em situação pior, pois não apresentam capacidade de investimento neste setor.

A legislação, fiscalização e responsáveis pela implantação do esgoto, estão todos definidos por leis, normas e decretos bem claros, o que não existe é a disseminação da aplicação e a cobrança daquilo que a lei já estabelece. Isto foi constatado durante a execução deste projeto de Estação de Tratamento de Esgoto Unifamiliar, pois ao se visitar as companhias municipais de distribuição de água, estes orientam que deve ser procurado o órgão ambiental do município, pois no entender destas companhias, a responsabilidade do esgoto sanitário era de quem liberava o “habite-se”, portanto a prefeitura municipal.

Para o caso de residências unifamiliares o habite-se é conseguido se a residência possuir a instalação de um sistema de tratamento previsto na NBR 13969<sup>(3)</sup>. Esta norma apresenta

inúmeros processos de tratamento, o mais simples e aceito pela maioria dos municípios é a exigência de fossa e filtro, que quando bem dimensionada, e operada com a manutenção adequada oferece índices no máximo de 70% de rendimento sobre a eliminação da DBO original, e nenhuma desinfecção ou controles sobre rendimentos são exigidos sobre um sistema de fossa e filtro.

A tecnologia de tratamento de esgoto foi estudada por muitos anos e considerada totalmente dominada com a sequência dos processos anaeróbio, aeróbio e desinfecção. O objetivo do projeto Estação de Tratamento de Esgoto Unifamiliar é miniaturizar estes processos e construir um equipamento que atenda as exigências de tratamento *in situ*, e que reduza a geração de lodo e permita o reuso do esgoto tratado para alguns usos, especialmente na área rural.

Considerando-se apenas as 100 maiores cidades brasileiras, elas geraram em 2011, a quantidade de 5,1 bilhões de metros cúbicos de esgoto e desse total, mais de 3,2 bilhões de metros cúbicos não receberam tratamento. Se for considerado as cidades menores e a população concentrada na área rural, que em 2011 representava 15% da população brasileira, ou quase 30 milhões de habitantes, a situação é ainda pior, pois todo o esgoto é diretamente descartado em valas a céu aberto. Considerando que 73% dos municípios brasileiros tem menos de 20.000 habitantes e que são inexistentes redes de coleta e de esgoto em mais de 80% delas, constata-se que mais de 56% da população brasileira não conquistou ainda esse direito.

A proposta aqui apresentada, visa ser um produto complementar para o tratamento do esgoto frente as soluções existentes, especialmente para a área rural ou regiões isoladas, por um sistema eficiente e capaz de tratar o esgoto de uma residência, porém com um nível de tratamento adequado e preço equivalente a um sistema de fossa e filtro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do projeto do Sistema de Tratamento de Esgoto Unifamiliar, algumas premissas foram consideradas, com as etapas da pesquisa e desenvolvimento, para ser

realizada em um prazo de 10 meses.

Diante disso esse projeto precisa atender a alguns requisitos para que se torne viável, bem como, possuir um sistema de fácil instalação, similar a um sistema composto de fossa e filtro, atender a legislação em termos de parâmetros de tratamento, possuir manutenção e operação simples e ainda o preço não pode ultrapassar significativamente o valor do sistema de fossa e filtro.

A realização do projeto aconteceu dividida em algumas etapas.

### **2.1 Identificação, aquisição e estudo de normas aplicáveis referentes ao tratamento de esgoto**

Para a conclusão desta etapa foi necessário primeiramente realizar uma pesquisa em base de dados de patente (INPI); posteriormente a Identificação e aquisição de normas (principalmente as ABNTs); e para finalizar esta etapa concretizar o estudo das normas aplicáveis e adequação do projeto em relação as normas técnicas.

Outro fator que merecerá muita atenção será a variabilidade da composição dos esgotos a serem testados e os choques que normalmente acontecem em determinados horários e em alguns dias da semana, especialmente às segundas-feiras, dia normalmente dedicado à lavagem de roupas e uso intensivo de sabões de diversos graus de biodegradabilidade e em algumas regiões o uso intensivo de água sanitária para a limpeza de roupas de trabalho.

### **2.2 Desenvolvimento do projeto conceitual**

Como proposição conceitual do processo, ficou estabelecido que o equipamento deveria ser uma miniaturização de uma estação de tratamento de esgotos (ETE), composta de uma associação dos processos biológicos anaeróbio e aeróbio (lodo ativado), com os microrganismos em suspensão, e possuir um decantador e uma célula de desinfecção. Embora todos os processos envolvidos apresentem vasta literatura técnica, é sabido entre os pesquisadores que o *scale-down* é muito mais complicado que a realização de *scale-up* de um processo. Para a conclusão desta etapa foi elaborado o projeto em 2D, com as dimensões do sistema. Foi definido e especificado cada componente.

### **2.3 Construção do Protótipo**

Para a construção do protótipo fez-se necessário o desenvolvimento do projeto virtual em 3D e adquirir os componentes e elementos estruturais do sistema para a montagem e instalação do equipamento na estrutura da UNISOCIESC para testes preliminares e posteriormente a instalação em campo.

O equipamento proposto pretende atender os seguintes princípios, onde cada um é responsável pelo seu esgoto produzido, todos devem tratar seu esgoto e descartar após o tratamento com 30 mg/l de DBO e com 100 coliformes por 1.000 ml e qualquer tipo de tratamento aplicado não pode gerar outro tipo qualquer de poluição.

O protótipo da Estação de Tratamento de Esgoto Unifamiliar foi construído em chapa de ferro, porém, ele foi projetado para a produção futura em Polietileno de Média Densidade (PEMD) através do processo de rotomoldagem. Para efeitos de estudos serão construídos dois módulos, um reator anaeróbio e outro aeróbio, e após a análise dos resultados, os dois reatores farão parte de um único equipamento

### **2.4 Ensaios Laboratoriais**

Esta etapa é de grande importância, pois através dela é possível verificar e assegurar se a estação atende aos parâmetros que a legislação determina, garantindo assim sua eficiência. Para tal, foram realizados ensaios químicos nos laboratórios da UNISOCIESC e executado o sistema piloto da ETE, equacionando os processos envolvidos.

As análises mencionadas referem-se a ensaios que serão realizados com a aplicação de cargas e frequências normais do esgoto sanitário gerado. São analisados os seguintes parâmetros; DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO - Demanda Química de Oxigênio; Ph; N-NH<sub>3</sub> - nitrogênio amoniacal; OD - Oxigênio Dissolvido

### **2.5 Validação e proteção da invenção**

Esta etapa valida e assegura a invenção, garantindo que não haja outra estação igual a esta. E para tal é realizado a validação da tecnologia, proteção da invenção com depósito no INPI. Com isso torna-se possível a prospecção de empresas e licenciamento da tecnologia.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

Até o presente momento, boa parte das

atividades mencionadas no material e métodos, já foram realizadas. O equipamento encontra-se instalado no Residencial São Francisco de Assis, em Itajaí, Santa Catarina. A figura 01, apresenta o equipamento na estrutura da UNISOCIESC, onde ocorreu a montagem e pré-testes, e a figura 02, apresenta o equipamento instalado em campo para testes.



**Figura 01:** Protótipo na Estrutura da UNISOCIESC



**Figura 02:** Instalação do Protótipo

O protótipo foi instalado em 10.08.2014, e até o presente momento conseguiu-se completar o processo de aclimação e concentração de microrganismos mínima necessária. Conseguiu-se também observar que a inovação desenvolvida para o reciclo de lodo funciona muito bem para o decantador. Utilizou como aeração, um conjunto de membrana porosa e um soprador. A performance de aeração é muito boa,

mas se faz necessário melhorar o protótipo para diminuir o ruído no período em que o aerador é automaticamente ligado pela ação do timer. O peneiramento na entrada e no decantador deverão ser aprimorados, reduzindo-se o diâmetro dos furos.

## CONCLUSÕES:

Os resultados, são animadores e dão a certeza de que os objetivos, tanto técnico como financeiro, foram alcançados, pois o protótipo custou na mesma grandeza de um sistema de fossa e filtro. Considerando os ganhos de escala de produção, da construção dos dois módulos num só, do uso de PEMD e não mais chapa de ferro pintado, este preço será ainda inferior. Espera-se que em 2015, a Estação de Tratamento de Esgoto Unifamiliar esteja sendo comercializada.

O governo subsidiando a solução proposta no presente artigo, evitaria a poluição gerada por 30 milhões de habitantes, reusaria na agricultura familiar mais de 3 milhões de litros de água por dia e dispensaria o investimento de instalação de rede de esgoto, elevatórias e sistema de tratamento. Esta prática é comum em países desenvolvidos como USA, Japão, Alemanha e França para citar apenas alguns.

## AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem a colaboração das instituições FINEP e CNPq, e em específico ao projeto NAGI UNISOCIESC (convênio 01.12.0032.00), que possibilitou recursos para identificar e apoiar o desenvolvimento do projeto descrito, e prospectar empresas apoiadoras a inovação descrita no artigo.

## REFERÊNCIAS:

1. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2009. – Brasília: Ministério das Cidades, 2011.
2. Guia do Saneamento Básico: Perguntas e Respostas – CPME – Centro de Apoio ao Meio Ambiente – MP/SC – 2008.
3. NBR 13969 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação – ABNT – Associação Brasileira de Normas



Técnicas.

4. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Estados. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/estadosat> acessado em 09/2014.
5. RDWEP – Rural Development Water and Environmental Program. Disponível em: <http://www.rurdev.usda.gov/UWP-WorkshopSupplementalMaterials.html> acessado em 09/2014.
6. Hiroshi Ogawa - Japan Education Center of Environmental Sanitation – DOC N. 2-23-3 Kikukawa, Sumida-ku, Tokyo – Japan – 2007.
7. Lei federal nº 11.445 – disponível em: <http://www2.planalto.gov.br/acervo/legislacao> - acesso em 08/2014.



# POTENCIAL DOS RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA NO DESENVOLVIMENTO DE ADSORVENTES DE METAIS PESADOS



## POTENTIAL WASTE OF AGRO-INDUSTRIAL IN DEVELOPING ADSORBENTS OF HEAVY METALS

PATRIOTA, Sara Nepomuceno<sup>1\*</sup>; CERUTTI, Mikely Neres<sup>1</sup>; MULHOLLAND, Daniel Santos<sup>1</sup>; MARQUES, Mônica Alencar<sup>1</sup>; SCHEIDT, Gessiel Newton<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Rua Badejós, 69-72  
Zona Rural 77402970 - Gurupi, TO - Brasil  
(fone:(63) 33113521)

\* *Autor correspondente*  
e-mail: sarapatriota@hotmail.com

---

Received 13 August 2015; received in revised form 7 January 2016; accepted 8 January 2016

---

### RESUMO

Tem crescido a busca de encontrar alternativas viáveis para amenizar ou até mesmo resolver os problemas causados por contaminantes como os metais pesados. O uso de biomassas adsorventes surge com a possibilidade de se obter um processo eficiente e de baixo custo operacional. É nesse contexto que os processos de separação por adsorção se apresentam com grande aplicabilidade. A utilização de resíduos provenientes da agroindústria na remoção de metais vem sendo utilizado apresentando resultados satisfatórios. Esta revisão teve como objetivo investigar a viabilidade do uso de vários tipos de biomassas adsorventes para a remoção de metais pesados provenientes dos resíduos da agroindústria. Assim, essa pesquisa indica que os adsorventes estudados apresentam características favoráveis, expandindo as fronteiras econômicas e sociais, sendo uma alternativa viável e sustentável para descontaminação de metais pesados em corpos hídricos.

**Palavras-chave:** *Biomassa, Metais Pesados, Adsorção.*

### ABSTRACT

It has grown the search to find viable alternatives to mitigate or even solve the problems caused by contaminants such as heavy metals. The use of adsorbents biomass arises with the possibility of obtaining an efficient process and low operating cost. In this context, the adsorption separation processes present with wide applicability. The use of residues from the agro-industrial in removing metals has been used with satisfactory results. This review aimed to investigate the feasibility of using various types of biomass adsorbents for the removal of heavy metals from the wastes of agribusiness. Thus, this research indicates that the adsorbents studied exhibit favorable characteristics, expanding economic and social boundaries, being a viable and sustainable alternative to decontamination of heavy metals in water bodies.

**Keywords:** *Biomass, Heavy Metals, Adsorption.*

---

## INTRODUÇÃO

A ação do homem causa grandes mudanças no meio ambiente, tanto de forma positiva como negativa. O consumo, produção e exploração de matérias primas associado ao crescimento da população nas últimas décadas têm causado uma série de problemas ambientais em função da geração de resíduos contendo substâncias tóxicas, como os metais pesados (Moreira, 2004).

As principais fontes de poluição por metais pesados são derivados dos efluentes industriais, de mineração e das lavouras (Aguar *et al.*, 2002). Estes metais quando lançados sem tratamento prévio são altamente móveis no meio ambiente e bioacumulativos na cadeia alimentar. A presença destes íons metálicos em excesso nos corpos d'água é uma ameaça potencial à saúde pública, à fauna e à flora, pois muitos são conhecidos pela natureza carcinogênica e tóxica (Moreira *et al.*, 2009).

A contaminação dos recursos hídricos naturais tem sido ocasionada principalmente em função das atividades industriais. Embora alguns metais sejam biogênicos, isto é, sua presença é essencial para permitir o funcionamento normal de algumas rotas metabólicas, a maioria dos metais pesados, se ingeridos em concentrações demasiadas, são venenos acumulativos para o organismo. A contaminação ocorre através da inalação ou ingestão, essa última causada pela capacidade das plantas de bioacumular o metal em altas concentrações (Caziñares, 2000).

A remoção de contaminantes de águas residuais de forma eficiente tornou-se uma questão de grande importância na atualidade. Alguns métodos como precipitação, seguido de coagulação, ou filtração por membrana, tem sido utilizados para a remoção de metais em efluentes. No entanto, estes processos tornam-se inexecutáveis por produzir volumes de lamas e baixa remoção de metais, ou serem de alto custo limitando o uso na prática (Ahmaruzzaman, 2011). Dentre os diversos métodos, o processo de adsorção é um dos métodos eficazes usados para remoção de metais pesados a partir de solução aquosa (Özcan *et al.*, 2004).

O grande desafio para os pesquisadores é desenvolver novas metodologias ou aperfeiçoar as já existentes, para que possam resolver os problemas ambientais gerados pela

evolução industrial. Portanto, é necessária uma relação entre indústrias e centros de pesquisa, a fim de que compartilhem conhecimentos que auxiliarão na resolução de problemas ambientais inerentes aos processos.

## MÉTODOS CONVENCIONAIS UTILIZADOS NA REMOÇÃO DE METAIS PESADOS

As formas como os metais estão em solução, determinam o tratamento específico a ser escolhido ou a adaptação de um tratamento convencional.

Vários métodos convencionais de tratamento de efluentes industriais contaminados por uma elevada concentração de metal pesado são estudados, tais como: precipitação química, filtração, tratamento eletroquímico, osmose reversa, troca iônica, oxidação/redução que são muitas vezes restritos por inviabilidade técnica e/ou econômica, especialmente quando os metais estão dissolvidos em grandes volumes de água e em concentrações relativamente baixas. A adsorção é a operação de separação mais efetiva no tratamento de águas contaminadas (Coelho *et al.*, 2014).

O processo de precipitação embora seja um método relativamente simples e econômico nem sempre garante que a concentração metálica esteja dentro dos níveis máximos estabelecidos pela legislação específica, além de produzir, em alguns casos, resíduos difíceis de serem tratados (Schneider e Rubio, 2003). Por outro lado, resinas poliméricas (de troca-iônica ou quelantes) são bastante eficientes, porém de alto custo (Pino, 2005).

A osmose reversa é um processo em que os metais pesados são separados por uma membrana semipermeável a uma pressão maior do que a pressão osmótica provocada pelos sólidos dissolvidos em águas residuais. A desvantagem deste método é o alto custo (Ramachandra *et al.*, 2003).

A adsorção é um fenômeno físico-químico de grande importância devido a suas múltiplas aplicações na indústria. A adsorção se diferencia da absorção, em que a absorção implica no acúmulo da substância absorvida em todo o volume do adsorvente enquanto que na adsorção o fenômeno ocorre na superfície do adsorvente. O processo inverso à adsorção é a dessorção (Pino, 2006).

O principal adsorvente utilizado para a remoção de vários compostos orgânicos e íons metálicos é o carvão ativado, porém o alto custo deste material é um sério problema. Assim, a procura de novos materiais biológicos de fonte renovável, baixo custo, fácil manuseio e com menor impacto ambiental vem sendo incentivada (Igwe, Abia, 2007).

Materiais alternativos tais como subprodutos e resíduos de processos industriais têm sido avaliados devido a sua alta disponibilidade e acessibilidade, eficiência e a sua alta competitividade em relação às resinas de troca iônica e carvão ativado (Coelho *et al.*, 2014).

### Biossorção

Biossorção é capacidade da biomassa em adsorver metais em sua superfície através de grupos funcionais carboxílicos e fenólicos, que em pH neutro tornam-se deprotonados, onde a carga negativa é capaz de remover os cátions metálicos em solução por meio de processos como complexação, troca-iônica e adsorção. O método de biossorção surgiu como uma opção aos métodos convencionais para remoção de metais pesados de soluções diluídas (1 – 100 mg.L<sup>-1</sup>), como processo complementar ao tratamento convencional de efluentes (Pimentel, 2011).

Na biossorção, a captura dos íons metálicos pela biomassa é um processo passivo que se dá por interações físico-químicas entre os íons e os grupos funcionais presentes na superfície da biomassa. O processo baseia-se em diferentes mecanismos que não são afetados pelo metabolismo da biomassa. É um processo relativamente rápido, podendo ser reversível, e por isso mostra-se adequado para a remoção de íons metálicos (Souza *et al.*, 2008).

Uma das vantagens da biossorção é o bom desempenho que apresenta na remoção de diferentes espécies metálicas e o baixo custo do material biossorvente, já que pode ser empregada com o uso de biomassa e subproduto de algum processo industrial (indústria de alimentos, indústria farmacêutica, subprodutos de processos de fermentação e resíduos agrícolas). O processo de biossorção de metais pesados é afetado por diferentes fatores operacionais como: pH, força iônica,

concentração da biomassa, temperatura, tamanho de partícula, presença de outros íons na solução, etc (Arakaki, 2010).

Na Tabela 1 estão descritos os diferentes grupos funcionais presentes na camada superficial das biomassas, responsáveis pela captação de metais pesados nas soluções.

Tabela 1 - Principais grupos ionizáveis em polímeros biológicos susceptíveis de participar na união a metais pesados.

Grupo Químico	Átomo ligante	Localização
Hidroxila	O	Polissacarídeos, Ácidos urônicos, Aminoácidos.
Carbonila	O	Peptídeos
Carboxila	O	Ácido urônico, Aminoácidos.
Sulfidril		Aminoácidos.
Amina	N	Quitossana, Aminoácidos
Amina 2°	N	Peptideoglicana
Amida	N	Aminoácidos

Fonte: Bueno (2007, pág.37).

A adsorção pode ser avaliada quantitativamente através das isotermas de adsorção que expressam a relação entre a quantidade do metal que é adsorvido por unidade de massa do biossorvente e a concentração do metal em solução no equilíbrio a uma determinada temperatura constante.

As isotermas de adsorção dependem de vários fatores e expressam as propriedades da superfície e a afinidade da biomassa pelos íons. O valor da máxima capacidade de adsorção é uma característica importante para conhecer o desempenho da biomassa a altas concentrações do sorvente e ter sua caracterização (Coelho *et al.*, 2014).

De acordo com Mohan e Pittman (2006) as isotermas podem ser determinadas a partir de experimentos em que a massa do material adsorvente é agitada em um volume de uma solução com concentração inicial de soluto em uma determinada temperatura após um tempo até o equilíbrio. A teoria de Langmuir assume a existência de uma monocamada de distribuição homogênea dos sítios e energias de adsorção, não havendo interações entre as moléculas adsorvidas.

O modelo de Langmuir, descrito pela Equação 1, assume que todas as forças que atuam no processo adsorptivo são similares em natureza àquelas que envolvem uma reação química e que a sorção se resume a uma única camada de moléculas da substância sobre a superfície das partículas sólidas. Assim, a isoterma de Langmuir é tida como o modelo mais simples entre as demais isotermas de adsorção (Caporalin, 2011).

$$q = \frac{q_{\max} b C_e}{(1 + b C_e)} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

$q$  é a quantidade de metal adsorvido em mg/g;

$q_{\max}$  é a capacidade máxima de adsorção em mg/g;

$C_e$  é a concentração do soluto em equilíbrio em mg/L;

$b$  é a constante de relacionada com a energia de adsorção.

## RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DE METAIS PESADOS

Nos últimos anos, vários resíduos agrícolas vem sendo explorados como adsorventes de baixo custo, sendo uma alternativa promissora para resolver os problemas ambientais.

### BIOMASSAS COM POTENCIAL PARA ADSORÇÃO

Costa e Yamaura (2007) avaliaram que o bagaço de cana-de-açúcar possui considerável potencial como adsorvente para os íons de Pb (II). A utilização do bagaço, um resíduo agroindustrial, como adsorvente de Pb contribuiu de forma significativa no aspecto social, econômico e ambiental, tendo em vista o seu baixo custo, geração de novos empregos e aplicação de estratégias de controle de resíduos agroindustriais e de metais pesados.

De acordo com Batista (2014) a casca de tangerina como adsorvente mostrou grande potencialidade para remoção de metais pesados Pb(II), Cr(II) em efluentes, apresentando boas

perspectivas para ser utilizado em processo alternativo de tratamento de rejeito para remoção de metais pesados.

Martins *et al* (2015) notaram que a casca da banana é um bom adsorvente natural e tem viabilidade para ser utilizado como material alternativo em procedimentos de adsorção de metais como cobre e chumbo, pelo seu baixo custo, facilidade de manuseio e seletividade. Os resultados obtidos indicam que o bagaço de caju tratado com NaOH 0,1 mol.L<sup>-1</sup>/3h apresenta características favoráveis ao seu uso como material adsorvente dos íons tóxicos: Pb<sup>+2</sup>, Cu<sup>+2</sup>, Ni<sup>+2</sup>, Cd<sup>+2</sup> e Zn<sup>+2</sup> em solução aquosa. O mesmo resultado foi observado por Moreira *et al* (2007) quando avaliaram o bagaço de caju também tratado com NaOH 0,1 mol.L<sup>-1</sup>/3h.

Para Gonçalves Jr *et al* (2009) a biomassa seca do aguapé (*Eichornia crassipes*) possui capacidade de adsorção e remoção dos metais Cd, Pb, Cr, Cu e Zn em soluções contaminadas, comprovando que a biomassa seca é um excelente material para remoção tanto em pequena como em grande escala de corpos hídricos contaminados com metais pesados.

