

## Síntese de Wöhler e o início da química orgânica: divergências da História da Ciência nos livros didáticos.

Mylena Larissa de Araujo<sup>1</sup> (IC)\*, Zamara Jimenez León<sup>2</sup> (IC), Anelise Grünfeld de Luca<sup>3</sup> (PQ), Iara Maitê Campestrini<sup>4</sup> (PQ). [mylena.dearaujo@gmail.com](mailto:mylena.dearaujo@gmail.com)

Rodovia BR 280 - km 27 - Cx. Postal 21 - CEP 89245-000 - Araquari – SC.

*Palavras-chave:* Síntese, Wöhler, Ciência.

**Área temática:** História e filosofia da ciência

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo, evidenciar a maneira pelo qual é retratado o episódio histórico da síntese de Wöhler nos livros didáticos de química do ensino médio do PNL D 2018, as 6 coleções foram analisadas considerando as três esferas: historiografia, epistemologia e ciência e sociedade defendida por Beltran, Saito e Trindade (2014). Os resultados evidenciaram que a síntese da ureia apresentada nos livros didáticos e os trabalhos produzidos por historiadores da ciência possuem muitas discrepâncias, indicando a importância da inserção da história da ciência nas aulas de química, pois a contextualização da ciência, por meio da historiografia, epistemologia e ciência e sociedade promovem o conhecimento e a compreensão das formas com que as ideias científicas foram construídas através do tempo.

### Introdução

A abordagem da História da Ciência (HC) constitui-se uma alternativa pedagógica para o ensino de ciências em sala de aula (CALLEGARIO et al., 2015). As contribuições que a HC pode trazer ao ensino vêm sendo destacadas por educadores de todos os níveis e aparece em recomendações de documentos oficiais (BELTRAN, SAITO, TRINDADE, 2014).

Matthews (1994 apud Prestes; Caldeira, 2009), observou a importância da inclusão da HC nos programas curriculares de ciências, tendo em vista que proporciona melhor compreensão dos conceitos científicos e métodos, além de ser necessária para entender a natureza da ciência, e neutralizar o cientificismo e o dogmatismo que são encontrados frequentemente nos manuais de ensino de ciências e nas aulas.

A maneira como um episódio histórico é introduzido em um livro didático influencia a visão de ciência dos estudantes. Pumfrey (1991 apud Prestes; Caldeira, 2009) criticou os livros didáticos por desmotivar os estudantes, pois apresentavam a ciência como “velha” (acabada e não em discussão), “alienada” (realizada por gênios) e onipotente (respostas são sempre encontradas).

O episódio histórico tratado no presente trabalho é o da Síntese de Wöhler. A síntese artificial da ureia foi realizada por Friedrich Wöhler em 1828 a partir do aquecimento do cianato de amônio (NH<sub>4</sub>)OCN. O cianato de prata (AgOCN) foi tratado por Wöhler com cloreto de amônio (NH<sub>4</sub>Cl), que isolou um material com as mesmas propriedades do cianato. Esse material foi contrastado com a ureia CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> isolada da urina e Wöhler constatou que ambos eram idênticos. Assim descobriu que

(NH<sub>4</sub>)OCN tinha rearranjado para a forma CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> (BATCHELOR et al., 1998 apud SANT'ANA FILHO, 2011).

Considerando que o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018 tem como principal objetivo subsidiar o trabalho pedagógico dos professores por meio da distribuição de coleções de livros didáticos aos alunos da educação básica (BRASIL, 2018). O presente trabalho tem como finalidade, evidenciar a maneira pela qual é retratado o episódio histórico da síntese de Wöhler nos livros didáticos de química do ensino médio. Além disso, objetiva responder se os livros didáticos do PNLD, (2018) apresentam e como abordam este episódio histórico, considerando: a historiografia, epistemologia, ciência e sociedade.