De acordo com Yan e Viraraghavan (2003), a biossorção de chumbo, cádmio e zinco por biomassa viva e morta de *Mucor rouxii*, tratada com NaOH, foi estudada numa determinada faixa de pH. No caso da biomassa morta, o pH baixo resultou em um decaimento na capacidade de biossorção. Foi observado que em pH 3.0 ou em valores menores, a inibição da biossorção dos íons metálicos começou a ser notada. Por outro lado, em valores de pH 4.0 ou superiores, a biossorção de íons metálicos aumentou nitidamente, atingindo em pH 5.0 valores de adsorção de 25,22; 16,62; 8,36 e 6,34 mg/g para Pb<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup>, respectivamente. Os melhores resultados foram alcançados ao empregar um pH igual a 6.0, atingindo 53,75; 53,85; 20,31 e 20,49 mg/g para adsorção de Pb<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup>, respectivamente. Por outro lado, a biomassa viva teve uma capacidade de biossorção de 35,69; 11,09; 8,46 e 7,75 mg/g em pH 5.0 para Pb<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup>, respectivamente.

Rodrigues *et al.* (2006) avaliaram a biossorção de íons cádmio e cobre em madeira modificada com ácido cítrico. Essa modificação introduziu grupos funcionais ao material onde houve um aumento da capacidade adsorptiva

sugerindo que o principal mecanismo de adsorção é a atração eletrostática entre os cátions  $Cd^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$ .

Na avaliação de aluminossilicatos, Aguiar *et al.* (2002) observaram eficiência na remoção de metais pesados e potencialidade desse material podendo ser empregado para qualquer tipo de rejeito. A desvantagem, porém foi no controle da acidez do meio, pois em meio ácido ocorre colapso da estrutura do aluminossilicato diminuindo eficiência do processo.

Tarley *et al.* (2004) observou que a casaca do arroz possuía uma grande eficiência na remoção do Cd e Pb. Notou-se que o pH ótimo de remoção foi 4, com uma retenção de 4,23 mg/g para Pb e de 1,42 mg/g para Cd. A maior capacidade de adsorção do chumbo em relação ao cádmio foi devida à diferença de eletronegatividade entre estes metais.

A casca de trigo foi considerada uma biomassa muito eficiente na biossorção de cobre, além de possuir um baixo custo, e principalmente por ser um resíduo de fácil obtenção. O tamanho de suas partículas eram aproximadamente de 5 mm, e o valor do pH ótimo foi de 5, obtendo assim uma remoção de 99% com uma concentração de 12g/L em um tempo de contato de 120 minutos (Basci *et al.*, 2004).

O desempenho de adsorção de cascas de arroz para os íons de antimônio em soluções aquosas foi investigada por Khalid *et al.* (2000). Adsorção quantitativa foi obtida dentro de um curto tempo de contato de 10 min. A reação ocorreu em presença de uma variedade de anions, com adsorção máxima na presença de 0,01 M de  $HNO_3$ .

Singh *et al.* (2006) analisaram o farelo de trigo na remoção de Cd (II) em águas residuais. A máxima remoção de Cd (II) em concentração de 12,5 mg/L e a 20 °C foi de 87,15%.

Os resíduos das folhas de chá foram usados para a remoção de chumbo, ferro, zinco e níquel em água por Ahluwalia e Goyal (2005). A partir de 20 mg / L de solução metálica por biomassa de folhas de chá seca, foram removidos 96, 91, 72 e 58%, respectivamente de metal. Em uma mistura metálica, foram removidos 92,5, 84 e 73,2% de chumbo, ferro e zinco, respectivamente. Análise de infravermelho (FTIR) indicou que o grupo carboxila foi envolvido na ligação de chumbo e de ferro,

enquanto que o grupo amina foi envolvido na ligação de níquel e zinco.

Amarasinghe e Williams (2007) também avaliaram a adsorção dos íons cobre e chumbo em resíduos de chá de solução aquosa. Observaram que a capacidade de adsorção foi maior na faixa de pH 5- 6, e a captação do metal foi de 48 e 65 mg/g de Cu e Pb respectivamente.

Resíduos de café têm sido estudados por Minamisawa *et al.* (2005) como adsorventes para tratamento de água. Para adsorver metais pesados, os resíduos de grãos de café foram suspensos em soluções aquosas contendo Cu (II) e Cd (II). Os resultados mostram que a porcentagem de adsorção dos íons de metais pesados foi acima de 90% para os grãos de café examinados. Além disso, as capacidades de adsorção de Cu (II) e Cd (II) para os íons de café eram de cerca de 2,0 mg/ g.

As cascas de amendoim foram estudadas por Oliveira *et al.* (2009) para remoção de cobre e chumbo. A máxima capacidade de adsorção obtida a partir do modelo de Langmuir foi de 0,21 e 0,18 mmol/g de cobre e chumbo, respectivamente. Em sistemas combinados, houve competição de cobre e chumbo, e o total adsorvido foi de cerca de 0,21 mmol/g nos sistemas mono e sistemas combinados.

Ajmal *et al.* (2000) analisaram a casca de laranja para remoção de Ni (II) em águas residuais de galvanoplastia. O extensão da remoção de Ni (II) verificou-se que a remoção de Ni(II) é dependente da concentração inicial do metal, o pH e da temperatura. A adsorção máxima de 96% a 50 °C para uma concentração inicial de 50 mg / L, a pH 6.

Ucun *et al.* (2002) consideraram adequado a biomassa proveniente do *Pinus sylvestris* para remoção de Cr (VI) de soluções aquosas. As condições ótimas de adsorção foram no tempo de 2 h, pH 10 e concentração inicial de 150 mg/L. Assim nessas condições, a capacidade máxima de adsorção foi de 122,2 mg/g obtendo 81,47% de eficiência na remoção.

Kadirvelu e Namasivayam (2003) utilizaram carvão preparado de fibras de coco para adsorção de cádmio em solução aquosas. Em condições de pH 5,0 e temperatura de 30°C, a capacidade de adsorção 93,4 mg/g.

Shukla *et al.* (2006) estudaram a remoção de Fe (II) em soluções aquosas com uso de

fibras de celulose. A capacidade máxima de remoção foi de 2,84 mg/g com o uso de 20 g/L de adsorvente.

A casca de banana foi testada como adsorvente para remoção de Cd (II) e Cr (II) por Memon *et al.* (2008, 2009). Os parâmetros pH, tempo de contato, concentração inicial de íons do metal e temperatura foram investigadas e as condições resultaram em uma adsorção rápida e eficiente (95%, tempo de 10 min). A capacidade de adsorção para o cádmio foi de 35, 52 mg/g, e para o cromo a capacidade de adsorção foi de 131, 56 mg/g.

Na Tabela 2 é feita uma comparação entre diversos adsorventes de baixo custo derivados de diferentes resíduos agrícolas para remoção de vários tipos de metais pesado.

### **PRÉ – TRATAMENTO DA BIOMASSA**

Segundo Santos (2007) biomassa é toda matéria orgânica de origem vegetal, animal ou microbiana, incluindo os materiais procedentes de suas transformações naturais ou artificiais. A biomassa pode ser ativa cujas células vivas têm como vantagem uma variedade maior de mecanismos para acúmulo de metais ou pode ser inativa onde não há problemas relacionados à toxicidade dos metais dissolvidos e nem pelas condições de operações como o pH.

O pré-tratamento da biomassa é uma etapa muito importante, o qual pode interferir na eficiência da remoção dos metais. Esta capacidade pode ser aumentada significativamente quando a biomassa é modificada quimicamente. Essas modificações são geradas pela extração de compostos orgânicos solúveis que favorecem o aumento no número de sítios ativos disponíveis, eliminam a coloração das soluções aquosas e beneficiam, sobretudo, os fenômenos de quelação, aumentando a eficiência da adsorção de metais (Rodrigues *et al.*, 2006).

Diferentes tipos de agentes modificantes podem ser utilizados: soluções de base (hidróxido de sódio, hidróxido de cálcio e carbonato de sódio), mineral e soluções de ácidos orgânicos (ácido clorídrico, ácido nítrico, ácido sulfúrico, ácido tartárico, ácido cítrico, ácido tioglicólico), compostos orgânicos (etilenodiamina, formaldeído, epícloridrina, metanol), agente oxidante (peróxido de hidrogênio), corante, etc (Wan, Hanafiah, 2008).

De acordo com Marshall *et al.* (1999) a casca de soja a uma extração alcalina (NaOH), seguida de uma modificação com ácido cítrico em temperatura elevada e observou-se o aumento da capacidade da biomassa em reter cádmio e cobre. Vaughan *et al.* (2001) aplicaram os mesmos tratamentos químicos em sabugo de milho e explicaram que, dependendo do metal (Cd, Cu, Zn e Ni) a ser adsorvido e do tratamento utilizado, a capacidade de carregamento do material é equivalente ou melhor do que o carregamento de determinadas resinas comerciais.

Kumar e Bandyopadhyay (2006) usaram a casca de arroz na sorção de Cd (II). Avaliaram a casca de arroz cru, a casca de arroz tratada com NaOH e a casca de arroz tratada com bicarbonato de sódio. Os autores indicam que o tratamento com bicarbonato de sódio é uma alternativa excelente para a remoção de Cd (II) por processo de sorção.

O bagaço bruto da cana-de-açúcar, assim como várias matrizes sólidas de origem vegetal, pode adsorver íons ou moléculas complexas. Essa capacidade pode ser incrementada mediante o tratamento de ácido sulfúrico, por exemplo, quando o bagaço se torna capaz de retirar íons chumbo (II) de soluções aquosas, já que o metal se liga a grupos funcionais tais como carboxilas, aminas ou materiais fenólicos (Martín-Lara *et al.*, 2010). O tratamento com ácido sulfúrico incrementa a remoção do chumbo em aproximadamente 13%, em relação ao bagaço bruto.

Devido a estas considerações, a procura por novos adsorventes que sejam viáveis do ponto de vista técnico/econômico está focada nos biomateriais, como fungos, bactérias, algas, madeiras, subprodutos agrícolas e outros (Rodrigues *et al.*, 2006).

### **CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS PARA O BRASIL**

No Brasil são produzidos os mais diversos subprodutos e resíduos agroindustriais (cana-de-açúcar, caju, coco verde e outros) devido a grande produção agrícola do país (Moreira *et al.*, 2007). Além disso, vários estudos estão sendo realizados visando a biossorção de metais pesados pelo emprego de biomassas fúngicas, de bactérias, de microalgas

continentais, de macrófitas aquáticas no Rio Grande do Sul (Schneider, 1995) e da árvore *Araucaria angustifolia* onde coleta-se o pinhão que é um alimento bastante consumido na região sul do Brasil (Santos, 2007). A adsorção de íons metálicos se apresenta como um importante processo alternativo, ou suplementar, na despoluição do meio aquático (Pitol, 2011).

A remoção de metais pesados por adsorção se destaca devido à possibilidade de se utilizar resíduos como adsorventes e assim diminuir o custo do processo. Vários resíduos vêm sendo estudados em diversas partes do Brasil. Além dos vegetais superiores, uma fonte importante de biomassa nas regiões litorâneas são os crustáceos, cujo exoesqueleto é rico em quitina, um carboidrato polimérico precursor da quitosana. Uma vez obtida a quitosana, ela pode ser utilizada para o tratamento de água potável, substituindo o sulfato de alumínio nas etapas de tratamento de água. (Tajik *et al.*, 2008).

A biomassa a partir dos frutos amazônicos como a Castanha do Brasil, a casca do Cupuaçu e o caroço do Açaí se tornam excelentes fontes para adsorção de metais em solução aquosa, além do Buriti, Babaçu e Andiroba que possuem grande potencial para adsorção de acordo com Cruz (2010).

Segundo Nascimento *et al.* (2014) e Matos (2014) o Centro-oeste possui várias espécies do cerrado que estão sendo estudadas e são promissoras na adsorção de íons metálicos como o Pequi, as cascas de Jatobá do cerrado, baru.

Vieira e Volesky (2010) afirmam que algas, cascas, fibras, serragens, fungos e bactérias são exemplos de biomassa que estão sendo testadas para a biosorção de metais.

O uso de adsorventes naturais para o processo de adsorção de íons metálicos em águas é de grande interesse, tanto para a pesquisa científica quanto para pesquisa econômica e social, pois o uso em larga escala destes resíduos pode em um futuro breve ser grande fonte de renda e bem estar social. Logo, o campo para pesquisa envolvendo o processo de adsorção usando biomassas como adsorventes para remoção de metais pesados, é muito extenso e ainda pouco explorado.

A presente revisão avalia o comportamento de alguns adsorventes, onde os

mesmos apresentaram bons resultados frente a adsorção de metais pesados. Para aplicação em macroescala, são necessários estudos mais aprofundados dos parâmetros que regem a adsorção, para controlar e aperfeiçoar as condições de processo, dando maior eficiência da remoção do contaminante com baixos custos operacionais.

## AGRADECIMENTOS

À UFT e CNPq (Processo: 456649/2014-0) pelo suporte financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIAR, M. R. M. P. et al. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. *Química Nova*, v. 25, n. 6B, p. 1145-1154, **2002**.
2. AHLUWALIA, S. S.; GOYAL, D. Removal of heavy metals by waste tea leaves from aqueous solution. *Engineering in life Sciences*, v. 5, n. 2, p. 158-162, **2005**.
3. AHMARUZZAMAN, M. Industrial wastes as low-cost potential adsorbents for the treatment of wastewater laden with heavy metals. *Advances in Colloid and Interface Science*, v. 166, n. 1-2, p. 36-59, ago. **2011**.
4. AJMAL, M. et al. Adsorption studies on *Citrus reticulata* (fruit peel of orange): removal and recovery of Ni (II) from electroplating wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, v. 79, n. 1, p. 117-131, **2000**.
5. AMARASINGHE, B.; WILLIAMS, R. A. Tea waste as a low cost adsorbent for the removal of Cu and Pb from wastewater. *Chemical Engineering Journal*, v. 132, n. 1, p. 299-309, **2007**.
6. ARAKAKI, A. H. Desenvolvimento de bioprocesso para produção de biomassa rica em cobre e zinco por fermentação submersa utilizando leveduras isoladas do Baru (*Dipteryx alata vog.*) e testados em resíduos da agroindústria brasileira. 2010. 152f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, **2010**.
7. BASCI, N. et al. Biosorption of copper (II) from aqueous solutions by wheat shell.



- Desalination, v. 164, n. 2, p. 135 – 140, 2004.
8. BATISTA, T. S. Estudo de adsorção de metais pesados de efluentes utilizando a casca da tangerina como biomassa adsorvente. 2014. 50f. Monografia (Graduação em Química Industrial) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, **2014**.
  9. BUENO, B.Y.M.; Remoção de Pb, Cr e Cu por Processo Combinado Biossorção / Bioflotação utilizando a Cepa *Rhodococcus Opacus*. 2007. Dissertação (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica do Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia da PUC – Rio. Rio de Janeiro, **2007**.
  10. CAPORALIN, C. B. Comparação da Biossorção de Metais Terras-Raras pela Biomassa Melanizada do Fungo *Aspergillus nidulans* nas formas livres e imobilizadas. 2011. 144f. Dissertação (Mestre em Biotecnologia) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara, **2011**.
  11. CAZIÑARES, R.O.; Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana, Revista Latinoamericana de Microbiología, v. 42, p. 131 -143, **2000**.
  12. COELHO, G. F et al. Uso de técnicas de Adsorção utilizando resíduos agroindustriais na remoção de contaminantes em água. Journal of Agronomic Sciences, Umuarama, v.3, n. especial, p. 291-317, **2014**.
  13. COSTA, C. H.; YAMAURA. M. Avaliação do potencial de adsorção do bagaço de cana-de-açúcar para os íons de Pb. **2007**.
  14. CRUZ, O. F. J. Produção de carvão ativado a partir de produtos residuais de espécies nativas da região amazônica. 2010. 73 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais da UTFPR. Curitiba, **2010**.
  15. GONÇALVES Jr, A. C.; SELZLEIN, C.; NACKE, H. Uso de biomassa seca de aguapé (*Eichornia crassipes*) visando á remoção de metais pesados de soluções contaminadas. Acta Scientiarum Technology, v. 31, n. 1, p. 103 – 108, **2009**.
  16. IGWE, J.C.; ABIA, A. A. Adsorption isotherm studies of Cd (II), Pb (II) and Zn (II) ions bioremediation from aqueous solution using unmodified and EDTA-modified maize cob. Ecletica Química, v. 32, n. 1, p. 33 – 43, **2007**.
  17. KADIRVELU, K.; NAMASIVAYAM, C. Activated carbon from coconut coirpith as metal adsorbent: adsorption of Cd (II) from aqueous solution. Advances in Environmental Research, v. 7, n. 2, p. 471-478, **2003**.
  18. KHALID, N. et al. Potential of rice husks for antimony removal. Appl. Radiat. Isot., v. 52, n. 1, p. 31 – 38, **2000**.
  19. KUMAR, U.; BANDYOPADHYAY, M. Sorption of cadmium from aqueous solution using pretreated rice husk. Bioresour. Technol., v. 97, n. 1, p. 104–109, 2006.
  20. MARSHALL, W. E. et al. Enhanced metal adsorption by soybean hulls modified with citric acid. Bioresource Technology, v. 69, p. 263-268. **1999**.
  21. MARTÍN-LARA, M. A. et al. Modification of the sorptive characteristics of sugarcane bagasse for removing lead from aqueous solutions. Desalination, v. 256, n. 1-3, p. 58-63, **2010**.
  22. MARTINS, W. A. et al. Reaproveitamento de resíduos da agroindústria para tratamento de efluentes. Revista Verde, v. 10, n.1. **2015**.
  23. MATOS, T. N. Potencialidade das cascas de Jatobá do cerrado (*Hymenaea stigonocarpa*) na adsorção de íons Pb (II). 2014. 47 f. Monografia (Licenciatura em Química) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, **2014**.
  24. MEMON, J. R. et al. Characterization of banana peel by scanning electron microscopy and FT-IR spectroscopy and its use for cadmium removal. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, v. 66, n. 2, p. 260-265, **2008**.
  25. MEMON, J. R. et al. Banana peel: a green and economical sorbent for the selective removal of Cr (VI) from industrial wastewater. Colloids and surfaces B: Biointerfaces, v. 70, n. 2, p. 232-237, **2009**.
  26. MINAMISAWA, M. et al. Removal of copper (II) and cadmium(II) from water using roasted coffee beans. Environmental Chemistry, p. 259–265,

- 2005.**
27. MOHAN, D.; PITTMAN, C. U. Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri-and hexavalent chromium from water. *Journal of hazardous materials*, v. 137, n. 2, p. 762-811, **2006**.
  28. MOREIRA, C. S.; Adsorção competitiva de cádmio, cobre, níquel e zinco em solos. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Brasil, **2004**.
  29. MOREIRA, S. A et al. Utilização de bagaço de caju como bioadsorvente na remoção de metais pesados de efluente industrial. In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica. 2007, João Pessoa. II CONNEPI, **2007**.
  30. MOREIRA, S. A. et al. Remoção de Metais de solução aquosa usando bagaço de caju. *Química Nova*, v. 32, n 7, p. 1717 – 1722, **2009**.
  31. NASCIMENTO, J. M. et al. Biossorção dos íons  $Cd^{2+}$  e  $Pb^{2+}$  utilizando a biomassa casca do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) modificada com ácido cítrico. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 8, n. 1, p. 57 – 69, **2014**.
  32. OLIVEIRA, F. D. *et al.* Copper and lead removal by peanut hulls: Equilibrium and kinetic studies. *Desalination*, v. 248, n. 1, p. 931-940, **2009**.
  33. ÖZCAN, A.S.; ÖZCAN, A. Adsorption of acid dyes from aqueous solutions onto acidactivated bentonite. *Journal of Colloid and Interface Science*, v.276, n.1, p.39-46, **2004**.
  34. PIMENTEL, A. M.R.. Remoção de Co(II) e Mn(II) de soluções aquosas utilizando a biomassa *R. Opacus*. 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos do Departamento de Engenharia de Materiais, PUC – Rio. Rio de Janeiro, **2011**.
  35. PINO, G.H. Biossorção de Metais Pesados Utilizando Pó da Casca de Coco Verde (*Cocos nucifera*). Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica do Departamento de Ciências dos Materiais e Metalurgia da PUC – Rio. Rio de Janeiro, **2005**.
  36. PINO, G. H. et al. Biosorption of cadmium by green coconut shell powder. *Minerals engineering*, v. 19, p. 380 – 387, **2006**.
  37. PITOL, F. L. Aplicações sustentáveis de Biomassa: Novas perspectivas. *Revista da Unifebe*, v. 9, p. 100 – 109, **2011**.
  38. RAMACHANDRA, T. V. et al. Biosorption of heavy metals. *Research Journal Of Chemistry And Environment*, v. 7, p. 71 – 79, **2003**.
  39. RODRIGUES, R. F. et al. Adsorção de Metais Pesados em serragem de madeira tratada com ácido cítrico. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 11, n. 1, p. 21-26, **2006**.
  40. SANTOS, F.A. Uso das escamas da pinha da *Araucaria angustifolia* para biosorção de metais pesados de efluente industrial de galvanoplastia. 2007. 146 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de materiais, PUCRS – Porto Alegre, **2007**.
  41. SCHNEIDER, I. A. H. Biossorção de metais pesados com a Biomassa de Macrófitos aquáticos. 1995. 157f. Tese (Doutor em Engenharia) – Programa de Pós – Graduação em Engenharia metalúrgica e dos materiais, UFRGS – Porto Alegre, **1995**.
  42. SCHNEIDER, I. A. H.; RUBIO, J. Plantas Aquáticas: adsorventes naturais para a melhoria da qualidade das águas. XIX Prêmio Jovem Cientista-2003–Água: Fonte de Vida, 16p, 2003.
  43. SHUKLA, S. R.; PAI, R. S.; SHENDARKAR, A. D. Adsorption of Ni (II), Zn (II) and Fe (II) on modified coir fibres. *Separation and purification technology*, v. 47, n. 3, p. 141-147, **2006**.
  44. SEKHAR, K.C. *et al.* Removal of metal ions on industrial biomass with referenos to environmental control. *Internacional Journal of Mineral Processing*, Amsterdam, v. 53, n. 1-2, p.107 - 120, **1998**.
  45. SINGH, K. K. *et al.* Low cost bio-sorbent 'wheat bran'for the removal of cadmium from wastewater: kinetic and equilibrium studies. *Bioresource technology*, v. 97, n. 8, p. 994 - 1001, **2006**.
  46. SOUZA, F. W. *et al.* Uso da casca de coco verde como adsorvente na remoção de metais tóxicos. *Química Nova*, v. 30,

- n. 5, p. 1153 – 1157, 2007.
47. SOUZA, J. I. *et al.* Biossorção de cobre, manganês e cádmio por biomassa de *Saprolegnia subterranea* (Dissmann) R. L. Seym. e *Pythium torulosum* Coker & P. Patt. (Oomycetes). *Acta bot. bras*, v. 22, n. 1, p. 217 – 223, **2008**.
48. TAJIK, H. *et al.*, Preparation of chitosan from brine shrimp (*Artemia urmiana*) cyst shells and effects of different chemical processing sequences on the physicochemical and functional properties of the product. *Molecules*, v. 13, n.6, p. 1263-1274, **2008**.
49. TARLEY, C.R.; ARRUDA, M.A.; Biosorption of heavy metals using rice milling by-products. Characterization and application for removal of metals from aqueous effluents, *Chemosphere*, v. 54, p. 987 -995, **2004**.
50. UCUN, H. *et al.* Biosorption of chromium (VI) from aqueous solution by cone biomass of *Pinus sylvestris*. *Bioresource technology*, v. 85, n. 2, p. 155-158, **2002**.
51. VAUGHAN, T. *et al.* Removal of selected metal ions from aqueous solution using modified corncobs. *Bioresource Technology*, v. 78, p. 133-139. **2001**.
52. VIEIRA, R. H. S. F.; VOLESKY, B. Biosorption: a solution to pollution?. *International Microbiology*, v. 3, n. 1, p. 17-24, **2010**.
53. WAN NGAH, W. S.; HANAFIAH, M. A. K. M. Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: a review. *Bioresource technology*, v. 99, n. 10, p. 3935-3948, **2008**.
54. YAN, G.; VIRARAGHAVAN, T. Heavy-metal removal from aqueous solution by fungus *Mucor rouxii*. *Water Research*, v. 37, n. 18, p. 4486-4496, **2003**.

**Tabela 2:** Capacidade de adsorção de diferentes resíduos agrícolas como adsorventes para a remoção de metais pesados em solução aquosa.

Adsorvente	Adsorvato	Capacidade de Adsorção	Referência
Cana de açúcar	Pb (II)	1,75 mg	Costa e Yamaura (2007)
Tangerina	Pb (II) e Cr (II)	17,2 e 5,77 mg	Batista (2014)
Casca de arroz	Cd (II) e Pb (II)	1,42 e 4,23 mg	Tarley (2004)
Casca de trigo	Cu (II)	10,84 mg	Basci (2004)
Farelo de trigo	Cd (II)	12,5 mg	Singh (2006)
Folhas de chá	Cu (II) e Pb (II)	48 e 65 mg	Amarasinghe e Williams (2007)
Café	Cu (II) e Cd (II)	2,0 mg	Minamisawa <i>et al</i> (2005)
Casca de amendoim	Cu (II) e Pb (II)	0,21- 0,18 mmol	Oliveira <i>et al</i> (2009)
<i>Pinus sylvestris</i>	Cr (VI)	122,2 mg	Ucun <i>et al</i> (2002)
Fibras de coco	Cd (II)	93,4 mg	Kadirvelu e Namasivayam (2003)
Fibras de celulose	Fe (II)	2,84 mg	Shukla <i>et al</i> (2006)
Casca de banana	Cd (II) e Cr (II)	35,52 e 131,56 mg	Memon <i>et al</i> (2008, 2009)



## AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE COMPOSTOS FENÓLICOS PRESENTES NAS FOLHAS DE *LIPPIA SIDOIDES* CHAM



### EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PHENOLIC COMPOUNDS PRESENT IN *LIPPIA SIDOIDES* CHAM LEAVES

CARLOS, Thayrine Dias<sup>1</sup>; FRANCISCO, Welington<sup>1\*</sup>; GUIMARÃES, Luiz Gustavo de Lima<sup>2</sup>;

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, Colegiado de Ciências Exatas e Biotecnológicas, Rua Badejós, chácaras 69/72, Cx. Postal 66, cep 77402-970, Gurupi – TO, Brasil. (fone: +55 63 3311 3504)

<sup>2</sup> Universidade Federal de São João Del-Rei, Campus Dom Bosco, Departamento de Ciências Naturais, Praça Dom Helvécio, 8902, cep 36301-160, São João Del-Rei – MG, Brasil. (fone: +55 32 3379 2483)

\* Autor correspondente  
e-mail: welington@uft.edu.br

Received 28 September 2015; received in revised form 6 December 2015; accepted 8 January 2016

#### RESUMO

Muitos estudos químicos, farmacológicos e clínicos possibilitaram que área de fitoquímica desenvolvesse diversos fármacos usados hoje em dia, tais como a aspirina, digitoxina, morfina, quinina e pilocarpina. Além disso, esta área tem enriquecido e ampliado inúmeras espécies de plantas com potencial medicinal, resultando no isolamento de substâncias com diversas atividades biológicas que servem como protótipos para futuros fármacos. Assim, este trabalho tem como objetivo explorar o potencial da espécie *Lippia sidoides*, quantificando o teor de compostos fenólicos do extrato metanólico de suas folhas, assim como avaliar a atividade antioxidante. Para a investigação química, empregou-se o método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu utilizando o ácido gálico como padrão, o que permitiu determinar um teor de  $126,89 \pm 23,08$  mg de ácido gálico/g de extrato para compostos fenólicos totais. Quando avaliada a atividade antioxidante pelos métodos de inibição de radicais livres DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila), oxidação do sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico e poder redutor, os resultados apontaram para 90% de inibição para os dois primeiros métodos e para uma boa capacidade de doação de elétron para o último método. Isso mostra o potencial que essa planta possui como fonte de compostos antioxidantes e a necessidade de explorar ainda mais os estudos fitoquímicos nesta espécie.

**Palavras-chave:** *Lippia sidoides*, compostos fenólicos, atividade antioxidante.

#### ABSTRACT

Several chemical, pharmacological and clinical studies have enabled phytochemical area developed a many drugs used today, such as aspirin, digitoxin, morphine, quinine and pilocarpine. In addition, this area has enriched and expanded numerous species of plants with medicinal potential, resulting in the isolation of substances with diverse biological activities that serve as prototypes for future drugs. This study aims to explore the potential of the species *Lippia sidoides*, quantifying the content of phenolic compounds from the methanol extract of the leaves, as well as evaluating the antioxidant activity. For chemical research, we used the spectrophotometric method of Folin-Ciocalteu using gallic acid as standard, which allowed determining a level of  $126.89 \pm 23.08$  mg of gallic acid/g extract for total phenolic compounds by the Folin-Ciocalteu' methods, a value within the patterns found in the literature. When evaluated the antioxidant activity by methods of inhibiting free radical DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl), oxidation of linoleic  $\beta$ -carotene/linoleic acid system and reducing power, the results showed 90% inhibition for the first two methods and a good ability to donate electron to the latter method. This results show the potential that this plant has as a source of antioxidant compounds and the need to further explore the phytochemical studies on this species.

**Keywords:** *Lippia sidoides*, phenolic compounds, antioxidant activity.

## INTRODUÇÃO:

O tratamento, a prevenção e a cura de doenças estão diretamente ligados a uma das mais antigas práticas da humanidade, a utilização de partes de plantas com fins medicinais. Pesquisas na área de fitoquímica, com estudos clínicos e farmacológicos, proporcionaram o desenvolvimento de diversos fármacos usados hoje em dia, tais como a aspirina, digitoxina, morfina, quinina e pilocarpina. Além disso, esta área tem enriquecido e ampliado inúmeras espécies de plantas com potencial medicinal, resultando no isolamento de substâncias com diversas atividades biológicas que servem como protótipos para futuros fármacos.

O gênero *Lippia* (Verbenaceae) está distribuído pelos países das Américas Central e do Sul, assim como em alguns países da África Central. Muitas espécies são utilizadas pelas populações como plantas medicinais no controle de diversas doenças gastrintestinais e respiratórias (*Lippia multiflora*, *Lippia alba* entre outras) (Terblanché e Kornelius, 1996).

Entre os muitos metabólitos secundários presentes, encontram-se os compostos fenólicos, que apresentam ótimas atividades antioxidantes, podendo atuar como sequestradores de radicais livres e quelantes de metais. Esta propriedade desperta um grande interesse fitoquímico, uma vez que podem ser utilizados no controle de várias doenças degenerativas, como o envelhecimento prematuro, os processos inflamatórios, a cicatrização, o câncer, dentre outras (Pessuto *et al.*, 2009).

Os flavonoides fazem parte de um grande grupo de metabólitos secundários que pertencem à classe de compostos fenólicos. Eles apresentam baixo peso molecular e são encontrados em várias espécies vegetais, inclusive as do gênero *Lippia*. Eles exibem diferentes funções biológicas permitindo diversas interações entre plantas e seu ambiente (Treutter, 2005). De acordo com Peng *et al.* (2003), estes compostos apresentam uma notável atividade antioxidante, devido à presença de grupos hidroxílicos e anéis aromáticos, capturando e neutralizando radicais livres presentes nas células. Muitos estudos feitos com

flavonoides têm foco em suas atividades antioxidantes, mas um número grande de trabalhos com linhagens de células animais e células humanas tem apontado uma redução do risco de doenças crônicas, incluindo o câncer (Ramos, 2007).

Estudos fitoquímicos com a *Lippia* revelaram que existe uma grande diversidade química no que diz respeito a seus metabólitos secundários, principalmente em relação à composição química de seus óleos essenciais que possuem alto valor comercial e são os compostos mais estudados deste gênero. No entanto, apesar dessas diversidades químicas, ainda são incipientes os trabalhos voltados a outros tipos de metabólitos secundários e suas possíveis atividades biológicas.

*Lippia sidoides* Cham (Verbenaceae) é um arbusto densamente ramificado, nativo do Nordeste do Brasil (semiárido), de até três metros de altura, conhecida popularmente como alecrim-pimenta (Matos e Oliveira, 1998). É encontrada principalmente nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte e contém em sua composição um óleo essencial rico em timol e carvacrol, que apresenta propriedades bactericida, fungicida, moluscicida e larvicida (Costa *et al.*, 2002; Carvalho *et al.*, 2003; Girão *et al.*, 2003; Kunle *et al.*, 2003; Leal *et al.*, 2003; Cavalcanti *et al.*, 2004). Este óleo pode ser incorporado em formulações em cremes dentais com o objetivo de reduzir o crescimento de placa bacteriana em humanos (Girão *et al.*, 2003). Um traço característico dessa espécie é a fragrância, em geral, forte e agradável no período de floração (Bezerra *et al.*, 1981).

Essa planta teve seu cultivo ampliado em vários estados brasileiros, devido à inclusão em programas de fitoterapia (Matos e Oliveira, 1998). Recentemente, esta espécie foi incluída pelo Ministério da Saúde na lista prioritária de 71 espécies para o desenvolvimento de produtos fitoterápicos (Brasil, 2009) devido à suas propriedades antissépticas (Lemos *et al.*, 2007). Folhas, flores e frutos secos e moídos desta planta têm sido utilizados como um substituto para o tomilho (*Thymus vulgaris*) em misturas de especiarias para pizzas e carnes (Lorenzi e Matos, 2002).

Pacientes imuno comprometidos, como indivíduos infectados pelo HIV, transplantados e pacientes com câncer utilizam essa espécie como alternativa medicinal devido à grande vulnerabilidade a infecções fúngicas invasivas oportunista (Chandrasekar, 2010). Além disso, suas folhas têm sido utilizadas em medicina alternativa para prevenir a acne, feridas de pele e do couro cabeludo. Suas infusões são utilizadas para o tratamento de rinite, doenças vaginais, boca e infecções de garganta (Mendes *et al.*, 2010).

Os estudos fitoquímicos de *L. sidoides* resultaram no isolamento de vários constituintes químicos como: metil-3,4-dihidroxibenzoato (Harrison, 1995), tecomaquinona I, tectol, tectol acetilado (Lemos, 1999) e tectoquinona (Pouchert e Bennke, 1993). Costa *et al.* (2001) também registraram o isolamento de um flavonoide e de uma lignana, identificados como taxifolina e isolariciresinol, respectivamente.

A maioria dos flavonoides identificados é classificada como flavonas, frequentemente flavonas 6-hidroxiladas e metoxiflavonas (Pascual *et al.*, 2001). No entanto, ainda há poucos estudos que detalham as estruturas químicas dos flavonoides presentes e suas respectivas atividades biológicas.

As substâncias com atividades antioxidantes são aquelas que retardam a velocidade da oxidação de outras substâncias através de um ou mais mecanismos, tais como inibição de radicais livres, a complexação de metais e a redução de espécies bioativas (Pietta, 2000), quando em concentrações baixas comparadas a um padrão específico. Estes processos antioxidantes podem prevenir a formação de doenças, contribuindo sobremaneira para uma maior longevidade. Desta forma, torna-se essencial o equilíbrio entre os radicais livres e o sistema de defesa antioxidante (Ferreira e Matsubara, 1997).

Os processos oxidativos nos seres vivos são controlados por variadas substâncias antioxidantes, os quais podem ter origem endógena (por ex., superóxido dismutase), ou serem provenientes da dieta alimentar e outras fontes. Quando provenientes da alimentação, pode-se destacar os seguintes compostos: os tocoferóis (vitamina E), o ácido ascórbico (vitamina C), os polifenóis e os carotenoides (Haslam, 1996). Quando há uma diminuição ou

limitação de alguns desses compostos, podem ocorrer lesões oxidativas de caráter cumulativo.

Devido à grande importância das substâncias antioxidantes e o potencial biológico apresentado pela espécie vegetal *Lippia sidoides* Cham., este estudo teve como objetivo verificar o teor de compostos fenólicos e a atividade antioxidante do extrato metanólico obtido das folhas desta espécie coletada em Minas Gerais.

## PARTE EXPERIMENTAL:

### 2.1. Coleta do Material e Preparo do Extrato Metanólico

As folhas de plantas selvagens de *Lippia sidoides* foram coletadas no município de Itumirim-MG. A espécie foi devidamente identificada, e uma exsiccata encontra-se registrada no Herbário ESAL, localizado no Departamento de Biologia da UFLA, com o número de registro 01943. As folhas foram secas em temperatura ambiente, trituradas em moinho de facas e submetidas às extrações com metanol por maceração, utilizando-se 500 g de planta para 3,0 litros de solvente em cada, totalizando duas extrações. Posteriormente, a solução foi filtrada e evaporada sob pressão reduzida em evaporador rotativo, para a obtenção dos extratos (Costa *et al.*, 2008).

### 2.2. Teor de Compostos Fenólicos Totais

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu utilizando o ácido gálico como padrão. Uma alíquota de 0,5 mL do extrato metanólico (100 mg.mL<sup>-1</sup>) foi adicionada a 2,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu diluído em água destilada. Em seguida, foram adicionados 2,0 mL de uma solução de carbonato de sódio 4%. As leituras das absorbâncias foram realizadas após 2h de incubação no escuro, em espectrofotômetro SP-122 da marca Biospectro, utilizando um comprimento de onda de 740 nm. Foi feita uma curva analítica contendo 10, 25, 40, 55, 70, 85 e 100 mg.mL<sup>-1</sup> de ácido gálico e os resultados foram expressos em mg ácido gálico/g de extrato (Carpes *et al.*, 2008).

### 2.3. Atividade Antioxidante do Extrato Metanólico

A atividade antioxidante do extrato metanólico foi realizada por meio das

metodologias de sequestro dos radicais livres DPPH (Sousa *et al.*, 2007), ensaio de clareamento do sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico (Lopes-Lutz *et al.* 2008) e poder redutor (Oyaizu, 1986) do extrato.

### 2.3.1. Sequestro dos radicais livres DPPH

A avaliação da atividade antioxidante pelo consumo de DPPH foi realizada de acordo com as metodologias de Sousa *et al.* (2007) e Lopes-Lutz *et al.* (2008) com pequenas adaptações. Foram preparadas soluções de DPPH em metanol e do extrato metanólico das folhas de *L. sidoides*. As misturas reacionais foram preparadas em tubos de ensaio, adicionando-se 0,3 mL das soluções do extrato nas seguintes concentrações 5, 10, 25, 50, 100, 300 e 500  $\mu\text{g mL}^{-1}$  em 2,7 mL da solução de DPPH em metanol (40  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). Realizaram-se as leituras de absorbância no comprimento de onda de 517 nm, em um tempo de 60 min após junção das duas soluções. A porcentagem da atividade antioxidante foi calculada de acordo com a equação:  $[1 - (A_{\text{amostra}}/A_{\text{controle}})] \times 100$ , onde  $A_{\text{amostra}}$  é a absorbância do extrato metanólico,  $A_{\text{controle}}$  é a absorbância da solução controle (sem o antioxidante). Como branco foi utilizada a mistura de 2,7 mL de metanol e DPPH. Para termo de comparação, foram utilizados os antioxidantes  $\alpha$ -tocoferol e butilidroxitolueno (BHT), nas concentrações de 1,0; 2,5; 5,0 e 10,0  $\mu\text{g mL}^{-1}$ .

### 2.3.2. Sistema $\beta$ -caroteno/ácido linoleico

A avaliação da atividade antioxidante utilizando o ensaio de clareamento do sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico foi realizada de acordo com as metodologias apresentadas por Wang *et al.* (2008) e Lopes-Lutz *et al.* (2008) com pequenas modificações. Preparou-se uma solução de  $\beta$ -caroteno em clorofórmio (2,0 mg  $\text{mL}^{-1}$ ) e em seguida foi adicionado a esta 60  $\mu\text{L}$  de ácido linoleico, 600 mg de Tween 20® e 1,5 mL de clorofórmio. Posteriormente, 150 mL de água destilada saturada com oxigênio foram acrescentados na mistura sob agitação constante (emulsão A). Depois, 2,8 mL da emulsão A foram colocados em tubos de ensaio e adicionaram-se 200  $\mu\text{L}$  das soluções metanólicas do extrato nas seguintes concentrações: 5, 10, 25, 50, 100 e

200  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . Paralelamente, foram preparadas duas soluções, uma sem o antioxidante (controle) e outra com os mesmos reagentes da emulsão A, mas sem o  $\beta$ -caroteno (branco).

As leituras das amostras foram realizadas no comprimento de onda de 470 nm. A porcentagem de inibição (porcentagem de atividade antioxidante; AA%) foi calculada do seguinte modo:  $AA\% = 100 \times (DC - DA)/DC$ , onde AA% é atividade antioxidante; DC é grau de degradação do controle =  $[\ln(a/b)/60]$ ; DA é o grau de degradação na presença da amostra =  $[\ln(a/b)/60]$ ; a = absorbância no tempo 0; b = absorbância final (60 minutos após a incubação). Os antioxidantes  $\alpha$ -tocoferol e BHT foram utilizados nas concentrações de 0,15; 0,3; 0,6; 1,25 e 2,5  $\mu\text{g mL}^{-1}$ .

### 2.3.3. Poder redutor

Esta metodologia foi realizada de acordo com Oyaizu (1986). Foi misturado 1,0 mL do extrato metanólico nas seguintes concentrações 1,0; 0,5; 0,250; 0,125 e 0,062  $\text{mg mL}^{-1}$  com 2,5 mL de uma solução tampão de fosfato (0,2 M, pH 6,6) e 2,5 mL de ferricianeto de potássio  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  (1%) e em seguida, a mistura foi incubada a 50 °C durante 30 min. Após a incubação, foi adicionado 2,5 mL de ácido tricloroacético (10%) à mistura e então centrifugado a 3000 rpm durante 10 min. Finalmente, coletou-se 2,5 mL do sobrenadante da solução e adicionou-se 2,5 mL de água destilada e 0,5 mL de  $\text{FeCl}_3$  (0,1%). A absorbância das soluções foi medida a 700nm no espectrofotômetro SP-122 da marca Biospectro. Utilizaram-se soluções de ácido gálico nas concentrações 0,031; 0,060; 0,125, e 0,25  $\text{mg mL}^{-1}$ , para fins de comparação.

## 2.4. Delineamento Estatístico

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições. Foram feitas as análises de variância para verificar a influência das concentrações sobre as atividades antioxidantes. Utilizou-se o Teste de Tukey (5%) para comparar os efeitos médios. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa SISVAR (Ferreira, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

### 3.1. Quantificação dos Compostos Fenólicos no Extrato Metanólico

O teor de compostos fenólicos totais no extrato metanólico das folhas de *L. sidoides* foi calculado por meio do método do padrão externo utilizando a técnica de espectroscopia de absorção molecular. Os resultados obtidos de absorvância dos padrões e da amostra estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Medidas de absorvância do padrão e do extrato metanólico das folhas de *L. sidoides*

Padrão	Concentração (mg/mL)	Absorvância (Média ± DV)
Ácido Gálico (Fenólicos Totais)	10	0,045 ± 0,001
	25	0,067 ± 0,003
	40	0,099 ± 0,018
	55	0,146 ± 0,010
	70	0,228 ± 0,014
	85	0,241 ± 0,018
	100	0,251 ± 0,021
Extrato metanólico	-	0,024
(Amostra)	-	0,031
	-	0,027

DV: desvio padrão

O teor de compostos fenólicos totais encontrado foi de  $126,89 \pm 23,08$  mg de ácido gálico/g de extrato, calculado a partir da equação  $C = (A_{amostra} - 0,0105)/0,0026$  com  $R^2 = 0,952$ , que foi obtida da curva analítica do padrão ácido gálico.

Estudos realizados com os extratos metanólicos das folhas de dez espécies de *Lippia* coletadas na Serra do Espinhaço em Minas Gerais, demonstram teores de compostos fenólicos totais expressos mg de ácido tânico por

g de extrato variando de 105,5 a 255,4 (Singulani *et al.*, 2012), corroborando com o teor encontrado para a espécie *L. sidoides*.

### 3.2. A avaliação dos teores de compostos fenólicos

Em extratos de outras espécies vegetais, também vem ao encontro do resultado encontrado, como os teores observados em 18 espécies de plantas medicinais pertencentes à maioria das Farmácias Vivas, que variaram de 57,73 a 292,13 mg de ácido gálico/g de extrato (Morais *et al.*, 2013).

### 3.3. Avaliação da Atividade Antioxidante

Uma vez que o extrato de *L. sidoides* apresenta bons teores de compostos fenólicos e que de acordo com Almeida *et al.* (2010), a presença dessas substâncias justificam as atividades antioxidantes desta espécie, submeteu-se o extrato metanólico de *L. sidoides* à avaliação da atividade antioxidante. Para verificar as possíveis ações do extrato por diferentes mecanismos antioxidantes, analisou-se a atividade sob três metodologias diferentes: sequestro dos radicais livres DPPH, ensaio de clareamento do sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico e poder redutor do extrato. A Tabela 2 apresenta os resultados quantitativos obtidos da atividade antioxidante pelos ensaios de DPPH e da oxidação do sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico.

De acordo com o teste de médias, na redução do DPPH, observa-se que até a concentração de  $50 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  houve uma relação dose-dependente da atividade antioxidante. Nota-se também que, o aumento da concentração para  $100 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  não apresenta diferença significativa na porcentagem da atividade ( $\neq 1,07\%$ ), evidenciando assim que não há a necessidade de aumentar a concentração para obter valores mais altos da atividade antioxidante.

O mesmo efeito de dose-dependente pode ser observado no ensaio que avalia o clareamento do sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, porém, as concentrações do extrato utilizadas são menores. Observa-se que na concentração de  $25 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ , o extrato apresenta a maior atividade antioxidante, mesmo que o aumento da atividade não seja muito grande em relação à atividade antioxidante em  $10 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ .



Quando comparado aos padrões, observa-se que os mesmos apresentaram altas atividades antioxidantes em menores concentrações diante dos dois ensaios.