## Procedimentos Metodológicos

O presente trabalho é de cunho qualitativo, quanto aos procedimentos é considerado uma pesquisa documental. Segundo Gil (2010, p. 30) a pesquisa documental é delineada como uma pesquisa que se vale de toda sorte de documentos elaborados com finalidades diversas. No caso desta pesquisa os documentos analisados foram 6 coleções de livros didáticos do PNLD de 2018: Ciscato et al. (2016), Novais e Antunes (2016), Lisboa et al. (2016), Santos e Mól (2016), Reis (2016) e Mortimer e Machado (2016).

A pesquisa também pode ser classificada como estudo de caso que de acordo com Gil (2010, p. 37) consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos permitindo seu amplo e detalhado conhecimento. Nesta pesquisa os objetos pesquisados são recortes do episódio histórico da síntese de Wöhler nos livros didáticos (PNLD, 2018).

Os critérios de análise que foram utilizados estão amparados nas três esferas: historiografia, epistemologia e ciência e sociedade defendida por Beltran, Saito e Trindade (2014). A epistemologia, quando se aborda as formas de elaboração, transformação e transmissão de conhecimentos; a historiografia, ao tratar dos conhecimentos sobre a natureza, as técnicas e as sociedades em diferentes épocas; e ciência e sociedade, ao envolver esses conhecimentos em diferentes culturas.

Na intenção de analisar as obras indicadas, optamos por apresentar cada critério separadamente: historiografia, epistemologia e ciência e sociedade.

## Historiografia

O episódio histórico da síntese da ureia aparece nos livros didáticos do PNLD 2018 na introdução à química orgânica. De modo geral é considerado o início do desenvolvimento da química orgânica, especificamente da síntese orgânica artificial, porém observa-se divergência na historiografia dos livros analisados.

Na obra de Mortimer e Machado (2016) há a ênfase da derrubada da teoria do Vitalismo a partir da síntese da ureia, destacados em negrito: “desde a síntese da ureia a partir do cianato de amônio, realizada em laboratório por Friedrich Wöhler (1800-1822), em 1828, **essa doutrina [vitalismo], porém, caiu em desuso** e muitas das substâncias utilizadas passaram a ser sintetizadas em laboratório”.

Reis (2016) descreve “a Química orgânica, como a conhecemos hoje, começou com a síntese da ureia”.

# 38° EDEQ

Encontro de Debates sobre o Ensino de Química

Wöhler descreveu o resultado inesperado como: 'Um fato notável, uma vez que representa um exemplo da produção artificial de uma substância orgânica de origem animal a partir de substâncias inorgânicas', o que ia diretamente contra a teoria do vitalismo que imperava na época [...] (REIS, 2016, p. 10).

No livro de Santos e Mól (2016, p. 9) o episódio é apresentado: “ocorre que, em 1828, Friedrich Wöhler (1800-1882) sintetizou em laboratório e sem a intervenção de qualquer organismo vivo, uma substância orgânica - ureia ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  - a partir de um sal inorgânico - cianato de amônio ( $\text{NH}_4\text{OCN}$ ) -, **derrubando a teoria da força vital**”.

Nos trechos destacados acima é possível perceber uma historiografia tradicional. No século passado havia uma ideia de que a história da ciência mostraria aos jovens o papel dos “grandes vultos da história” e o valor da evolução da ciência em benefício do “desenvolvimento das nações”. Essa ideia traz em si a visão de que o conhecimento científico caminharia sempre no sentido do avançar progressivo - uma visão coerente com a chamada perspectiva historiográfica tradicional da história da ciência (BELTRAN, 2013).

A análise da historiografia destes três primeiros livros coaduna com as pesquisas de Vital e Porto (2011), que afirmam que os livros do PNLEM 2007 apresentam uma historiografia tradicional, segundo os autores há uma unanimidade na afirmação de que a síntese de Wöhler contribuiu para o descrédito em relação à teoria da força vital.

Na coleção “Ser Protagonista” pode-se observar uma diferença na historiografia da apresentação do episódio histórico já que Lisboa et al. (2016, p. 11) faz a consideração de que o trabalho de Wöhler foi questionado, por ele ter obtido o cianato de amônio de materiais considerados orgânicos, como chifres e sangue.