Estes resultados são consoantes com os encontrados por Sousa *et al.* (2007) para diversas plantas medicinais utilizando o ensaio de redução do DPPH, uma vez que os autores observaram atividades antioxidantes superiores a 60% nas concentrações acima de 100 µg.mL<sup>-1</sup>, atingindo um máximo de 91,36% de atividade em algumas espécies.

Segundo Morais (2013), plantas do gênero *Lippia*, como a *L. alba* e *L. microphylla* possuem boa ação antioxidante devido à grande quantidade de fenóis totais presentes nos seus extratos, o que condiz com os resultados aqui apresentados. Estudos feitos por Montine *et al.* (1999) e Engelhart *et al.* (2002) mostraram que a ingestão de alimentos que contêm antioxidantes inibe a peroxidação lipídica e passam a ser uma terapia alternativa para o tratamento da doença de Alzheimer.

Para o ensaio do poder redutor do extrato metanólico, a presença de espécies redutoras (no caso, os antioxidantes presentes no extrato) atua na conversão de Fe<sup>3+</sup> a Fe<sup>2+</sup>, pela doação de um elétron. A quantidade de Fe<sup>2+</sup> formada pode ser monitorada medindo-se a formação do complexo azul da Prússia de Perl em 700nm. O aumento da absorvância a 700nm é um indicativo do aumento na capacidade redutora (Jeong *et al.*, 2010). A Tabela 3 mostra as leituras de absorvância do extrato das folhas *L. sidoides* e os respectivos padrões empregados.

Os resultados apontam que quanto menor a concentração do extrato metanólico, menor é a capacidade de doação de um elétron para os íons férricos, mostrando que os potenciais de redução do extrato são dependentes da concentração. Estes dados sugerem que o extrato metanólico tem capacidade para reagir com íons metálicos livres que atuam como iniciadores de um processo de oxidação em cadeia, formando espécies estáveis que conseqüentemente terminam a reação em cadeia radicalar.

Os teores de compostos fenólicos e as atividades antioxidantes apresentadas pelo extrato das folhas de *L. sidoides* podem ser justificados pelos estudos fitoquímicos de suas

folhas, que têm demonstrado a presença de vários compostos fenólicos, como metil-3,4-diidroxibenzoato, lapachenol, tecomaquinona I, tectoquinona, tectol, tectol acetilado, quercetina, luteolina, glucoluteolina, lippisidoquinona, taxifolina e isolariciresinol (Costa *et al.*, 2002).

**Tabela 3.** Valores de absorvância obtidos em diferentes concentrações do extrato metanólico de *L. sidoides* para o poder redutor

	Concentração (mg.mL <sup>-1</sup> )	Absorvância ± DP
	1,0	1,245 ± 0,049
<b>Extratos de <i>Lippia</i></b>	0,5	0,747 ± 0,004
	0,250	0,420 ± 0,005
	0,125	0,219 ± 0,014
	0,062	0,134 ± 0,0038
	0,25	3,282 ± 0,428
<b>Ácido Gálico</b>	0,125	2,969 ± 0,298
	0,060	1,488 ± 0,028
	0,031	0,8137 ± 0,0071

(± DP) = desvio padrão

Em estudos recentes de Almeida *et al.*, (2010), isolaram e identificaram dos talos, das raízes e das folhas desta espécie coletadas no Horto de Plantas Medicinais da Universidade Federal do Ceará, a naftoquinona tecomaquinona, os flavonoides, 4',5,7-tri-hidroxifalvanona (naringenina), a 3',4',5,7-tetra-hidroxiflavanona e a 4', 5,7-tri, hidroxí-6-metoxiflavona; as di-hidrochalconas, 2'-O-β-D-glicopiranosil-3,4,4',6'-tetra-hidroxi-dihidrochalcona e a 2'-O-β-D-glicopiranosil-4,4',6'-tri-hidroxi-di-hidrochalcona e também o β-sistosterol e o carvacrol. Sendo assim os resultados encontrados para o extrato pode ser atribuída à presença de substâncias fenólicas, o que justifica em parte o uso desta espécie na medicina popular.

## CONCLUSÕES:

O presente estudo apresentou contribuições sobre as propriedades do extrato metanólico das folhas de *L. sidoides* frente às características de metabólitos secundários estudados na espécie. Uma dessas contribuições foi a determinação do teor de compostos fenólicos totais presentes através do método de Folin-Ciocalteu, calculado para  $126,89 \pm 23,08$  mg ácido gálico/g de extrato, valor comparativo com os encontrados na literatura.

Em vista desses resultados, a avaliação da atividade antioxidante do extrato visava relacionar a presença desses compostos com a capacidade de evitar a oxidação indesejada de outras substâncias. Assim, os valores encontrados da atividade antioxidante acima de 90%, apresentada pelo extrato metanólico de *L. sidoides* perante os ensaios de sequestro de radicais livres (DPPH) e da oxidação do sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico mostraram que esta espécie é uma boa fonte de compostos antioxidantes. Aliado a estes resultados, a análise do poder redutor desses compostos apontam que eles também podem atuar como doadores de elétrons para espécies iônicas que iniciam as reações de oxidação, onde o potencial de redução está diretamente relacionado com o aumento da concentração.

Nesse sentido, acredita-se que a comparação da atividade antioxidante por meio das metodologias de sequestro dos radicais livres DPPH, sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico e o poder redutor são diferentes formas de contribuição para avaliar a atividade antioxidante de extratos de diferentes plantas, sobretudo da *Lippia sidoides*.

## REFERÊNCIAS:

1. Almeida, M.C., Alves, L.A., Souza, L.G. S., Machado, L.L., Matos, M.C., Oliveira, M.C.F., Lemos, T.L.G. *Quím. Nova*, **2010**, *33*, n. 9, 1877.
2. Bezerra, P., Fernandes, A.G; Craveiro, A.A.; Andrade, C.H.S., Matos, F.J.A., Alencar, J.W., Machado, M.I.L., Viana, G.S.B., Matos, F. F; Rouquayrol, M. *Ciência e Cultura*, **1981**, *33*, 1.
3. Botelho, M.A., Nogueira, N.A., Bastos, G.M., Fonseca, S.G., Lemos, T.L., Matos, F.J., Montenegro, D., Heukelbach, J., Rao, V.S., Brito, G.A. *Braz. J. Med.*, **2007**, *40*, 349.
4. Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E., Berset, C. *Lebensmittel Wissenschaft und-Technologie*, **1995**, *28*, 25.
5. Brasil. Ministério da Saúde. *Relação Nacional de Plantas Mediciniais de interesse ao SUS*, Brasília, 2009.
6. Carpes, S.T., Prado, A., Moreno, I.A.M., Mourão, G.B., Alencar, S.M., Masson, M.L. *Quím. Nova*, **2008**, *31*, 1660.
7. Carvalho, A.F.U., Melo, V.M.M., Craveiro, A.A., Machado, M.I.L., Bantim, M.B., Rabelo, E.F., *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, **2003**, *98*, 569.
8. Cavalcanti, E.S.B., Morais, S.M., Lima, M.A.A., Santana, E.W.P. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, **2004**, *99*, 541.
9. Chandrasekar, P. *European Journal of Haematology*, **2010**, *84*, 281.
10. Costa, F.J., Bandeira, P.N., Albuquerque, M.R.J.R., Pessoa, O.D.L., Silveira, E.R. Braz-Filho, R. *Quím. Nova*, **2008**, *31*, 1691.
11. Costa, S.M.O., Lemos, T.L.G., Pessoa, O.D.L., Assunção, J.C., Braz-Filho, R. *Rev. Bras. Farmacogn.*, **2002**, *12*, 66.
12. Costa, S.M.O., Lemos, T.L.G, Pessoa, O.D.L., Braz-Filho, R. *J. Nat. Prod.*, **2001**, *64*, 792.
13. Engelhart, M.J., Geerlings, M.I., Ruitenber, A., van Swieten, J.C., Hofman, A., Witteman, J.C., Breteler, M.M. *JAMA*, **2002**, *287*, 3223.
14. Ferreira, D.F. *Ciência e Agrotecnologia*, **2011**, *35*, 1039.
15. Ferreira, L.A., Matsubara, L.S. *Rev. Assoc. Med. Bras.*, **1997**, *43*, 61.
16. Girão, V.C.C., Nunes-Pinheiro, D.C.S., Morais, S.M., Sequeira, J.L., Gioso, M.A. *Preventive Veterinary Medicine*, **2003**, *59*, 95.
17. Harrison, L.J.H., Sia, G.L, Sim, K.Y., Tan, H.T.W., Connolly, J.D., Lavaude, C., Massiots, G.A. *Phytochemistry*, **1995**, *38*,

- 1497.
18. Haslam, E. *J. Nat. Prod.*, **1996**, 59, 205.
19. Jeong, C., Choi, G.N., Kim, J.H., Kwak, J.H., Kim, D.O., Kim, Y.J., Heo, H.J. *Food Chemistry*, **2010**, 118, 278.
20. Kunle, O., Okogum, L., Egamama, E., Emojevwe, E., Shok, M. *Phytomedicine*, **2003**, 10, 59.
21. Leal, L.K.A.M., Oliveira, V.M., Araruna, S.M., Miranda, M.C.C., Oliveira, F.M.A. *Rev. Bras. Farmacogn.*, **2003**, 13, 9.
22. Lemos, M., Barros, M., Sousa, J.P.B., Silva Filho, A.A., Bastos, J.K., Andrade, S.F. *The Journal of Pharmacy and Pharmacology*, **2007**, 59, 603.
23. Lemos, T.L.G., Costa, S.M.O., Pessoa, O.D.L., Braz-Filho, R. *Magn. Reson. Chem.*, **1999**, 37, 908.
24. Lopes-Lutz, D., Alviano, D.S., Alviano, C.S., Kolodziejczyk, P.P. *Phytochemistry*, **2008**, 69, 1732.
25. Lorenzi, H., Matos, F.J.A. *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas*, Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.
26. Matos, F.J.A., Sousa, M.P., Matos, M.E.O., Machado, M.I.L., Craveiro, A.A. *Constituintes químicos ativos e propriedades biológicas de plantas medicinais brasileiras*, 2. ed., Fortaleza: Edições UFC, 2004.
27. Matos, F.J.A., Oliveira, F. *Rev. Bras. Farmacogn.*, **1998**, 79, 84.
28. Mendes, S.S. Bomfim, R.R., Jesus, H.C., Alves, P.B., Blank, A.F., Estevam, C.S., Antonioli, A.R., Thomazzi, S.M. *J. Ethnopharmacol.*, **2010**, 129, 391.
29. Miller, H.E. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **1971**, 48, 91.
30. Montine, K.S., Olson, S.J., Amarnath, V., Whetsell, W.O., Graham Junior, D.G., Montine, T.J. *Am. J. Pathol.*, **1997**, 150, 437.
31. Morais, S.M., Lima, K.S.B., Siqueira, S.M.C., Cavalcanti, E.S.B., Souza, M.S.T., Menezes, J.E.S.A., Trevisan, M.T.S. *Revista Brasileira Planta Médica*, **2013**, 15, 575.
32. Moreira, F.J.C., Santos, C.D.G., Inneco, R. *Revista Ciência Agronômica*, **2009**, 40, 441.
33. Oyaizu, M. *Japanese Journal of Nutrition*, **1986**, 44, 307.
34. Pascual, M.E., Slowing, K., Carretero, E., Mata, D.S., Villar, A. *J. Ethnopharmacol.*, **2001**, 76, 201.
35. Peng, Z.F., Strack, D., Baumert, A., Subramaniam, R., Goh, N.K., Chia, T.F., Tan, S.N., Chia, L.S. *Phytochemistry*, **2003**, 62, 219.
36. Pessuto, M.B., Costa, I.C.C., Nicoli, F.M., Mello, J.C.P., Petereit, F., Luftmann, H. *Quím. Nova*, **2009**, 32, 412.
37. Pietta, P.G. *J. Nat. Prod.*, **2000**, 63, 1035.
38. Pouchert, C.J., Bennke, J. *USA*, **1993**, 6 912.
39. Ramos, S. *J. Nutr. Biochem.*, **2007**, 18, 427.
40. Singulani, J.L., Silva, P.S., Raposo, N.R.B., Siqueira, E.P., Zani, C.L., Alves, T.M.A., Viccini, L.F. *J. Med. Plants Res.*, **2012**, 6, 4416.
41. Sousa, C.M.M., Silva, H.R., Vieira Junior, G.M., Ayres, M.C.C., Costa, C.L.S., Araújo, D.S., Cavalcante, L.C.D., Barros, E.D.S., Araújo, P.B.M., Brandão, M.S., Chaves, M.H. *Quím. Nova*, **2007**, 30, 351.
42. Terblanché, F.C., Kornelius, G. *J. Essent. Oil Res.*, **1996**, 8, 471.
43. Treutter, D. *Plant Biol.*, **2005**, 7, 581.
44. Wang, W., Wu, N., Zu, Y.G., Fu, Y.J. *Food Chem.*, **2008**, 108, 1019.

**Tabela 2.** Porcentagens obtidas da atividade antioxidante do extrato metanólico de *L. sidoides*

Compostos	Metodologias			
	Redução do DPPH		Sistema $\beta$ -caroteno/ácido linoleico	
	Concentração ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	Atividade (%)	Concentração ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	Atividade (%)
Extrato metanólico de <i>Lippia</i>	5	20,04 a	1,25	37,60 a
	10	35,78 b	2,5	50,74 b
	25	78,90 c	5	64,53 c
	50	93,18 d	10	87,23 d
	100	94,25 d	25	98,23 d
BHT	1	9,50 a	0,15	89,46 a
	2,5	24,99 b	0,3	90,97 a
	5	44,75 c	0,6	93,29 b
	10	72,36 d	1,25	94,19 b
	25	91,00 e	2,5	94,03 b
$\alpha$ -tocoferol	1	7,15 a	0,15	88,99 a
	2,5	17,29 b	0,3	90,80 ab
	5	34,67 c	0,6	91,50 ab
	10	69,94 d	1,25	92,97 ab
	25	93,13 e	2,5	93,90 b

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna para cada composto e para cada ensaio não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).



## COSMÉTICOS COMO TEMÁTICA PARA A ABORDAGEM DAS FUNÇÕES ORGÂNICAS NO ENSINO DE QUÍMICA



### COSMETICS AS THEMATIC TO APPROACH ORGANIC FUNCTIONS IN CHEMISTRY TEACHING

FREITAS, Tasielle Lima<sup>1</sup>; DA COSTA, Maria Aparecida<sup>1</sup>; FREITAS, Fabricia Carla Ribeiro Mendes<sup>1</sup>; OLIVEIRA, Tatiana de Fátima<sup>1</sup>; MORAES, Lilian Marciolina<sup>1</sup>; FIELD'S, Karla Amâncio Pinto<sup>1</sup>; REZENDE, Gláucia Aparecida Andrade<sup>1</sup>; SANTOS, Renato Gomes<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), campus Itumbiara-GO, Av. Furnas, 55, cep 75524-010, Itumbiara – GO, Brasil (fone: +55 64 21035600)

<sup>2</sup> Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás (UEG), campus Henrique Santillo, Anápolis, Br 153, Nº3105 Fazenda Barreiro do Meio, Caixa Postal 459 cep 75132-400. Anápolis – GO

\* Autorcorrespondente  
e-mail: tasielle@hotmail.com

Received 15 November 2015; received in revised form 7 December 2015; accepted 8 January 2016

## RESUMO

O ensino de ciências tem se tornado cada dia mais complexo quanto a sua abordagem na tentativa de promover uma aprendizagem mais efetiva dos conteúdos, fato que exige do professor reflexão quanto à sua prática docente, buscando a utilização de diferentes estratégias de ensino, como a abordagem de conteúdos químicos por meio da relação destes com algum contexto social em que encontram-se inseridos, por exemplo, o uso dos cosméticos. O presente trabalho relata sobre um projeto de intervenção pedagógica na disciplina de Estágio Supervisionado Etapa IV, que buscou, a partir da temática “cosméticos”, trabalhar o conteúdo de funções orgânicas. O trabalho foi desenvolvido em forma de minicurso, durante dois encontros de quatro horas, para alunos da terceira série do Ensino Médio do curso técnico integrado em química do campus Itumbiara-GO. No primeiro encontro fez-se uso de um questionário, leitura e reflexão de dois textos, ambos inerentes à temática. O segundo versou sobre a identificação das funções orgânicas e suas relações com os cosméticos. Ao término do minicurso, percebeu-se que ao correlacionar temas que fazem parte do cotidiano dos alunos com conteúdos químicos, estes sentem-se mais envolvidos e motivados pela Química, pois compreendem a importância e aplicabilidade desta ciência.

**Palavras-chave:** *Ensino de ciências, Aprendizagem efetiva, Contexto social.*

## ABSTRACT

The science teaching has become more complex each passing day regarding its approach in an attempt to promote a more effective content learning, what requires from the teachers reflection concerning their education teaching, aiming at the use of different teaching strategies, such as the approach of chemistry contents through their relation to a social context in which they are inserted, as the use of cosmetics. This paper reports on a pedagogical intervention project in the subject of Supervised Stage IV, which aimed at teaching the chemistry content of organic functions by means of the “cosmetics” thematic. This work was carried out in the form of a minicourse, during two meetings, for students of the Third year of high school in an integrated technical course in chemistry in Itumbiara-GO. In the first meeting it was made use of a questionnaire and two texts, both regarding the thematic. The second meeting dealt with the organic functions identification and their relation to the cosmetics. At the end of the minicourse it was noted that by correlating themes that are part of students' everyday life to Chemistry, they feel more involved and motivated by Chemistry subject, because they can understand its importance and applicability.

**Keywords:** *Science Teaching, Effective learning, Social Context.*

## INTRODUÇÃO

Muito é discutido sobre o processo de ensino e aprendizagem das Ciências da Natureza, dentre essas discussões destaca-se a atribuição a estas ciências como sendo chatas, burocráticas e baseadas na “decoreba”. Tais fatos acentuam-se ainda mais no Ensino Médio, no qual atribuem-se aos conteúdos das disciplinas de Química, Física e Biologia como de difícil compreensão, distante dos interesses dos alunos, descontextualizadas e, para alguns, “sem utilidade alguma” (SCARPA *et al.*, 2014).

Sendo assim, pode-se inferir que embora o currículo do Ensino Médio esteja passando por mudanças, este ainda não está pautado na formação integral do aluno, mas sim em abordagens propedêuticas e não contextualizadas, as quais se dissociam da realidade na qual os alunos encontram-se inseridos (SILVA e SIMÕES, 2013).

Por sua vez, Gilbert (2006) defende que o ensino de química tem enfrentado vários tipos de problemas inter-relacionados, sendo eles: carga excessiva de conteúdo, abordagens de fatos isolados, falta de transferência de conhecimento que possa ser aplicado ao cotidiano, falta de relevância e ênfase inadequada dos conteúdos e conceitos.

Nesse sentido, faz-se necessário ressaltar que o ensino das Ciências da Natureza, especialmente no que se refere ao ensino de Química, deve buscar trabalhar de forma a atender aos objetivos de ensino propostos pelas diretrizes do Ensino Médio, ou seja, promovendo a interdisciplinaridade e a contextualização dos conteúdos por meio da abordagem de situações reais provenientes do cotidiano (BRASIL, 2006).

No que tange à contextualização, os PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) propõem que ao se trabalhar determinado conteúdo, este seja abordado de maneira contextualizada, pois a contextualização é um importante recurso para retirar o aluno da condição de espectador passivo e, assim, tornar a aprendizagem mais efetiva, visto que a associa com experiências da vida cotidiana ou com os conhecimentos adquiridos empiricamente (BRASIL, 1999).

Ressalta-se, entretanto, que os contextos a serem trabalhados devem ser capazes de

propiciar aos alunos uma base necessária para que estes possam associar de forma coerente os conteúdos e conceitos já estudados com aqueles que ainda serão abordados (GILBERT, 2006).

Com relação à interdisciplinaridade, Sá e Silva (2008) afirmam que a abordagem de conceitos químicos relacionada ao cotidiano dos alunos e com a interdisciplinaridade é um mecanismo promissor de uma aprendizagem ativa e significativa, pois na prática pedagógica a contextualização e a interdisciplinaridade “alimentam-se” mutuamente. Para se trabalhar essa relação de maneira produtiva, os PCNEM (BRASIL, 1999) sugerem a utilização de temas sociais para contextualização do conhecimento químico e estabelecimento de inter-relações deste com os vários campos da ciência.

Ainda, segundo Morillo *et al.*, (2002) o uso da interdisciplinaridade tem se mostrado bastante proveitoso e reconhecido, visto que associa-se à criatividade, progresso e inovação. Principalmente devido ao fato de que muitos avanços contemporâneos da ciência devem-se às inter-relações de diferentes áreas do conhecimento.

Embasado no que fora supracitado, dentre as maneiras de se alcançar tais objetivos destaca-se a utilização de temas que promovam relações entre o currículo adotado e o cotidiano dos alunos. Desta maneira, proporcionado aos mesmos relacionar os conteúdos abordados em sala com suas aplicações práticas na sociedade como um todo, facilitando, portanto, a internalização dos conhecimentos químicos (BRASIL, 1999). Processo esse denominado contextualização, que segundo Silva (2003), é um recurso para aproximação e/ou inter-relação entre os conhecimentos escolares e fatos e/ou situações presentes do dia a dia dos alunos. Em suma, seria problematizar, investigar e interpretar situações cotidianas por meio dos conhecimentos adquiridos, tais como os químicos, ou seja, seria reconstruir/ressignificar o conhecimento (BRASIL, 1999).

Para Santos *et al.* (2004), a abordagem de temas deve ser desenvolvida de forma a possibilitar ao aluno a compreensão dos processos químicos envolvidos e discussão das aplicações tecnológicas relacionadas ao tema trabalhado, compreendendo, deste modo, os efeitos das tecnologias na sociedade, na

melhoria da qualidade de vida das pessoas e nas suas decorrências ambientais.

Em consonância com Santos *et al.* (2004), Bennett e Holman (2002) enfatizam o quanto a utilização de contextos/temas e aplicações da química tem sido utilizados nas últimas décadas para desenvolver princípios químicos, sendo estes, por exemplo, por meio de inclusões sociais, econômicas, aplicações ambientais, industriais e tecnológicas desta ciência.

Dentre os temas inseridos nos contextos sociais, destacam-se os cosméticos, que embora ainda não conhecidos por esse nome, eram utilizados pelos povos antigos com o intuito de aromatizar e adornar os corpos (SCHUELLER, 2001). De acordo com Barata (1995), pode-se definir o termo “cosméticos”, como sendo substâncias e/ou preparados cuja aplicação se dá em contato com as partes superficiais do corpo, apresentando como funções específicas limpá-lo, perfumá-lo ou protegê-lo. Porém, estes, por sua vez, não apresentam fins terapêuticos.