Sendo assim, Lisboa et al. (2016) consideram que a teoria do vitalismo não foi abalada com a síntese de Wöhler, porém transferiu o mérito para a síntese do ácido acético realizada por Kolbe. Neste trecho é possível perceber que os autores apresentam outros cientistas envolvidos neste episódio, porém enfatizam que este seria o motivo do descrédito do vitalismo. Desta forma, desconsiderando que para abandonar uma teoria diversos experimentos são necessários; e o abandono da teoria não significa que esta não teve seu valor na construção do conhecimento, diferente do que costuma aparecer em uma perspectiva convencional de cunho historicista e evolutivo, que subentende o saber como um “movimento contínuo, cumulativo e progressivo rumo à verdade” onde o passado é visto como um erro, atraso ou simplesmente preparação para o futuro (ALFONSO-GOLDFARB, 2005, p.12).

Novais e Antunes (2016, p. 47) apresentaram o episódio da seguinte maneira:

Em 1828, em um experimento, Wöhler aqueceu uma solução aquosa de cianato de amônio (uma substância inorgânica) e observou a formação de pequenos cristais. Ao isolar esses cristais da solução e analisar suas propriedades, constatou que o sólido era constituído de ureia - uma substância orgânica. Esse resultado mostrava que era possível obter uma substância orgânica partindo de uma substância inorgânica. Apesar de não ter sido abalada pelo experimento de Wöhler, a teoria do vitalismo foi se enfraquecendo nas décadas seguintes por conta de novas descobertas e sínteses. Uma delas foi a obtenção do ácido acético a partir de substâncias inorgânicas

conseguida por Adolph Wilhelm Hermann Kolbe (1818-1884), em 1845.

Ciscato et al. (2016, p.26) apresentam a historiografia do episódio histórico de maneira diferente dos demais:

[...] o químico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882), aluno de Berzelius, realizou um importante experimento. Em 1828, ao aquecer cianato de amônio, composto de origem mineral, Wöhler obteve cristais que posteriormente se reconheceu serem constituídos de ureia, substância encontrada na urina de muitos seres vivos e, portanto, considerada orgânica, ao menos por parte dos cientistas da época [...]. O experimento de Wöhler, embora tenha sido importante, foi somente um entre vários avanços realizados por diversos cientistas em direção a novas concepções. Um único experimento, por si só, não seria suficiente para derrubar uma teoria respeitada como era, à época, a da força vital.

Nos trechos apresentados de Novais e Antunes (2016, p. 47) e Ciscato et al. (2016, p. 26) é possível perceber que ambos consideram que um único experimento não é o suficiente para abalar uma teoria, mas sim diversos estudos ao longo de um período de tempo.

É importante ressaltar que Ciscato et al. (2016) possui um apêndice chamado “Suplemento para o Professor” onde sugere que o momento em que a síntese da ureia é tratada no texto é adequado para discutir com os alunos alguns aspectos de como a Ciência se desenvolve. Além disso, no apêndice são citadas considerações feitas por Vidal e Porto (2011).

Novais e Antunes (2016), Santos e Mól (2016) e Lisboa et al. (2016) apresentam seções destinadas a trabalhar a história da ciência. Porém os dois primeiros não tratam da síntese de Wöhler em suas seções e o terceiro será mencionado posteriormente.

## Epistemologia

Vidal e Porto (2011) apontam alguns critérios que os historiadores da ciência consideram importantes ao analisar o episódio histórico da síntese de Wöhler: o vitalismo que costuma ser visto como uma doutrina monolítica. É preciso na análise considerar que existiam diversas concepções:

uma delas sugeria que os seres vivos poderiam produzir compostos orgânicos, devido a seu alto grau de instabilidade e da complexidade de sua composição. Outra considerava que as transformações orgânicas eram governadas por forças diferentes das que governavam as transformações inorgânicas (VIDAL; PORTO, 2011, p. 16)

Além disso, os autores citam que não havia um consenso quanto ao conceito de composto orgânico e inorgânico e as classificações variavam de um pesquisador para outro. A natureza inorgânica do cianato de amônio foi problematizada por pesquisadores da época, não era preparado a partir de substâncias elementares, mas por oxidação de um cianeto proveniente de cascos e chifres de animais (VINCENT; STENGERS, 1992 apud VIDAL; PORTO 2011).