Tendo em vista que um dos principais objetivos do ensino de ciências é a atribuição de maior relevância aos conteúdos estudados (Stuckey *et al.*, 2013), a utilização dos cosméticos como tema gerador de conhecimento químico apresenta-se como uma possibilidade promissora de contextualização de abordagens conceituais da disciplina de Química no Ensino Médio, pois viabiliza o entendimento dos alunos sobre as aplicações científicas em vários setores da sociedade, nesse caso, o setor relacionado ao cuidado corporal.

Em face ao exposto, buscou-se desenvolver no ensino de Química uma aprendizagem efetiva dos alunos por meio da contextualização e relação do conteúdo de funções orgânicas com a temática do uso dos cosméticos, uma vez que para fabricá-los faz-se uso de substâncias químicas que apresentam várias funções orgânicas, as quais podem ser, por intermédio da elucidação e análise de suas fórmulas estruturais, estudadas e identificadas.

## DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho trata-se de relato de experiência desenvolvido como projeto de intervenção pedagógica na disciplina de Estágio Supervisionado Etapa IV ofertado no 8º período

do curso de licenciatura em Química do IFG (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás), campus Itumbiara.

Como estratégia didática a referida proposta foi realizada em forma de minicurso devido ao fato deste permitir se trabalhar abordagens em um tempo disponível maior que o convencional (GOMES *et al.*, 2014). Ademais, o desenvolvimento desta estratégia baseou-se nos três momentos Pedagógicos propostos por Delizoicov e Angotti (1990), que são: *Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento*.

Em relação ao minicurso, este foi realizado em novembro de 2014 mediante a temática do uso dos cosméticos e contou com a participação de vinte alunos da terceira série do Ensino Médio do curso técnico integrado em química do próprio campus, tendo o mesmo duração de oito horas, sendo estas divididas em dois encontros de 4 horas cada. A seguir, encontram-se as etapas do desenvolvimento de cada encontro.

### 2.1 Primeiro Encontro

Em um primeiro momento (*Problematização inicial*) foi exposto aos alunos que o conteúdo de funções orgânicas seria trabalhado pautado do tema cosméticos, e por isso, solicitou-se aos alunos que respondessem a um questionário, cujo intuito foi de verificar a concepção destes em relação ao conhecimento da temática a ser trabalhada, bem como sobre a relação intrínseca deste tema com os conceitos químicos e sua influência na sociedade. As questões contidas no questionário foram propostas pelos próprios autores e estão elucidadas no **Quadro 1**.

#### **Quadro 1.** Questionário aplicado aos alunos.

<b>Questionário – Questões</b>
O que são cosméticos para você?
Você utiliza algum cosmético no seu dia a dia? Quais?
Considerando o que você entende por cosméticos, quais funções estes produtos apresentam?
É possível aprender conceitos químicos a partir dos cosméticos? Se sim, quais você considera possível?
Produtos cosméticos são importantes na sua vida ou desnecessários?

Você já teve alergia com algum cosmético? Se sim, qual?

Fonte: Aatoria.

Destaca-se que, segundo Chaer, Diniz e Ribeiro (2011), o uso de questionário é uma técnica bastante pertinente de ser utilizada, visto que permite tratar de questões/problemas empíricos que envolvam opinião, percepção, posicionamento e preferências dos pesquisados. Ainda, em relação ao uso de perguntas abertas, estas permitem que os sujeitos da pesquisa expressem o que vier em suas mentes, não havendo influência sobre suas respostas, como pode ocorrer ao se fazer uso de perguntas fechadas.

Após discussão das perguntas do questionário, foram entregues e debatidos dois textos inerentes à temática, o primeiro intitulado “A história dos cosméticos” e o segundo “Química dos cosméticos”, ambos extraídos de Santos *et al.* (2013), páginas 103-104 e 130-134, respectivamente. Em relação ao último texto, este versava sobre a composição e uso de vários cosméticos, tais como perfumes, cremes hidratantes, desodorantes, pasta dental, xampus e condicionadores, sendo destacado, ao término do encontro, algumas das formas de uso e cuidados que se deve ter ao utilizar-se cosméticos.

## 2.2 Segundo Encontro

Este fez referência ao segundo momento proposto por Delizoicov e Angotti (1990), denominado *Organização do conhecimento*. Para tanto, a fim de se trabalhar o conteúdo de funções orgânicas, foi entregue aos alunos uma tabela, produzida pelos próprios autores, contendo as principais funções orgânicas estudadas na disciplina de Química (**Tabela 1**).

Adicionalmente, a fim de correlacionar as funções orgânicas com os cosméticos, foram apresentadas as principais substâncias presentes nas formulações de vários cosméticos (**Quadro 2**), bem como suas fórmulas estruturais, que posteriormente subsidiariam o estudo e identificação das funções orgânicas inicialmente discutidas no início do encontro, dando início ao terceiro momento, *Aplicação do Conhecimento*.

Ao término, objetivando avaliar o aprendizado dos alunos, foi proposta uma lista

de atividades sobre funções orgânicas adaptada da unidade 23, páginas 541 a 550, do livro de Química, volume único, de Usberco e Salvador (2002).

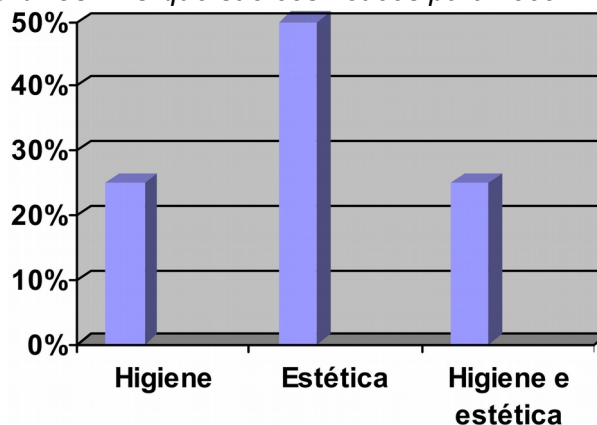
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Primeiro Encontro

Em relação à primeira pergunta sobre o que seriam os cosméticos, ao analisar-se as respostas obtidas, constatou-se que de forma geral, os mesmos afirmavam que os cosméticos estariam relacionados apenas à higiene e estética/beleza. Para tanto, optou-se por representar tais respostas de forma simples por meio de um gráfico.

Ao analisar o referido gráfico, percebe-se que a metade dos alunos, 50%, pensa que os cosméticos, na verdade, seriam estética, ou seja, estariam relacionados à estética, enquanto que 25% propuseram que os mesmos estariam relacionados à higiene e os outros 25% aos dois, estética e higiene. Tais inferências podem ser constatadas no **Gráfico 1**.

**Gráfico 1.** O que são cosméticos para você?



Fonte: Aatoria.

Partindo-se das respostas dos alunos, a fim de complementá-las, aos mesmos foi apresentado a definição de cosmético proposta pela Câmara Técnica de Cosméticos (CATEC), órgão vinculado à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que define cosméticos como sendo preparações constituídas por substâncias naturais ou sintéticas, de uso externo nas diversas partes do corpo humano, pele, sistema capilar, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e membranas mucosas da cavidade oral, com o objetivo exclusivo ou principal de limpá-los, perfumá-los, alterar sua aparência e/ou



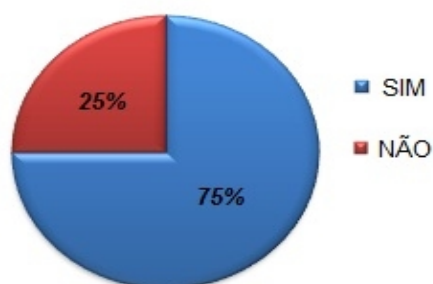
corrigir odores corporais, protegê-los ou mantê-los em bom estado.

Em relação à segunda pergunta, a maioria dos alunos afirmaram fazer uso de cosméticos em seu dia a dia, principalmente as mulheres, citaram exemplos tais como cremes para os cabelos e pele, protetor solar, gel, desodorantes, entre outros. O que remete ao entendimento que mesmo não tendo o conhecimento exato do significado do termo “cosmético”, a maioria deles consegue inferir quais produtos podem ser considerados como tal.

Não obstante, ao serem questionados sobre a função dos cosméticos, terceira pergunta, percebeu-se que os mesmos não tinham um conhecimento tão abrangente sobre o termo, propuseram de forma geral que estes teriam a função de hidratar o corpo, em específico a pele, rosto, braços, mãos e pernas, ou seja, não foram capazes de associar seu uso a diversas outras funções, muito menos órgãos/partes do corpo.

No que se refere à quarta pergunta, na qual os alunos foram indagados sobre se poderiam aprender/estudar conceitos químicos a partir dos cosméticos (**Gráfico 2**), a maioria dos alunos respondeu que seria possível, 75%, enquanto que o restante, 25%, afirmou que não.

**Gráfico 2.** *É possível aprender conceitos químicos a partir dos cosméticos?*



Fonte: Autoria.

Entretanto, dos 75% que afirmaram que sim, ao serem questionados sobre quais conteúdos e/ou conceitos químicos poderiam ser trabalhados na disciplina de Química, praticamente nenhum deles soube responder, sendo apenas capazes de associar os cosméticos à química orgânica.

A fim de esclarecer as dúvidas dos alunos

em relação aos conteúdos/conceitos de química que podem ser trabalhados com o tema cosméticos, foi dito aos mesmos que suas dúvidas seriam melhor esclarecidas no próximo encontro por meio da elucidação das fórmulas estruturais de alguns compostos químicos presentes em alguns cosméticos, deste modo, estimulando a participação dos mesmos e incitando a curiosidade pelo assunto em desenvolvimento.

Em relação à quinta pergunta, sobre a importância dos cosméticos na vida de cada um, todos disseram que estes são bastante importantes, citando exemplos já discutidos anteriormente (segunda pergunta). No que concerne à última pergunta, sobre alergias provenientes de cosméticos, todos disseram que nunca tiveram, e embora a discussão não tenha sido aprofundada, ressaltou-se que vários são os casos em que pessoas desenvolvem alergia frente a algum tipo de cosmético.

Com relação às alergias provenientes do uso de cosméticos, foi explicitado aos alunos que essas alergias acontecem devido a reações indesejadas, ou seja, reações que podem ocorrer devido à exposição continuada de um indivíduo a uma determinada substância presente no produto, que não tem uma interação favorável entre algum componente da formulação do cosmético com as proteínas da pele. E que essas alergias podem aparecer em locais distintos e/ou no próprio local de aplicação (GOMES, 2013).

Após as discussões inerentes às perguntas do questionário aplicado, deu-se início à leitura e discussão de dois textos relacionados aos cosméticos, “A história dos cosméticos” e “Química dos cosméticos” (Santos *et al.* 2013). Ao executarem a leitura dos textos propostos, os alunos ficaram um pouco inibidos, o que permitiu inferir que não possuíam o hábito de ler, sendo então necessário fazer a leitura e explicar cada parágrafo dos textos para que ficasse claro como se deu o surgimento dos cosméticos, composição dos mesmos e os cuidados necessários que se deve ter ao fazer uso desses produtos.

Destaca-se que a leitura em sala de aula se torna uma importante ferramenta para o processo de ensino e aprendizagem e ainda, na formação escolar, pois ler significa refletir, pensar,

estar a favor ou contra, comentar, trocar opiniões, posicionar-se, enfim, exercer desde cedo a cidadania (COSTA e HILLESHEIM, 2004).

De forma geral, mediante a discussão dos textos os alunos puderam compreender melhor a origem dos cosméticos e sua repercussão na sociedade até os dias atuais. Puderam ainda compreender a influência dos cosméticos em seu contexto social atentando para o cuidado com seu uso.

Além disso, foi possível notar que ao se abordar a história dos cosméticos, fez-se uso de conhecimentos diferentes dos químicos. O que vem ao encontro do exposto por Silveira e Pinto Neto (2008), ao afirmarem que o processo do ensino de ciências deve ser, também, histórico, levando em consideração as produções que foram elaboradas na construção de um determinado conhecimento.

Para finalizar o encontro, ainda pautado no segundo texto trabalhado, enfatizou-se aos alunos algumas maneiras de se utilizar os cosméticos com mais cuidado, pois se sabe que em sua composição química existem componentes que podem ser prejudiciais à saúde. Portanto, foram ressaltados cuidados tais como:

- Atentar-se aos rótulos dos cosméticos consumidos, pois conhecê-los bem pode fazer com que se obtenha melhores resultados na sua utilização;
- Evitar fazer uso de produtos em excesso, principalmente os de higiene pessoal e limpeza;
- Utilizar quantidade pequena de creme dental, pois há risco de se engolir flúor em excesso, o qual é prejudicial.

Diante do exposto, essa atividade final realizada no primeiro encontro foi fundamental para a contextualização da temática que estava sendo abordada, pois além de apresentar brevemente sua relação com a química orgânica, ponto esse apresentado e discutido no segundo encontro, ainda proporcionou aos alunos compreender alguns cuidados necessários quanto à utilização dos cosméticos.

Nessa perspectiva, Santos (2007) ressalta que, a aprendizagem por meio da contextualização envolve a vinculação de temas sociais e situações reais aos conteúdos, possibilitando a discussão transversal dos conteúdos com os conceitos científicos, permitindo assim aos alunos a

compreensão do contexto social em que estão inseridos desenvolvendo a capacidade da tomada de decisões.

### 3.2 Segundo Encontro

O segundo encontro (*Organização do conhecimento*) iniciou-se com a discussão e explanação das principais funções orgânicas, mediante uso da **Tabela 1**, que posteriormente seriam estudadas utilizando-se as fórmulas estruturais das substâncias presentes nos cosméticos que seriam trabalhados em sala, tais como: pasta de dente, perfume, xampu, protetor solar e sabonete.

Sequencialmente ao estudo e discussão dos procedimentos acerca de como identificar as funções orgânicas, aos alunos foram apresentadas algumas das principais substâncias orgânicas presentes em vários tipos de cosméticos utilizados cotidianamente por eles, assim como suas funções químicas na fabricação desses produtos, tais como conservante, adoçante, aromatizante e umectante.

Em relação à pasta de dente, apresentou-se a fórmula estrutural do sorbitol, para o perfume o eugenol, para o xampu o parabeno, para o protetor solar o ácido aminobenzoico e para o sabonete o butifenil-metilpropional.

Após a apresentação, elucidação e discussão dos cosméticos e suas principais substâncias constituintes, aos alunos foi solicitado que identificassem as funções orgânicas presentes em cada uma das substâncias mencionadas (*Aplicação do conhecimento*). Tais produtos, substâncias e funções químicas seguem ilustradas na **Tabela 2**.

Tendo como base as fórmulas estruturais, a primeira função a ser trabalhada foi a presente na fórmula estrutural do sorbitol, a função álcool. Nesse sentido, ao serem indagados sobre qual(is) função(ões) estava(m) presente(s) na estrutura do referido composto, após algum tempo e analisando a tabela proposta inicialmente, os alunos disseram ser a função álcool.

Em seguida, perguntou-se se eles sabiam definir as características dessa função, como respostas obtidas, de maneira geral afirmaram que a mesma é característica da presença do

grupo –OH (hidroxila), além da nomenclatura com terminação *ol*. Entretanto, tal definição foi complementada aos alunos ao relatar aos mesmos que a inferência da função álcool não se limita apenas às suas características descritas anteriormente.

Deste modo, relatou-se que para que uma função seja realmente um álcool, o grupo –OH também deve estar ligado a um carbono saturado, caso contrário, dependendo da estrutura, poderia ser classificado como um fenol, o qual foi brevemente elucidado na lousa.

As diferenças entre os grupos funcionais, álcool e fenol, ainda foram rapidamente salientadas, ressaltando-se que nos álcoois a hidroxila encontra-se ligada a átomos de carbono saturados, isto é, que apresentam somente ligações simples.

Em relação aos fenóis, a característica estrutural que os define é a ligação da hidroxila a um anel aromático, além destas diferenças, ressaltou-se rapidamente sobre a existência da função enol, que também foi desenhada na lousa e brevemente explicada, dessa forma assegurando um melhor entendimento dos alunos.

Após discorrer-se sobre as funções álcool, fenol e enol, foi apresentado aos alunos a fórmula estrutural do eugenol, substância encontrada em perfumes, e solicitado aos mesmos que identificassem os grupos funcionais contemplados neste composto.

Com base nas explicações anteriores, os alunos facilmente disseram que havia na estrutura o grupo fenol, contudo, não conseguiram identificar com clareza o grupo éter, devido ao fato do oxigênio e do anel aromático estar ligado ao grupamento metila sem elucidação da ligação simples entre eles ( $\text{CH}_3\text{--O--Ph}$ ), o que foi facilmente compreendido após algumas explicações sobre as formas como o mesmo pode ser identificado.

Ainda, com a intenção de contextualizar um pouco mais a aula, foi explicitado aos alunos que dentre vários óleos essenciais extraídos do cravo-da-índia, o eugenol é o principal deles, sendo este, um composto fenólico muito utilizado na fabricação de perfumes e medicamentos (RODRIGUES, 2010).

Os procedimentos, análises e discussões para a identificação das funções orgânicas presentes nas demais substâncias representadas por suas fórmulas estruturais (parabeno, ácido aminobenzóico e butifenil metilpropional) deram-se da mesma maneira como realizado para o sorbitol e o eugenol.

Ao término da identificação de todas as funções orgânicas de todas as substâncias, fez-se aplicação de uma lista de atividades que contemplava o mesmo conteúdo trabalhado, tendo esta, a finalidade de verificar se os alunos haviam aprendido efetivamente os conceitos abordados.

Apesar de algumas dificuldades ainda encontradas por alguns alunos na identificação dos grupos funcionais, estas foram, aos poucos, sendo reduzidas no desenvolver da realização e resolução da atividade proposta.

## CONCLUSÕES

A realização do minicurso possibilitou oportunidade para os alunos de relacionarem a Química com seu cotidiano, visto que o aprendizado não deve estar restrito apenas ao que se aborda na sala de aula. Sendo possível mostrar a importância de se estudar química e como esta ciência pode ser relacionada à suas vidas por meio da compreensão acerca de suas implicações práticas, neste caso, sua relação com a produção e uso dos cosméticos.

As aulas do minicurso proporcionaram aos alunos obterem o conhecimento químico, a partir dos cosméticos, visto que tiveram a total liberdade de dar opiniões, havendo assim, uma maior participação, tendo estes a autonomia de expressarem o que pensam, reconstruir e reelaborar o conhecimento que já possuíam. Fato que pôde ser verificado ao se discutir, por exemplo, as indagações propostas no questionário aplicado na primeira aula. Sendo, possível, portanto, tornar a Química parte de sua vivência.

Destaca-se também que o desenvolvimento da referida abordagem não tratou apenas de conceitos e conteúdos químicos, como também corroborou para a importância de se discutir temáticas sociais e históricas através do incentivo à criação de um ambiente de leitura e reflexão, estratégias utilizadas majoritariamente pelas Ciências

Humanas, mas, que precisam ser adotadas por todas as áreas do conhecimento, ao passo que, como constatado no trabalho, muitos alunos não apresentam o hábito da leitura.

Ademais, pautado nas concepções prévias dos alunos provenientes do primeiro encontro e nos resultados inferidos a partir da aplicação e resolução da última atividade proposta, conclui-se que a referida abordagem proporcionou aos alunos um aprendizado efetivo no que se refere aos conceitos básicos relacionados às funções orgânicas, principalmente no que se refere às funções álcool e fenol.

Por fim, pôde-se verificar que a utilização dos cosméticos como tema gerador de conhecimento químico mostrou-se uma estratégia promissora para contextualização com vistas a melhores resultados da aprendizagem, no tange ao conteúdo de funções orgânicas, contribuindo não apenas para o desenvolvimento do conhecimento científico, mas também, para a aprendizagem de diversos aspectos, como sociais e históricos. Acarretando assim, em um ensino de Química comprometido com a construção da cidadania e despertando no aluno um interesse e incentivo pela disciplina.

#### AGRADECIMENTOS:

Ao Núcleo de Pesquisa e Extensão em Processos Educacionais – NUPEPE.

Ao Núcleo de Pesquisa e Estudos em Química de Goiás – NUPEQUI.

Aos Alunos do curso Técnico Integrado em Química.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG campus Itumbiara-GO.

#### REFERÊNCIAS

1. Barata, E. A. F. A Cosmetologia: Princípios Básicos. São Paulo: *Tecnopress*, 1995. 176p.
2. Bennett, J. e Holman, J. Context-based approaches to the teaching of chemistry: what are they and what are their effects? In J. Gilbert (Ed.), *Chemical education research-based practice*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2002.
3. Brasil. Ministério da Educação. Secretaria

- de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. 4v.
4. Brasil. Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério de Educação Média e Tecnológica, 2006.
5. Chaer, G.; Diniz, R. R. P.; Ribeiro, E. A.A Técnica do Questionário na Pesquisa Educacional. *Evidência (Araxá)*, v. 7, p. 251-266, 2011.
6. Costa, A. L.; Hillesheim, A. L. A. Atividades de incentivo à leitura na Escola Básica Padre João Alfredo Rohr. s/d. Disponível em: <[http://www.extensio.ufsc.br/20041/artigos\\_pdfs/CED\\_Araci.pdf](http://www.extensio.ufsc.br/20041/artigos_pdfs/CED_Araci.pdf)>. Acessado em julho 2015.
7. Delizoicov, D.; Angotti, J. A. P. Metodologia do ensino de ciências. São Paulo: Cortez, 1990. (Coleção magistério. 2º grau. Série formação do professor).
8. Gilbert, J. K. On the Nature of "Context" in Chemical Education. *Int. J. Sci. Educ.* 2006, 28, 957–976.
9. Gomes, A. B. Alergia a cosméticos. *Ativos Dermatológicos*: São Paulo, 2013.
10. Gomes, F.; Machado, F. S.; Costa, L. L.; Alves, B. H. P. Atividades Didático-Pedagógicas para o Ensino de Química Desenvolvidas pelo Projeto PIBID-IFG. *Quím. Nova na Escola*, Vol. 36, N° 3, p. 211-219, 2014.
11. Morillo, F.; Bordons, M.; Gómez, Isabel. Interdisciplinarity in Science: A Tentative Typology of Disciplines and Research Areas. *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, 54 (13):1237–1249, 2003.
12. Rodrigues, R. S.; Silva, R. R. A História sob o Olhar da Química: As Especiarias e sua Importância na Alimentação Humana. *Quím. Nova na Escola*, v. 32, n.2, 2010.
13. Sá, H. C. A.; Silva, R. R. Contextualização e interdisciplinaridade: concepções de professores no ensino de gases. <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0621-1.pdf>>. Acessado em novembro 2015.
14. Santos, W. L. P. Contextualização no Ensino de Ciências por meio de Temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v.1, n. especial, Nov.2007.


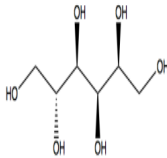

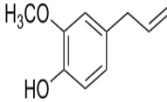

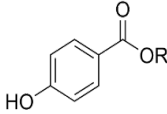

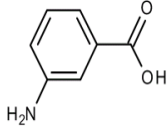

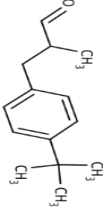
15. Santos, W. L. P.; Mól, G. S.; [Dib, S. M. F.](#); Matsunaga, R. T.; Santos, S. M. O.; Castro, E. N. F.; Silva, G. S.; Farias, S. B. Química cidadã: volume 3, ensino médio - 3º série. 2. ed. São Paulo: Editora AJS, 2013. v. 1. 320p
16. Santos, W. L. P.; [Mól, G. S.](#); Silva, R. R.; Castro, E. N. F.; Silva, G. S.; Matsunaga, R. T.; Farias, S. B.; [Santos, S. M. O.](#); DIB, S. M. F. Química e Sociedade: uma experiência de abordagem temática para o desenvolvimento de atitudes e valores. Quím. Nova na Escola, Brasil, v. 20, p. 11-14, 2004.
17. Scarpa, D. L.; Maximiano, F. A.; Oliveira, H. A.; Fonseca, L. C. S.; Camargo, S.; Roehrig, S. A. G. Formação de professores do ensino médio, etapa II - Caderno III: Ciências da Natureza. 1. ed. UFPR: setor de educação, v.1.: Curitiba, 2014.
18. Schueller, R.; Romanowski, P. Iniciação à Química Cosmética. v. 1. São Paulo: Tecnopress, 2001.
19. Silva, M. R.; Simões, C. A.. O currículo do ensino médio, seu sujeito e o desafio da formação humana integral. Curitiba PR: Setor de Educação/UFPR, 2013.
20. Silva, R. M. G.; Contextualizando aprendizagens em Química na formação escolar. Quím. Nova na Escola, São Paulo, v. 1, n.18, p. 26-30, 2003.
21. Silveira, H. E. Pinto Neto, P. C. O desenvolvimento de conceitos químicos em artigos de história da ciência: possibilidades de novas abordagens para formação docente. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, XIV, 2008, Paraná, Curitiba, 2008, p.1-8.
22. Stuckey M.; Hofstein A.; Mamlok-Naaman R. and Eilks I. The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum, Stud. Sci., Educ., 2013, 49(1), 1-34
23. Usberco, J.; Salvador, E. Química. 5 ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2002.

**Tabela 1. Representação das principais funções orgânicas trabalhadas em sala.**

Composto	Fórmula geral	Exemplo	Sufixo
Álcool	$R-OH$	$H_3C-CH_2-CH_2-OH$ Propan-1-ol	- ol
Aldeído	$R-C(=O)H$	$H_3C-CH_2-C(=O)H$ Propanal	- al
Cetona	$R-C(=O)R'$	$H_3C-C(=O)CH_3$ Propanona	- ona
Ácido carboxílico	$R-C(=O)OH$	$H_3C-CH_2-C(=O)OH$ Ácido propanoico	- oico
Éster	$R-C(=O)OR'$	$H_3C-CH_2-C(=O)O-CH_3$ Propanoato de metila	- ato de
Éter	$R-O-R'$	$H_3C-CH_2-O-CH_3$ Etóximetano	- óxi
Amina	$H-N(H)H$	$H-N(H)CH_3$ Metilamina	- amina
Amida	$R-C(=O)NH_2$	$H_3C-CH_2-C(=O)NH_2$ Propanamida	- amida

Fonte: Autoria

**Tabela 2. Cosméticos e seus respectivos compostos orgânicos.**

<b>Cosmético</b>	<b>Composto Químico</b>	<b>Utilização do composto químico</b>
<p>Pasta dental</p>  <p><i>Sorbitol</i></p>		<p>Manter o creme dental consistente, além de ser um poderoso adoçante que não provoca cáries.</p>
<p>Perfume</p>  <p><i>Eugenol</i></p>		<p>Aromatizante</p>
<p>Xampu Parabeno</p> 		<p>São conservantes eficazes em muitos tipos de fórmulas</p>
<p>Protetor solar</p>  <p><i>Ácido aminobenzóico</i></p>		<p>Absorve a radiação ultravioleta</p>
<p>Sabonete</p>  <p><i>Butifenil metilpropional</i></p>		<p>Fragrância</p>

Fonte: Autoria.



## JÚRI SIMULADO COMO PROPOSTA PARA A ABORDAGEM DOS COMBUSTÍVEIS NO ENSINO FUNDAMENTAL



## JURY SIMULATED AS PROPOSED FOR THE APPROACH OF FUELS IN ELEMENTARY EDUCATION

ANDRADE, Ana Maria Rodrigues<sup>1</sup>; SILVA, Suzana Pedroza da<sup>2</sup>; MORAIS, Carina Siqueira<sup>3</sup>; SIMÕES NETO, José Euzébio<sup>\*4</sup>

<sup>1,3</sup> Universidade Federal do Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Fazenda Saco, S/N, CEP 56909-535, Serra Talhada – PE, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, Av. Bom Pastor, S/N, Boa Vista, CEP 55292-270, Garanhuns – PE, Brasil

<sup>4</sup> Universidade Federal do Rural de Pernambuco, Departamento de Química, Rua Dom Manoel de Medeiros, S/N, CEP 52171-900, Recife – PE, Brasil

*\* Autor correspondente*

e-mail: euzebiosimoesl@gmail.com

Received 23 September 2015; received in revised form 18 November 2015; accepted 8 January 2016

### RESUMO

Os combustíveis são materiais que possuem a capacidade de liberar energia quando existe modificação na estrutura química, e fazem parte da vida de todos na sociedade, incluindo os estudantes da educação básica. Este trabalho tem como objetivo analisar as potencialidades da estratégia didática do Júri Simulado na construção de conhecimentos químicos na abordagem do tema combustíveis, em perspectiva de desenvolvimento conceitual, procedimental e atitudinal. A pesquisa foi realizada em uma escola da rede pública municipal da cidade de Carnaíba, sertão de Pernambuco, no Ensino Fundamental II, utilizando como principal eixo de articulação um estudo de caso fictício acerca do fechamento de um posto de combustíveis. Para a obtenção dos dados, utilizou-se como instrumentos de pesquisa notas de observação do campo durante a realização do júri e entrevistas com os estudantes. Após realização do Júri os estudantes demonstraram argumentos e conhecimentos químicos mais aprofundados sobre o tema, além de se mostrarem motivados e interessados durante todo processo. Concluiu-se que o júri simulado se apresentou em uma potente estratégia didática e metodológica, eficaz e interessante para a abordagem de conhecimentos químicos relacionados ao cotidiano dos estudantes, neste caso os combustíveis, temática ainda não trabalhada em atividades lúdicas no ensino de química.

**Palavras-chave:** *Júri simulado; Estratégias didáticas; Combustíveis.*

### ABSTRACT

Fuels are materials that possess the ability to release energy when there is change in the chemical structure, and are part of everyone's life in society, including students of basic education. This work aims to analyze the potential of teaching strategy Jury Simulated in the construction of chemical knowledge on fuels approach, in perspective of development conceptual, procedural and attitudinal. The survey was conducted in a municipal public school in the city of Carnaíba, countryside of Pernambuco, in Primary Education II, using as main pivot axis of a fictional case study about the closing of a gas station. To obtain the data, was use as research tools: notes the observation of the field during the course of the jury and interviews with students. After completion of the jury, students demonstrated arguments and more profound chemical knowledge on the subject, and prove motivated and interested throughout the process. It was concluded that the simulated jury performed in a powerful didactic and methodological strategy, effective and interesting for addressing chemical knowledge related to the daily lives of students, in case the fuels, issue not yet worked in recreational activities in chemistry teaching.

**Keywords:** Jury simulated; Didactic strategies; Fuels.



## INTRODUÇÃO

Falar em estratégia de ensino é pensar em métodos que sejam significativos, inovadores, dinâmicos, de modo a fazer a o conhecimento se tornar acessível e atraente para os estudantes. Uma boa estratégia exige uma atitude por parte do professor para que ele possa conquistar o aluno, aumentando o interesse e possibilitando o crescimento pessoal, através de sua participação ativa durante os processos de ensino e aprendizagem (Okane, 2004).

Segundo Mazzioni (2006), o uso do termo **estratégias de ensino** está associado aos meios utilizados pelos docentes na articulação do processo de ensino, de acordo com as atividades propostas e os resultados esperados. Assim, o professor tem que fazer de seus métodos de ensino os mais eficazes para atingir o seu objetivo central, a aprendizagem de seus alunos.

Portanto, o professor tem que ter em mente que para ocorrer à aprendizagem, uma única forma de estratégia também não será suficiente. Um dos seus maiores desafios encontrados pelos professores no âmbito escolar é a atualização no seu repertório de estratégias didáticas. Conhecendo diversas estratégias, o professor pode identificar qual será a mais eficaz para cada atividade proporcionada, além de realizá-la com êxito. Fazer valer o seu ensino através de suas ferramentas para, assim, facilitar o processo de construção de conhecimentos de seus educandos (Knijnik, 2001; Laburú, 2003).

Tentou-se entender que o trabalho do professor, "...não se trata apenas de um conteúdo, mas de um processo que envolve um conjunto de pessoas na construção de saberes, seja por adoção, seja por contradição" (Anastasiou e Alves, 2004, p. 69). Atualmente o objetivo principal de muitos educadores não é apenas os fins, ou seja, a avaliação final como recurso para identificar a aprendizagem acerca de um conteúdo, mas o processo de construção do conhecimento em sua totalidade. Então, o conhecimento acerca das estratégias didáticas se apresenta como fundamental, pois a aprendizagem se torna mais efetiva e concreta quando o professor busca inovações na sua prática. Tais dispositivos metodológicos tem também como intuito promover a participação ativa dos alunos na construção dos seus conhecimentos.

Destaca-se a visão de Anastasiou e Alves (2004), quando reconhecem a impossibilidade de um professor conhecer e aplicar todas as estratégias de ensino existentes, mas que algumas destas ele pode conhecer e, principalmente, utilizar na sua prática docente. De fato, teoria (conhecer as estratégias) e prática (aplicá-las de maneira organizada e eficiente) são importantes e devem andar juntas. Por isso, reforça-se a existência de uma literatura que frequentemente menciona a necessidade de uma mudança de postura do professor em direção a um pluralismo de estratégias metodológicas, principalmente, aqueles que estão acostumados unicamente ao método tradicional de aulas expositivas.

Algumas estratégias de ensino são amplamente recomendadas por pesquisadores da área de Ensino das Ciências como uma forma de complementar ou até mesmo inovar as aulas de químicas, dentre essas pode-se citar: **Resolução de problemas:** estão relacionadas à resolução de uma nova problemática, através de pensamentos, aplicações de leis racionais, críticas reflexivas, procurando soluções alternativas para resolvê-las; **Estudo de caso:** atividade desafiadora que deve ser estudada minuciosamente através de uma situação real ou tema estudado que possibilite aos estudantes o seu envolvimento, avaliando o esforço de cada grupo, argumentação, síntese são formas de construção do conhecimento; **Estudo do meio:** trata-se de um estudo por meio de experiências vividas, ou seja, através da realidade de contexto natural e social, problemáticas, permitindo ao estudante refletir sobre a realidade através de seus próprios aspectos sociais (Laburú, 2003; Cortez, 2005; Mazzioni, 2006; Coronel e Curotto, 2008; Batinga e Teixeira, 2014).

Diante do repertório de estratégias que podem ser utilizadas nas aulas de química, destaca-se a utilização do lúdico em situações de ensino (Russell, 1999; Antunes, Pacheco e Giovanela, 2012), especificamente o **Júri simulado**, que tem como maior objetivo a promoção da argumentação, defesa de ideias, tomadas de decisão a respeito de um caso apresentado, estudo de um tema. Os alunos, através de grupos, irão se posicionar contra ou a favor no contexto de um caso específico e, assim, pesquisas e estudos serão realizados por esses com o intuito de buscar uma maior aproximação acerca do assunto em tela, ou seja,

aprofundar seus conhecimentos para um melhor posicionamento em relação ao tema a ser tratado (Oliveira e Soares, 2005).

A pesquisa foi estruturada a partir de um caso fictício sobre o fechamento de um posto de combustíveis, alguns aspectos relevantes foram tratados, como: o favorecimento dado pelo posto aos empresários; relação com os consumidores; geração de emprego e renda, através do seu funcionamento regular; e as consequências e efeitos no meio ambiente e para a população – alguns danos ambientais ocasionados por vazamentos de combustíveis nos tanques ou tubulações subterrâneas podem provocar a saúde pública danos irreversíveis, o que pode ser visto em noticiários na TV, jornais, revistas ou redes sociais. Alguns casos são mais comuns e recorrentes, como a contaminação do solo e de aquíferos por hidrocarbonetos, e aspiração dos gases emitidos pelos veículos automotivos e do próprio combustível (Takeshita, 2006; Pedroza, 2008; Silva et al., 2012).

Neste contexto, existe a possibilidade de abordar diversos conceitos químicos, como: substâncias, misturas, densidade, concentração, solubilidade e separação de misturas, que se mostram importantes para entender melhor às situações relacionadas com esse tema. Neste estudo busca-se entender esses problemas com a simulação de uma situação (o fechamento de um posto de combustíveis), como também, analisar a estratégia Júri Simulado na construção de conhecimentos químicos. Encontra-se um norteamento para o desenvolvimento dessa estratégia através dos trabalhos de Oliveira e Soares (2005) e Roque, Pinheiro e Neto (2012). Para o embasamento teórico sobre aprendizagens conceituais, atitudinais e procedimentais, buscou-se fundamentação em Pozo e Gomez Crespo (2009).

O objetivo deste trabalho é analisar as potencialidades da estratégia didática do Júri Simulado na construção de conhecimentos químicos na abordagem do tema combustíveis, em uma perspectiva de desenvolvimento de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Foi desenvolvido um plano de ação através de uma pesquisa de campo dentro do paradigma qualitativo, por apresentar alguns

aspectos desses, tais como: coleta de dados, objeto de estudo, interpretação dos resultados, forma de tratamento dos dados e generalização (Günther, 2006). Os dados foram obtidos a partir dos seguintes instrumentos de pesquisa: notas de observação em campo e entrevista semiestruturada com os estudantes que participaram do júri simulado. A pesquisa foi realizada em uma escola da rede pública municipal da Cidade de Carnaíba, sertão do Pajeú. Pernambuco, numa turma de nono ano do Ensino Fundamental II, com 28 alunos entre 13 e 14 anos.

O desenho metodológico, dividido por etapas, é evidenciado a seguir:

### **1ª Etapa: Elaboração da Situação para o Júri Simulado**

A escolha por trabalhar com o tema combustíveis e seus impactos ocasionados pelo vazamento nos tanques ou tubulações se justifica pela possibilidade encontrada em abordar conceitos químicos e também por ser um tema social presente no nosso cotidiano. Os benefícios, malefícios, consequências à saúde pública e ao meio ambiente foram o ponto chave para o estudo (Duarte, Oliveira e Ferreira, 2004; Barros e Wanke, 2012).

Foi elaborada uma situação intitulada "**fechamento de um posto de combustíveis**", evidenciada por completo ao final desse trabalho (apêndice A), que teve por objetivo proporcionar aos alunos a apresentação de um problema (caso), e a partir deste, despertar o senso crítico sobre o tema social tratado, através de argumentos convincentes, nas versões da defesa e da acusação sobre as questões abordadas, como comumente são vivenciados em um Júri real.

### **2ª Etapa: Construção da Argumentação para o Júri**

Foram levantadas questões para os alunos, para a partir destas, elaborarem argumentos convincentes ao seu posicionamento na estratégia de Júri Simulado. Os alunos buscaram, de maneira não direcionada, construir seus repertórios de conhecimentos e informações, a partir da pesquisa em livros e internet. Para auxiliar os estudantes neste momento, elaborou-se *folders* com informações extraídas de material publicado em jornais de grande circulação, buscando estabelecer um

refinamento dos argumentos construídos.

### 3ª Etapa: Montagem e Realização do Júri Simulado

Nesta etapa, ocorreu a aplicação do Júri simulado a partir da situação apresentada: o fechamento do posto de combustíveis. Alguns estudantes se posicionaram contra e outros a favor do fechamento (representando advogados de defesa e promotores públicos), na tentativa de convencer os jurados, personificados por outros alunos, e o juiz, interpretado pelo professor da disciplina de ciências, com os argumentos construídos na etapa anterior. Outros alunos interpretaram testemunhas apresentadas pela defesa e pela acusação. Essa etapa foi videogravada para obtenção de dados de pesquisa, posteriormente analisados.

### 4ª Etapa: Entrevista Semiestruturada

Foi realizada uma entrevista semiestruturada, com quatro alunos, selecionados por terem demonstrado um maior interesse e participação efetiva durante todo processo de interpretação dos papéis no Júri Simulado. Busca-se, na fala dos entrevistados, evidências da construção de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais proporcionados pelo desenvolvimento das atividades no Júri Simulado. As perguntas estão apresentadas no quadro 1.

**QUADRO 1: Entrevista Semiestruturada.**

1. Quais tipos de poluição ambiental podem ser provocados pela queima de combustíveis?
2. O que você entende por gasolina, diesel, biodiesel e etanol?
3. Qual a composição da gasolina, do diesel, do biodiesel e do etanol?
4. Você já viu o que acontece quando ocorre vazamento em águas superficiais de algum tipo de combustível? E em águas subterrâneas?
5. Você concorda que as cidades tenham postos de Combustíveis próximos a residências, hospitais, restaurantes e escolas? Sugere alguma mudança?
6. O Júri Simulado foi uma estratégia didática que proporcionou uma maior aprendizagem dos conteúdos de Química e do tema Combustíveis? Por que?

Fonte: Própria

As entrevistas foram realizadas de forma

individual, com duração média de trinta minutos com cada entrevistado. Em associação às seis perguntas realizadas, outras questões surgiram no desenvolvimento da entrevista semiestruturada, para complementação ou suplementação das respostas fornecidas.

As respostas foram analisadas mediante a tipologia de aspectos de construção de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais, conforme o quadro 2:

**QUADRO 2: Análise dos conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais.**

Tipos de conteúdos	Mais específicos		Mais gerais
Conceituais	Fatos Dados	Conceitos	Princípios
Procedimentais	Técnicas		Estratégias
Atitudinais	Atitudes	Normas	Valores

Fonte: Pozo e Gomez Crespo (2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram interpretados e os resultados estão dispostos em duas seções, mostradas a seguir:

### Análise da estratégia de ensino: júri simulado (químico)

Algumas análises foram realizadas através das observações efetuadas durante todo processo, em relação à mudança de comportamento e argumentos construídos pelos estudantes durante o desenvolvimento da estratégia.

Embora inicialmente os estudantes não estivessem totalmente engajados em participar das atividades propostas, ainda no momento de construção dos argumentos entenderam a proposta e os objetivos da atividade: fizeram pesquisas, organizaram suas falas, buscaram auxílio dos professores e ensaiaram com relativa frequência para o Júri, demonstrando eventual interesse.

Em alguns momentos percebe-se a utilização de um vocabulário químico nas falas dos advogados de defesa e dos promotores, com

destaque para a aluna que interpretou uma das promotoras, que articulou de maneira coerente aspectos sociais e conceitos químicos, a saber: concentração das soluções e misturas, solubilidade, misturas e densidade, fazendo sempre referência à situação apresentada.

Os estudantes argumentaram também sobre as consequências da ação dos combustíveis e seus produtos no solo, em aquíferos, águas superficiais e subterrâneas, dos gases que atingem diretamente a camada de ozônio e aquecimento global. Pode-se perceber alguns procedimentos realizados pelos alunos, principalmente, as testemunhas apresentadas pela acusação, com discurso centrado na conscientização quanto a questão ambiental. Em alguns momentos citaram algumas leis, e deixaram claro que tais cuidados ambientais deveriam ser implementados pelo próprio posto de combustíveis em questão, buscando a segurança do próprio estabelecimento e pessoas envolvidas de forma direta ou indireta (Pereira, Machado e Cardoso, 2008) – neste caso, ocorre um direcionamento para a tomada de decisões baseadas em atitudes e normas, para a construção de valores.

A aluna que representou a advogada de acusação fez referência em suas falas sobre os produtos comercializados como a gasolina, o álcool, o diesel e o gás natural que quando liberados podem resultar em incêndios e explosões com danos graves e imediatos a vida e a saúde das pessoas. Também falou sobre a natureza do petróleo e sua exploração, caracterizando como uma fonte energética não renovável. Em seguida evidenciou que a liberação de gases e partículas pela combustão completa e sobretudo incompleta, na queima da gasolina nos motores automotivos, que prejudicam a saúde e o meio ambiente, alguns deles carcinógenos (Santos, Assunção e Mouchrek Filho, 2002; Ferreira *et al.*, 2008).

O aluno que protagonizou o advogado de defesa destacou o uso dos biocombustíveis e sua minimização nos impactos ambientais, como por exemplo, diminuir a ação do aquecimento global. Os termos químicos utilizados foram poucos, mas precisos em sua colocação. O principal argumento da defesa foi baseado na procura do posto em oferecer o biodiesel em percentual de mistura com o diesel, diminuindo impactos ambientais (Marins e Corseuil, 1997).

Nas falas das testemunhas de defesa, no geral, verifica-se que a maioria argumentou em defesa dos benefícios proporcionados para a população e cidades circunvizinhas após a instalação do posto de combustível. Destaque para a fala de uma das testemunhas, apresentada com destaque pelo advogado de defesa, que citou a utilização do biodiesel, menos agressivo à natureza que o diesel de petróleo, como atitude positiva da administração do posto de combustíveis. No entanto, aspectos químicos do biodiesel e do diesel de petróleo não foram apresentados (Silva *et al.*, 2012).

Durante a réplica, a aluna que protagonizou a promotora pública fez referência à emissão de CO<sub>2</sub>, que só seriam recompensados por séculos de biocombustíveis, além dos riscos do estabelecimento para a saúde, evidenciando, desta vez, a possibilidade de vazamento do tanque ou das tubulações, contaminando águas subterrâneas, essenciais para a vida na cidade. Finalizou sugerindo o fechamento do posto e sua abertura em outro local, recomendado por pesquisadores ambientais.

Foi possível perceber através organização e fundamentação dos argumentos dos alunos a preocupação em desempenhar um bom papel na simulação, buscando a construção de argumentos, a partir da pesquisa para a construção de conhecimentos químicos associados ao tema trabalhado. Tal observação dá indícios da potencialidade desta estratégia no contexto elegido para nossa pesquisa.

#### **Análise da entrevista semiestruturada:**

Para a discussão da entrevista semiestruturada, realizada após o Júri químico, sujeitos entrevistados foram identificados como: aluno A, aluno B, aluno C e aluno D, fazendo relação com a tipologia do quadro de Pozo e Gómez Crespo (2009).

#### **1. Quais tipos de poluição ambiental podem ser provocados pela queima de combustíveis?**

As respostas dos estudantes para a questão 1 são apresentadas no quadro 3:

**QUADRO 3: Respostas à questão 1**

Aluno	Resposta
A	"Gases que provocam o efeito estufa, como por exemplo, o monóxido de carbono que atinge diretamente a camada de ozônio..."
B	"O aquecimento global e o efeito estufa, os gases tóxicos como o dióxido de carbono que atingem a atmosfera terrestre e causam muitos problemas".
C	"Gases que atingem a atmosfera terrestre, podem destruir a camada de ozônio, prejudicando nossa saúde e a de todos, como o monóxido de carbono"
D	"O monóxido de carbono polui o ar, atingindo a camada de ozônio".

Fonte: Própria.

Todas as respostas foram bem construídas e coerentes, principalmente, no tocante ao relato sobre os tipos de poluição ambiental provocada pela queima dos combustíveis, tais como: o efeito provocado pelos gases monóxido de carbono e dióxido de carbono que atingem diretamente a camada de ozônio e provocam o efeito estufa, diretamente relacionados ao aquecimento global.

## 2. O que você entende por gasolina, diesel, biodiesel e etanol?

As respostas dos estudantes para a questão 2 são apresentadas no quadro 4:

**QUADRO 4: Respostas à questão 2**

Aluno	Resposta
A	"São combustíveis que são usados para os carros se locomoverem, a gasolina e diesel como são derivados do petróleo, eles não são renováveis. O biodiesel e o etanol como são tipos de biocombustíveis, eles são renováveis".
B	"A gasolina e o diesel são combustíveis renováveis, derivados do petróleo, o biodiesel e o etanol são combustíveis renováveis e o etanol é retirado da cana e o biodiesel é produzido a partir de gordura..."
C	"A gasolina e o diesel são derivados do petróleo e causam muito mal à saúde porque se tiver... próximos... eles podem prejudicar por causa de vazamento, mal cheiro no ar também. O biodiesel e o

	etanol, o biodiesel é um combustível de origem vegetal que são extraídos das sementes de girassol, soja e outros e o etanol é extraído da cana-de-açúcar".
D	"A gasolina e o diesel não são renováveis e o biodiesel e etanol são renováveis".

Fonte: Própria.

Apenas o estudante A falou sobre as aplicações dos combustíveis listados. Todos basearam suas respostas na diferenciação quanto a classificação em renovável e não-renovável.

## 3. Qual a composição da gasolina, do diesel, do biodiesel e do etanol?

As respostas dos estudantes para a questão 3 são apresentadas no quadro 5:

**QUADRO 5: Respostas à questão 3**

Aluno	Resposta
A	"A olho nu eles aparentam ser homogêneos, só que quando é feito um estudo mais aprofundado... por um microscópio, percebe-se que eles são heterogêneos".
B	"Misturas homogêneas a olho nu, mas com testes, pesquisas e estudos científicos pode ver-se que elas são heterogêneas. "
C	"Misturas homogêneas e heterogêneas por haver mistura com outros compostos, um exemplo é a gasolina que se mistura com o álcool em certa quantidade, sendo homogênea".
D	"São misturas homogêneas, mas numa pesquisa mais aprofundada, são misturas heterogêneas".

Fonte: Própria.

As respostas dos estudantes destacaram aspectos sensoriais, como a percepção destes combustíveis como sistemas homogêneos, quando observados macroscopicamente. Alguns detalhes merecem evidência, a saber: (a) aparentemente, todos os combustíveis foram considerados como amostras específicas de um mesmo produto, ou seja, não analisaram cada combustível com suas especificidades; (b) não relacionaram a composição do ponto de vista das substâncias, admitindo que todos os combustíveis apresentados são sistemas com mais de um componente, apresentados nas

respostas pelo termo **misturas**.

**4. Você já viu o que acontece quando ocorre vazamento em águas superficiais de algum tipo de combustível? E em águas subterrâneas?**

As respostas dos estudantes para a questão 4 são apresentadas no quadro 6:

**QUADRO 6: Respostas à questão 4**

Aluno	Resposta
A	“É percebido um grande número de combustíveis através da coloração, muitos bichos morrem por falta de oxigênio... eles não conseguem respirar ou sair daquele lugar, morrendo ali mesmo. Nas águas subterrâneas é percebido quando as águas vêm para consumo ocorrem várias contaminações e algumas doenças... irritação nos olhos, na pele, entre outros...”
B	“A primeira característica de um vazamento de gasolina no mar em águas superficiais é a coloração que muda e isso pode trazer vários problemas que são infecções e se chegar a órgãos vitais pode matar. Em águas subterrâneas torna-se um problema maior porque não são vistas a olho nu, ou seja, fica mais difícil de saber se está contaminada...”
C	“No mar, parte superficial é mais fácil de ser detectado com muitas substâncias na parte superior, parecendo um arco-íris. Nas águas subterrâneas não poderão ser detectadas facilmente a não ser quando começa a ser usado pelas pessoas...”
D	“Fica uma concentração... de combustível presente nas águas superficiais, sendo capaz de detectar através de animais mortos e uma mancha diferente na água. Nas águas subterrâneas não será fácil de detectar... doenças graves, intoxicações, são consequências que podem acontecer”.

Fonte: Própria.

Pode-se notar coerência e sintonia nas respostas em relação às consequências provocadas nas águas superficiais e subterrâneas quanto ao vazamento dos combustíveis. Nesta primeira, os alunos alegaram ser mais perceptíveis, através da coloração diferenciada e presença de animais mortos na parte superior das águas, como, por

exemplo, os peixes. Nas águas subterrâneas, a percepção é menor, muitas vezes notado através do seu uso. Quando contaminadas a utilização pode atingir diretamente o organismo da pessoa, seja a pele ou outro órgão vital.

**5. Você concorda que as cidades tenham postos de Combustíveis próximos a residências, hospitais, restaurantes e escolas? Sugere alguma mudança?**

As respostas dos estudantes para a questão 5 são apresentadas no quadro 7:

**QUADRO 7: Respostas à questão 5**

Aluno	Resposta
A	“Não concordo com postos que são próximos a esses estabelecimentos, sendo que onde tem, o posto deve dobrar a manutenção e as pessoas que trabalham nele se vestir o mais adequado... quanto menos risco melhor”.
B	“Sim, concordo, mas... precisam ter alguns procedimentos como supervisões de tubos para não ocorrer vazamentos, ter materiais mais resistentes...”
C	“Sim, se nos postos forem oferecidos combustíveis renováveis como o biodiesel e o etanol que não prejudicam tanto esses estabelecimentos, diferente dos não renováveis que prejudicam mais”.
D	“Depende, se for feito a revisão nas tubulações, eu concordo, os donos de combustíveis podiam investir em seus profissionais, fazer reparo, manutenções sempre e seguir as leis”.

Fonte: Própria.

Três alunos entrevistados acreditam que é possível a presença de um posto de combustível próximo a estabelecimentos tais como restaurantes, escolas e hospitais, enquanto apenas o aluno A não concorda com o funcionamento do posto – devido à contaminação, ao cheiro desagradável e poluição. No entanto, todos condicionam o funcionamento do posto a manutenções constantes no tanque e nas tubulações, bem como investimento na formação de profissionais mais capacitados e que cumpram com rigor as leis ambientais.

**6. O Júri Simulado foi uma estratégia didática que proporcionou uma maior**

## aprendizagem dos conteúdos de Química e do tema Combustíveis? Por que?

As respostas dos estudantes para a questão 6 são apresentadas na tabela 8:

**QUADRO 8:** Respostas à questão 2

Aluno	Resposta
A	“Sim, porque conheci os tipos de combustíveis que não conhecia e sua origem, os tipos de misturas homogêneas, heterogêneas, os riscos que um posto pode trazer aos moradores. Compostos que se solubilizam mais rápido na água, o benzeno, tolueno... e xileno... concentração dos combustíveis quando há vazamento”.
B	“Em química aprendi o que são misturas homogêneas, heterogêneas, solubilidade, concentração e muitos outros e em relação a combustíveis aprendi a diferença entre os derivados do petróleo, a gasolina e o diesel e combustível derivado da cana de açúcar, o etanol, e o biodiesel que vem de óleo vegetal e gordura animal e como identificar que uma gasolina esteja adulterada”.
C	“Ele nos ajudou a identificar substâncias nocivas ao meio ambiente e saúde das pessoas, tipos de combustíveis renováveis e não-renováveis, tipos de misturas homogêneas e heterogêneas, solubilidade dos compostos, concentração em caso de vazamento na água”.
D	“Substâncias puras e compostas, misturas homogêneas e heterogêneas, o que é soluto e solvente, concentração, solubilidade. O etanol como combustível renovável”.

Fonte: Própria.

Os alunos aprovaram de forma unânime a estratégia didática Júri Simulado. Alguns conhecimentos químicos que foram abordados durante as atividades foram citados na entrevista, mostrando que aprenderam alguns conceitos, entre os quais: solubilidade, concentração, tipos de misturas homogêneas e heterogêneas. Em relação aos combustíveis, foi evidenciado que aprenderam o que são combustíveis renováveis e não renováveis e suas origens.

As respostas que os alunos apresentaram durante a entrevista faz relação com os aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais, conforme discussão a seguir.

Em relação às respostas da primeira pergunta foi possível perceber a **aprendizagem de conhecimentos científicos conceituais**, quando os alunos comentaram sobre os gases – por exemplo, o monóxido de carbono (CO), que polui o meio ambiente e é produzido através da queima de combustíveis, podendo provocar efeito estufa e aquecimento global. Na segunda questão, percebe-se a construção de conceitos quando os alunos apontam a classificação dos combustíveis em renováveis e não-renováveis. Por fim, na terceira questão a aprendizagem conceitual pode ser percebida nas afirmações dos estudantes sobre a composição microscópica (sistema heterogêneo). As respostas de todos foram muito parecidas, mas diferente em alguns aspectos por seus princípios e originalidades.

As respostas das questões quatro e cinco apresentam indícios para a **aprendizagem de conhecimentos procedimentais**, pois os alunos expuseram saber sobre alguns procedimentos que poderiam ser realizados em relação ao perigo provocado pelo vazamento de combustíveis nas águas superficiais e subterrâneas; os cuidados que os donos de postos de combustíveis deveriam ter com seu próprio estabelecimento e com outros próximos e com pessoas que estão diretamente expostas a presença desses combustíveis e, conseqüentemente, cuidar da saúde de seus clientes e trabalhadores, fazendo revisões periódicas nos tanques e/ou tubulações. Nos exemplos dados, foi alcançada uma meta: o posicionamento dos alunos frente a seus conhecimentos, interpretações, argumentos, explicações sobre o que conheciam.

Diante das respostas da questão seis, percebe-se também indicativos para tipologia da **aprendizagem atitudinal**, quando os alunos mostraram atitudes diante da estratégia didática, o júri simulado, demonstrando aprendizagens do que era a química e sua relação com o cotidiano e sobre os combustíveis e sua utilidade benéfica e maléfica, através de argumentos bem fundamentados teoricamente expostos durante o Júri, evidenciando um senso crítico apurado diante das questões que foram abordadas.

## CONCLUSÕES

Foi possível verificar a eficiência da

estratégia didática Júri Simulado, na turma na qual foi realizada a intervenção e observar as potencialidades da proposta, relacionadas à motivação em aprender, construção de argumentos, integração entre aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais, e, por fim, na aprendizagem de conceitos químicos. Pode-se observar, em muitos momentos, que estudantes se mostraram disciplinados, concentrados e motivados a construir o conhecimento, mediante o desenvolvimento conceitual, procedimental e atitudinal. Desta observação, conclui-se que a estratégia foi validada pela pesquisa realizada.

Na análise da entrevista semiestruturada pode-se inferir acerca do progresso que os alunos alcançaram após a realização do Júri, considerando que *a priori* esses alunos não tinham noção sobre o tema que a ser trabalhado na turma. Ou seja, puderam construir conceitos químicos necessários para argumentar sobre o caso apresentado e pensar criticamente frente a uma realidade social, mediada por uma história fictícia.

O tema combustíveis, atual e bastante presente no cotidiano dos estudantes, após a análise dos dados e discussão nos resultados, pôde ser considerado uma boa escolha, não apenas por tentar aproximá-los dos conceitos químicos trabalhados, mas também, por fazer entendê-los dos benefícios e malefícios que esses proporcionam a vida humana e saúde pública, o que foi verificado a partir dos argumentos construídos pela defesa e acusação.

As estratégias didáticas, métodos de ensino diferenciados, a exemplo do Júri Simulado utilizado neste trabalho de maneira satisfatória, ou seja, se mostrou adequada para cumprir os objetivos de aprendizagem associados à pesquisa em tela, são ferramentas de ensino importantíssimas porque podem motivar os estudantes a gostar de ciência, além de entendê-la melhor, dependendo do tema trabalhado e da estratégia escolhida pelo professor – em outras palavras, cumprem a função motivacional no trabalho intramuros da sala de aula.

## REFERÊNCIAS:

1. Anastasiou, I. G. C.; Alves, I. P. Processos de Ensino na Universidade, 1ª ed., Univille: Joinville, 2004.
2. Antunes, M.; Pacheco, M. A. R.; Giovanela, M. Journal of Chemical Education, 2012, 89/4, 517.
3. Barros, C. C. C.; Wanke, P. F. Organizações Rurais e Agroindustriais, 2012, 14/3, 343.
4. Batinga, V. S. T.; Teixeira, F. M. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2014, 7/1, 24.
5. Coronel, M. V.; Curotto, M. M. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 2008, 7/2, 463.
6. Cortez, I. C. S. Anais do II Congresso Norte Paranaense de Educação Física Escolar, Londrina, Brasil, 2005.
7. Duarte, U.; Oliveira, E.; Ferreira, S. M. Revista do Instituto de Geociências, 2004, 4/2, 91.
8. Ferreira, S. L.; Santos, M.; Souza, G. R.; Polito, W. L.; Modolo, D. L. Química Nova, 2008, 31/3, 539.
9. Santos, A. A.; Assunção, G. V.; Mouchrek Filho, V. E. Caderno de Pesquisa, 2002, 13/2, 16.
10. Günther, H. Psicologia: Teoria e Pesquisa, 2006, 22/2, 201.
11. Knijnik, J. D. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, 2001, 9/1, 45.
12. Laburú, C. E. Ciência & Educação, 2003, 9/2, 247.
13. Marins, M. D. M.; Corseuil, H. X. Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997, 2/2, 50.
14. Mazzioni, S. ReAT, 2013, 2/1, 93.
15. Oliveira, A. S.; Soares, M. H. F. B. Química Nova na Escola, 2005, 21, 18.
16. Okane, E. S. H.; Takahashi, R. T. Rev. esc. enferm. USP, 2006, 40/2, 160.
17. Pereira, E. A.; Machado, C. M. D.; Cardoso, A. A. Química Nova na Escola, 2008, 28, 9.
18. Pedroza, S. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil, 2008.
19. Pozo, J. I.; Gómez Crespo, M. A. Aprendizagem e o Ensino de Ciências, 5ª Ed., Artmed: Porto Alegre, 2009.
20. Roque, N. F.; Pinheiro, B. C. S.; Messenger Neto, H. S. Química Nova na Escola, 2013, 35/2, 100.
21. Russel, J. V. Journal of Chemical Education, 1999, 76/4, 481



22. Silva, M. J.; Souza, S. N. M.; Souza, A. A. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2012, 16/3, 320.

23. Takeshita, E. V. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2006.

## **APÊNDICE A: Apresentação do Caso Fictício Utilizado no Júri Simulado**

### **Fechamento de um posto de combustível**

Em uma cidade do interior de Pernambuco existe um posto de combustíveis que abastece os carros da cidade há mais de 25 anos. Quando foi inaugurado não se comentava outros assuntos, tanto na própria cidade, quanto nas cidades circunvizinhas. O assunto era um só: o progresso em que a cidade iria ter com a sua implantação. Neste posto são oferecidos vários serviços: lanchonete, restaurante, dormitórios, farmácia, loja de conveniência, o que agrega uma grande quantidade de benefícios para seus frequentadores.

A realidade da cidade hoje é outra, pois foram construídos, bem próximo ao posto, uma escola, um hospital, um restaurante e uma estação da empresa de águas do estado. Parte da sociedade elaborou um documento para o fechamento do posto, buscando o apoio de toda a população da cidade mediante a recolha de assinaturas. Segundo o ambientalista Paulo Bento Bezerra, que veio tirar as dúvidas da população em relação ao provável fechamento do posto a ação é justa, pois existe a possibilidade de danos ambientais causados por vazamentos de combustíveis nos tanques ou tubulações subterrâneas, que são antigos.

Por outro lado, existem aqueles moradores que não querem que o posto seja destruído, alegando que ele trouxe vantagens para a população da cidade. Seu Elias Silva, um dos moradores da cidade há vários anos e frentista do posto, afirma: “Não quero que o posto seja destruído, é dele que tiro o meu pão

de cada dia e que sustento a minha família, assim como muitos daqui, nunca tive a oportunidade de ter um emprego fixo e agora que consegui querem tirá-lo de mim”. Dona Adelaide Souza, uma senhora viúva que trabalha na limpeza do posto, também não concorda com essa ideia, segundo ela, paga a faculdade de seu filho com o dinheiro do seu salário no estabelecimento.

O dono do posto de combustível, Hector Morales Barrón, por sua vez, era o mais interessado no caso, pois seu posto servia de referência, embora ficasse localizado em uma cidade do interior de Pernambuco, ele obtinha um bom lucro. Encaminhou auxílio à justiça, na tentativa de manter o posto no local e também realizou várias reuniões com algumas pessoas da população, na tentativa de convencer a todos a manter o posto no local. Para ele, o cuidado com o meio ambiente era feito, uma vez que ele vendia combustíveis mais modernos, como o diesel adicionado de biodiesel.

Peterson Souza, filho de dona Adelaide, biólogo em formação, não opinou, mas propôs uma sugestão para que fosse solucionado o caso, já que alguns moradores que eram contra e outros a favor do fechamento do posto de combustíveis: levar a controvérsia para um júri popular, para resolver a situação, com cada grupo de moradores buscando convencer os demais com argumentos convincentes.

Agora, todos nós somos moradores desta cidade. Vamos pensar e elaborar argumentos convincentes para a problemática em questão e nos posicionar contra ou a favor do fechamento do posto.



## DISCUTINDO AS ATITUDES E CRENÇAS SOBRE A QUÍMICA DE ESTUDANTES DO ENSINO TÉCNICO INTEGRADO EM ELETROTÉCNICA



### DISCUSSING THE ATTITUDES AND BELIEFS ABOUT CHEMISTRY IN ELECTRO-TECHNICAL EDUCATION STUDENTS

NUNES, Albino Oliveira<sup>1\*</sup>; MEDEIROS, Lucas Oliveira de<sup>2</sup>; NUNES, Albano Oliveira<sup>3</sup>; SILVA, Allison Ruan de Morais<sup>4</sup>;

<sup>1,2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Diretoria Acadêmica, Campus Mossoró. Rua Raimundo Firmino de Oliveira, 400, Conj. Ulrick Graff, Costa e Silva, CEP 59628-330, Mossoró-RN, Brasil  
(fone: +55 84 3422 2658)

<sup>3</sup> Faculdade do Vale do Jaguaribe (FVJ). CE-040 Km 138, s/nº - Aeroporto, CEP 62800-000, Aracati - CE, Brasil  
(fone: +55 88 3421 9750)

<sup>4</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Agrotecnologia e Ciências Sociais, Avenida Francisco Mota, 572, CEP 59625-900, Mossoró – RN, Brasil  
(fone: +55 84 3317-8200)

\* Autor correspondente  
e-mail: albino.nunes@ifrn.edu.br

Received 7 August 2015; received in revised form 14 December 2015; accepted 8 January 2016

## RESUMO

O avanço da ciência e tecnologia em nossa sociedade fez surgir uma demanda crescente de Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) para a população em geral. Nesse contexto, a Química tem um papel importante por ser uma ciência central, além de possuir forte componente tecnológico e importância industrial. Desta forma, o objetivo deste trabalho é conhecer e analisar as atitudes científicas e atitudes frente à química dos alunos do terceiro ano de cursos técnicos integrados do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) – Campus Mossoró através de uma abordagem quali-quantitativa. Os instrumentos de coleta de dados escolhidos (questionário aberto, escala de likert e escala de diferencial semântico) foram aplicados a 25 alunos do curso técnico integrado de eletrotécnica. Os resultados revelam que os estudantes apresentam uma atitude científica positiva em relação à química, entendendo a atuação desta como benéfica à sociedade. Contudo, apresentam uma atitude fortemente negativa frente à química, ao desconsiderar a possibilidade desta ciência em sua escolha profissional. Disso, percebe-se que apesar de conferir relevância social, os estudantes desconhecem e rejeitam aspectos importantes da ciência química e as múltiplas aplicações dessas em suas escolhas profissionais.

**Palavras-chave:** Atitudes e Crenças, Ensino Técnico Integrado, Alfabetização Científica, Visões sobre a química

## ABSTRACT

The advancement of science and technology in our society gave way for a crescent demand in Scientific and Technologic Literacy (SCL) for the general population. In this context, Chemistry plays an important role not only for being a central science, but also for having a strong technological component and industrial significance. Thus, this article's goal is to know and analyze the scientific and Chemistry-oriented behaviour of third-year students at the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) - Campus Mossoró, through qualitative and quantitative approach. The data collect instruments used (opened question, Likert scale and semantic differential scale) were applied to 25 students from the eletrotechnical integrated course. The results show that the students present a positive attitude towards Chemistry, understanding its role as beneficial to society. However, they show a heavily negative attitude

towards Chemistry when disregarding it as a possible career choice. From that, it is evident that, even though it holds social relevance, the students ignore and reject Chemistry's important aspects and its multiple applications in their professional choices.

**Keywords:** Attitudes and Beliefs, Technical Education, Scientific Literacy, Views about chemistry.

---

## INTRODUÇÃO

É a partir do paradigma da alfabetização científica e tecnológica (ACT) e do movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade (CTS) que a investigação das atitudes e crenças dos estudantes sobre ciência e tecnologia (C&T) ganha importância. Essa importância surge, pois é objetivo da educação em ciências ensinar sobre a natureza das ciências e das tecnologias. Antes de discutirem-se os resultados obtidos faz-se necessário analisar os conceitos de crenças e atitudes, construtos escolhidos para a pesquisa em questão.

Para Manassero Mas e Vázquez Alonso (2001), são as crenças e atitudes adquiridas ao longo da vida que justificam algumas ações em relação à ciência e a tecnologia, tais como a menor tendência de escolha de carreiras científicas entre as mulheres ou falsas ideias que levam os estudantes a acreditarem que os cientistas realizam seus trabalhos isolados.

Ao discutirem a relação entre as atitudes e crenças dos estudantes e o desempenho em matemática, Marmitt, Moraes e Basso (2008) definem o que seriam as crenças:

“Quando se fala em crenças, surge de imediato a ideia de algo místico, religioso. Porém, quando relacionamos esse termo a matemática, ele se refere a tradução do inglês ‘beliefs’ e se refere às concepções que as pessoas apresentam em relação à matemática. Há vários autores que tratam das crenças abrangendo a aprendizagem e, principalmente, a forma como elas são construídas.”

Estes mesmos autores ainda afirmam que as crenças possuem certa estabilidade, mas são

também dinâmicas, pois podem ser alteradas em contraste com outras ideias, e submetidas à evolução. Sendo, em grande parte (no tocante à matemática), construídas em sala de aula com a interação professor-aluno.

Vieira e Martins (2005) ao discutirem as crenças de professores em exercício sobre as relações CTS, afirmam que este conhecimento tem fortes implicações para as propostas de formação inicial e continuada de formação de professores.

Quando falamos de atitudes, à maneira do que acontece com as crenças, o senso comum associa este termo à ação. Para este trabalho, no entanto, faz-se uso do conceito expresso por Manassero Mas e Vázquez Alonso (2001), segundo os quais as atitudes seriam constituídas por três elementos:

“Conjunto organizado e durador de convicções ou crenças (elemento cognitivo) dotadas de uma predisposição ou carga afetiva favorável ou desfavorável (elemento avaliativo ou afetivo) que guia a conduta das pessoas a respeito de um determinado objeto social (elemento conductual).”

Dentro da pesquisa em ensino de ciências, diversos são os trabalhos que visam identificar as concepções, crenças, atitudes e valores em relação à ciência, a tecnologia e a sociedade (Praia e Cachapuz, 1994; Scoaris *et al*, 2008; Nunes e Dantas, 2010; Manassero Mas e Vasquez Alonso, 1997).

Essa importância remete às questões metodológicas de como identificar e avaliar as atitudes e crenças, tendo em vista que existem inúmeros instrumentos para tal. Manassero Mas e Vázquez (2002) realizam uma revisão da

pesquisa em atitudes e crenças em relação aos aspectos CTS e argumentam sobre a validade e confiabilidade dos métodos tradicionalmente utilizados, deixando clara a fragilidade que as metodologias tradicionalmente empregadas apresentam. Em outro estudo Acevedo, Alonso e Massanero (2009) afirmam existir duas tradições da medição de atitudes: a) o escalamento psicofísico e b) a avaliação psicométrica. A avaliação psicométrica consistiria em:

“aplicar testes, respondendo-se a uma série de questões, cada uma das quais pretende valorar o atributo comum que se pretende medir, para construir uma pontuação que classifica a atitude da pessoa sobre um contínuo. As conhecidas escalas tipo Likert e de diferencial semântico caberiam dentro desta segunda tradição, cuja validade radica na suposta capacidade de cada questão para representar adequadamente o construto atitudinal que se mede. A maioria dos instrumentos aplicados até agora para avaliar atitudes relacionadas com a ciência são instrumentos psicométricos cuja validade sempre se dá por suposta, não havendo existido demasiada preocupação entre os investigadores por confirmá-la, de onde se tem originado a maioria dos problemas métricos e defeitos que se tem posto de manifesto na literatura sobre o tema.”

Dentro do campo específico do estudo das atitudes científicas sobre a química e em relação à química, inúmeros são os estudos que buscam entender como se constroem essas atitudes e como eles interferem no ensino e aprendizagem dessa disciplina. Destacamos aqui três estudos publicados.

Chueng (2011) estudou as atitudes de estudantes de Hong Kong sobre a motivação

para estudar química, enquanto Gräber (2011) fez um estudo de como as atitudes e crenças dos estudantes alemães evoluiu entre 1990 a 2008 em relação à aprendizagem da química. Por fim, Hofstein e Mamlok-Naaman (2011) discutem a relação entre as atitudes e o interesse em estudar química, o que nos mostra a importância do tema e como ele tem repercutido internacionalmente, ainda que no Brasil sejam escassos trabalhos que discutam o tema.

Desta forma, o objetivo desse artigo é caracterizar as atitudes científicas e frente à ciência química dos estudantes de ensino médio integrado em eletrotécnica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Mossoró.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho em questão trata-se de uma pesquisa de natureza quali-quantitativa.

Os instrumentos utilizados nesta foram um questionário com cinco questões abertas, das quais serão utilizadas as questões Q1 e Q4 (tabela 1), que fazem referência aos aspectos discutidos no artigo. E a adaptação de duas escalas do CAEQ (Chemistry Attitudes and Experiences Questionnaire) (Coll, Dalgety e Salter, 2002), sendo a primeira uma escala de diferencial semântico com 22 comparações, cujos valores variam entre -3 (mais negativo) e +3 (mais positivo) e a segunda escala adaptada é uma escala de Likert com 30 afirmativas divididas em três blocos: aulas expositivas, aulas de monitoria e aulas de laboratório. Na escala de Likert, serão utilizados os valores +2 para TA (totalmente de acordo), +1 para A (de acordo), 0 para I (indeciso), -1 para D (desacordo) e -2 para TD (totalmente em desacordo). Neste trabalho serão utilizadas a primeira escala do instrumento e as afirmativas referentes às aulas expositivas e aulas de monitoria da escala de Likert. Será empregado, na análise estatística, o cálculo da média aritmética e desvio padrão de cada assertiva proposta.

**Tabela 1. Questões Abertas**

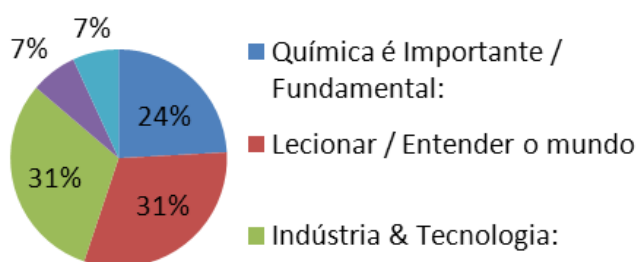
Número	Questão
Q1	Para você qual o papel do químico na nossa sociedade?
Q4	Que relação você faz entre o desenvolvimento do conhecimento químico e a melhoria da qualidade de vida das pessoas?

Este trabalho foca a aplicação deste instrumento na turma do 3º ano do curso técnico integrado em Eletrotécnica-vespertino do IFRN – Campus Mossoró do ano letivo de 2011. A atividade contou com a participação de 25 alunos da referida turma, dos quais 11 eram do sexo masculino e 14 do sexo feminino e com idade média de 16,64 anos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

### 3.1. Análise Qualitativa

Inicialmente foi feita uma análise dos dados qualitativos de acordo com os dois pontos abordados: o papel do químico na sociedade e se o estudante escolheria uma profissão relacionada à Química. A primeira questão (Q1) analisada pergunta qual o papel do químico na nossa sociedade, visando encontrar opiniões sobre a função social da química. Os resultados também foram categorizados e tabulados, como é demonstrado na Figura 1 a seguir:



**Figura 1. Questão 1 – O papel do químico na nossa sociedade**

Nota-se, no gráfico acima, que 24% dos entrevistados afirmam que o químico é fundamental/importante, sem entrar em mais detalhes sobre o assunto ou sem revelar algo que diferencie a resposta das demais, como afirmou o aluno nº1: “Sempre considerei o químico uma coisa de muita importância, pois hoje em dia muitas coisas têm dedo de avanço da química no meio”, e o aluno nº22: “Muito

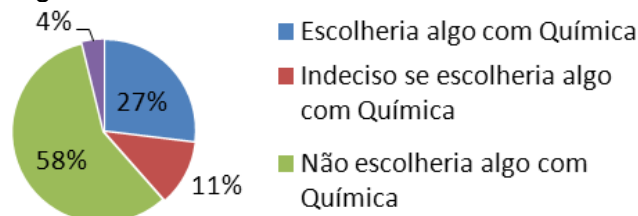
importante, mas não reconhecido, apesar de que a química está ao meu redor em diversas áreas e momentos do meu dia-a-dia”. Pode-se notar que os dois apresentam qualquer argumento para defender seu ponto de vista.

Outros 31% não conseguem ver o químico longe do mundo docente. O estudante nº11 afirma: “Tem o papel de nos ajudar a entender vários pontos que são de suma importância para podermos viver entendendo a natureza e seus minerais”. Aqui vemos que a opinião do estudante se limita ao entendimento de mundo, ao conhecimento em si e não opina se a atividade profissional do químico se faz sentir de outra forma na vida das pessoas.

Outros 31% das respostas revelaram que o químico pode estar vinculado à indústria e tecnologia, nos proporcionando “luxos” como produtos de limpeza, perfumes, sabões, etc., sinal de que estes vêm a química fora da escola, no seu dia a dia. Como o estudante nº15, que afirma: “A química exerce substancial importância na identificação de métodos que visam o aprimoramento das técnicas medicinais”. Podemos perceber que ele identifica uma especificidade do uso da química na sociedade, que seria no avanço na área médica.

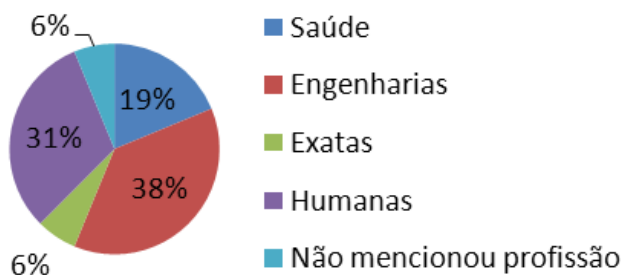
A segunda questão (Q4) pergunta: “Você escolheria alguma profissão relacionada à química? Qual profissão você pretende exercer no futuro?”. Essas perguntas visam descobrir qual a capacidade dos alunos de relacionar as profissões com a química, se eles conseguem identificá-la além da profissão de químico, inclusive se ele a percebe na própria profissão.

Devido à variedade de respostas, essa questão foi categorizada em dois blocos: o primeiro seria se ele escolheria algo que se relaciona à química; o segundo, a profissão que estes escolherão. Existe um segundo nível para cada um dos primeiros níveis da Figura 2 a seguir:



**Figura 2. Escolha ou não por uma profissão relacionada à química**

Como podemos observar 58% dos estudantes não optariam por uma profissão relacionada à química. Isso pode significar que eles não querem exercer nenhuma profissão relacionada com química ou que eles não conseguem identificar essa relação com carreiras que irão seguir, revelando uma visão negativa. Isso é esclarecido pela Figura 3 abaixo:



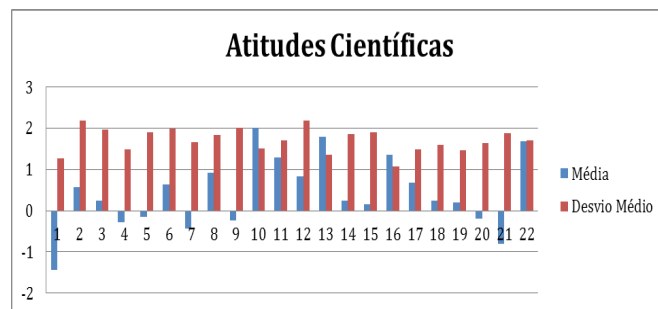
**Figura 3.** Estudantes que não escolheriam alguma profissão relacionada à química

Observamos que mais da metade dos estudantes desse bloco afirma que não escolheriam profissões relacionadas com a química, mas quando observa-se as escolhas expressas, chega-se à conclusão de que eles efetivamente optariam uma profissão relacionada à química. Contudo, não percebem que profissões ligadas à engenharias ou à área da saúde apresentam relação com a química. Houve respostas que mostraram claramente esse sentido: “Não. Medicina ou Engenharia Elétrica” (nº7), “Não, pretendo fazer nutrição” (nº9), “Não. Pretendo seguir alguma carreira referente a engenharia” (nº15).

### 3.1. Análise Quantitativa

Em seguida, foram analisados os dados quantitativos. Para a primeira escala, os dados foram tabulados em cinco categorias: atitude frente a químicos (1 a 9), habilidades dos químicos (10 a 13), atitudes frente à química na sociedade (14 e 15), interesse em carreiras na química (16 a 20) e interesse de lazer na química (21 e 22).

Abaixo, segue a Figura 4 com as médias referentes à primeira escala.



**Figura 4.** Percepções sobre química e tópicos relacionados

No geral, obtiveram-se médias positivas, a maioria com desvios médios padrão muito altos, revelando que não há consenso entre os estudantes. Isso mostra que no geral, a visão dos alunos em relação ao profissional químico não é ruim, e sim, a de uma pessoa agradável, que encontramos no dia a dia.

Na primeira categoria, há uma maioria de médias negativas, no entanto, só um desses valores é significativo, que é a assertiva 1, que mede se os alunos acham os químicos sedentários ou atléticos. Como o desvio padrão dessa questão foi menor que a média, observa-se que as respostas variaram mais entre os valores negativos, predominando a visão do químico sedentário. Os resultados positivos, de uma forma geral, foram maiores que os negativos, porém o maior valor foi na assertiva 8, onde se pergunta se os químicos são questionadores ou indiferentes.

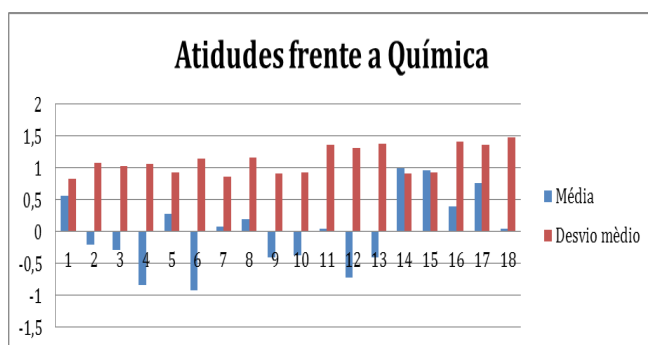
Na segunda categoria, observam-se apenas médias positivas e duas delas possuem desvio padrão menor que a média, mostrando que no quesito de pesquisas, o químico é observado como uma figura que ajuda a sociedade, como revela a assertiva 10, com a média mais alta da escala e que obteve um desvio médio menor que a média das respostas, na qual pergunta se os químicos ajudam ou prejudicam as pessoas.

Já a terceira categoria foi a que obteve a média mais próxima da neutralidade. Ela pede a opinião dos alunos acerca dos Web sites de química e documentários científicos. Como o desvio médio de ambas as questões foi alto, vemos disparidade entre as opiniões, e, em média, praticamente a mesma quantidade de pessoas que gostam e que não gostam dessas ferramentas.

Na quarta categoria obtivemos maioria positiva na média e foi a assertiva 16, a qual pergunta se os empregos em química são desafiadores ou fáceis, que obteve a maior do subgrupo, tendo também um desvio padrão menor que a média. A menor média foi a assertiva 20, e possui um desvio padrão alto.

A quinta categoria apresentou em suas duas questões, uma média negativa e a outra positiva. Na assertiva 21, houve maior quantidade de respostas negativas, sendo o desvio padrão é alto. Já na assertiva 22, o desvio padrão e a média foram quase os mesmos de notando-se que há a predominância de opiniões entre a neutralidade e a positividade.

Já na escala de Likert, serão analisadas as categorias de aulas expositivas e aulas de monitoria, a primeira com 10 assertivas e a segunda com 8, cujas médias observa-se na Figura 5 a seguir.



**Figura 5.** Sobre as aulas expositivas e de monitoria

Na primeira categoria, que se refere às aulas expositivas em sala de aula, observa-se a predominância de médias negativas, embora todas tenham um desvio médio maior que a média.

As respostas mais negativas são as assertivas 4 e 6, apesar de haver nelas um alto desvio padrão. Nelas, pergunta-se ao aluno se o professor o encoraja a seguir carreiras ligadas a química e se estes o fizeram sentir que tem habilidade para continuar e seguir carreira científica. Isso leva a pensar que não há um incentivo por parte dos professores para que os alunos sigam na área de química. O resultado mais positivo dessa subescala está na assertiva

1, variando entre respostas um pouco negativas e positivas.

A que chegou mais próxima da neutralidade foi a assertiva 7, mas houve variação de opiniões, como indica o desvio padrão.

A segunda subescala se refere às aulas de monitoria, e temos resultados mais positivos que negativos e os desvios médios são altos, mas alguns estão próximos de suas médias. As assertivas 14 e 15 foram as que obtiveram maior média positiva e um desvio padrão quase igual a essa, mostrando que a opinião dos alunos variou entre respostas neutras e positivas.

A assertiva 12 foi a mais negativa e questiona se o monitor encoraja a ir adiante em carreiras ligadas a química, embora se observe um desvio médio alto nessa questão.

## CONCLUSÕES:

Diante dos dados expostos, percebe-se que os estudantes apresentaram uma atitude científica positiva quanto à química enquanto ciência transformadora do mundo, colocando-a também como algo que desperte interesse de seu futuro profissional. Eles entendem o quanto a química é fundamental para a manutenção da sociedade e o quanto ela está difundida em nosso meio.

Essa atitude científica positiva contrasta com a atitude frente à química enquanto ciência escolar, esta bastante negativa. Os estudantes mantêm a ideia de que a química é uma ciência difícil de se aprender, e que não existe o devido acompanhamento escolar ou um incentivo suficiente por parte dos professores e monitores. Sabe-se, contudo, que estes recursos estão disponíveis para o alunado, na forma de Centros de Aprendizagem e o programa institucional de monitoria, cabendo aos estudantes buscar esses recursos.

## AGRADECIMENTOS:

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica e à PROPI-IFRN pela bolsa de produtividade.

## REFERÊNCIAS:

1. Acevedo, J. A. D. A.; Alonso, Á. V.; Massanero, M. A. <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo.htm>, acessada em Janeiro 2009.
2. Chueng, D. Educ. Química. **2011**, 22, 117.
3. Coll, R. K.; Dalgety, J.; Salter, D. Chemistry education: Research and practice in Europe. **2002**, 3, 19.
4. Gräber, W. Educ. Química. **2011**, 22, 134.
5. Grecca, I. M. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. **2002**, 1, 73.
6. Hofstein, A.; Mamlok-Naaman, R.. Educ. Química. **2011**, 22, 90.
7. Manassero Más, M. A.; Vázquez Alonso, A., Em *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia - Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía.*; Membrela, P.; ed.. Madrid: Narcea, 2001.
8. Manassero, M. A.; Vázquez, A. A. Enseñanza de las Ciencias. **2002**, 1, 15.
9. Marmitt, V. R.; Moraes, J. F. D. De; Basso, N. R. De S., Em *Propostas interativas na educação científica e tecnológica*, Borges, R. M. R., Basso, N. R. S., Rocha Filho, J. B., Porto Alegre: EdiPUCRS, 2008.
10. Nunes, A. O., Dantas, J. M. *Anais do Seminário IberoAmericano de CTS no Ensino de Ciências*, Brasília, Brasil, 2010.
11. Praia, J.; Cachapuz, A. Enseñanza de las Ciências. **1994**, 12, 350.
12. Scoaris, R. C. De O.; Pereira, A. M. T. B.; Soares, M. A. Do C. P.; Santin Filho, O. *Anais do 8º EDUCERE*, Curitiba, Brasil, 2008.
13. Vázquez Alonso; A.; Manassero Mas, M.A., Enseñanza de las Ciencias. **1997**, 15, 199.
14. Vieira, R. M.; Martins, I. P. Revista CTS. **2005**, 2, 101.



# Agenda

## 2º Simpósio Nordestino de Química - 13º - Congresso da Água SINEQUI

Data: 8 a 10 de junho de 2016  
Local: Teresina/PI – BRASIL  
Realização: Associação Brasileira de Química  
Informações: <http://www.abq.org.br/sinequi/>  
E-mail: [abqeventos@abq.org.br](mailto:abqeventos@abq.org.br)  
Telefone: (0XX21) 2224-4480  
Fax: (0XX21) 2224-6881



[Fruto da Terra](#). Cite este anúncio após curtir nosso site e ganhe 10% de desconto nas compras na fábrica ou telefone (54) 3242-7020.

Promoção válida até 20/05/2016.  
Frete não incluso.

## 9º Simpósio Nacional de Biocombustíveis

Data: 27 a 29 de abril de 2016  
Local: Teresina/PI – BRASIL  
Realização: Associação Brasileira de Química  
Informações: <http://www.abq.org.br/biocom/>  
E-mail: [abqeventos@abq.org.br](mailto:abqeventos@abq.org.br)  
Telefone: (0XX21) 2224-4480  
Fax: (0XX21) 2224-6881

## 17º Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - SILUBESA

Data: 6 a 9 de junho de 2016  
Local: Florianópolis/SC – BRASIL  
Realização: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental  
Informações: <http://www.abes-dn.org.br/>  
E-mail: [abqeventos@abq.org.br](mailto:abqeventos@abq.org.br)  
Telefone: (0XX21) 2277-3900

De: 7 a 9 março de 2016  
Local: Lisboa - Portugal  
Informações: <http://www.abeq.org.br/?p=eventos.php&cod=469>

## 5th Portuguese Young Chemists Meeting and 1st European Young Chemists Meeting

Data: 26 - 29th April 2016  
Local: The Vila Flor Cultural Center, Guimarães, Portugal  
Informações: <http://5pychem.eventos.chemistry.pt/>

## Carbon Dioxide Catalysis Conference

Data: 19 Apr 2016 - 22 Apr 2016  
Local: Carvoeiro, Algarve., Portugal  
Informações: <http://www.zingconferences.com/conferences/carbon-dioxide-catalysis/>

## Greenchemse — International Congress on Green Chemistry and Sustainable Development

Data: 20 Jul 2016 - 22 Jul 2016  
Local: Rome, Italy  
Informações: <http://www.greenchemistry.skconferences.com/>

## International IUPAC Conference On Green Chemistry

Data: 04 Sep 2016 - 08 Sep 2016  
Local: Venice, Italy  
Informações: <http://www.greeniupac2016.eu/wordpress/>

## GC&E — 20th Annual Green Chemistry & Engineering Conference

Data: 14 Jun 2016 - 16 Jun 2016  
Local: Portland, Oregon, United States  
Informações: [http://gcande.org/?cid=ad\\_gci\\_coms\\_12\\_21\\_15](http://gcande.org/?cid=ad_gci_coms_12_21_15)





**PLENA**  
comunicação e propaganda

[www.plenapublicidade.com.br](http://www.plenapublicidade.com.br)  
10% OFF until Dec. 31/2016. Cite this ad.

**ISWA — International Symposium and Workshop on Astrochemistry: Understanding the extraterrestrial molecular complexity through experiments, observations and models**

Data: 3 Jul 2016 - 08 Jul 2016

Local: Campinas, Brazil

Informações: <http://www1.univap.br/gaa/iswa/>

**Pittsburgh Conference on Analytical Chemistry and Applied Spectroscopy Pittcon 2016**

Data: 06 Mar 2016 - 11 Mar 2016

Local: Atlanta, GA, United States

Informações: <http://www.pittcon.org/>

## Instruções para publicação

Artigos originais devem ser enviados por meio eletrônico para o endereço disponibilizado no [site da revista](#). Deve ser utilizado o *template* disponibilizado no site ([.DOC](#); [.ODT](#); [DOCX](#)).

## Instructions for publications

Original papers should be sent electronically to the address provided on the [journal's website](#). The template available on the site should be used ([.DOC](#); [.ODT](#); [DOCX](#)).

## Notas rápidas

### AÇÃO CÍVICA GTQ



Dr. De Boni



Dr. Goldani

No evento foram plantadas mudas de pinheiro e limão. A população local foi instruída sobre a importância da responsabilidade no licenciamento ambiental e fiscalização de atividades de risco, utilizando o exemplo da BHP / Vale / Samarco.