No livro de Reis (2016 p. 10) é dito apenas que segundo a teoria do vitalismo “os compostos orgânicos só podiam ser sintetizados por organismos vivos”. De acordo com Mortimer e Machado (2016, p. 16) “até meados do século XIX, acreditava-se que apenas os organismos vivos eram capazes de sintetizar as substâncias orgânicas - doutrina que ficou conhecida como vitalismo”.

Na obra de Novais e Antunes (2016 p. 47) é dito que segundo os adeptos da teoria da força vital “a síntese de compostos de origem biológica era impossível devido à ausência de um conteúdo não material, chamado de força vital, que era próprio dos seres vivos”.

Santos e Mól (2016 p. 9), descrevem a teoria da força vital ou vitalismo como uma teoria proposta pelo químico sueco Jöns Jacob Berzelius, e dizem que segundo essa teoria “substâncias orgânicas são aquelas obtidas a partir da matéria viva, possuidoras de força vital e, por isso, impossíveis de serem sintetizadas a partir de materiais inorgânicos”.

Os quatro livros: Reis (2016), Mortimer e Machado (2016), Novais e Antunes (2016) e Santos e Mól (2016) descreveram o vitalismo como uma doutrina monolítica e não problematizaram a falta de consenso quanto ao conceito de composto orgânico, e a natureza inorgânica do cianato de amônio.

Ciscato et al. (2016) também descreveram o vitalismo como uma doutrina monolítica, porém os autores problematizaram a falta de consenso quanto ao conceito de substância orgânica e inorgânica:

Segundo essa teoria, os processos biológicos eram capazes de gerar compostos orgânicos que não poderiam ser sintetizados em laboratório - ou seja, um composto orgânico só poderia ser sintetizado por um ser vivo. [...] Pode-se dizer que a teoria da força vital acabou por desestimular muitos estudiosos a tentar sintetizar as substâncias classificadas como orgânicas; afinal, como eles conseguiriam obter essa “força vital”? À época, o químico francês Michel-Eugène Chevreul (1786-1889) foi um dos primeiros que se propuseram a estudar os compostos orgânicos. Em 1823, ele conseguiu demonstrar que certas gorduras encontradas em animais e em vegetais eram semelhantes, o que, de certo modo, colaborou para diminuir a barreira que se supunha existir entre os reinos animal e vegetal. [...] É importante salientar que, em razão da falta de consenso entre os químicos sobre a classificação de diversas substâncias como orgânicas ou inorgânicas [...] (CISCATO et al., 2016, p. 26)

Lisboa et al. (2016, p. 11) consideraram o vitalismo uma doutrina monolítica porém problematizaram a natureza inorgânica do cianato de amônio: “O trabalho de Wöhler foi questionado, pois ele obteve o cianato de amônio de materiais orgânicos, como chifres e sangue [...]”.

## Ciência e Sociedade

No século XIX, quando aconteceu a síntese de Wöhler, os pesquisadores químicos possuíam interesse no estudo do isomerismo (fenômeno pelo qual duas ou mais substâncias apresentam a mesma composição elementar, mas propriedades diferentes), e ao longo de seu artigo Wöhler chamou atenção para este assunto e em relação ao vitalismo, Wöhler não especulou a respeito da influência de seu estudo sobre a crença na força vital. Além de ser importante abordar o fato de que a pesquisa

é influenciada pelo contexto social, econômico, político e cultural de uma época o evento da síntese artificial da ureia poderia fornecer um exemplo prático da problemática relacionada ao isomerismo, que alimentava o interesse dos pesquisadores e poderia mostrar de que modo este conceito surgiu e foi sendo elaborado (VIDAL; PORTO, 2011).

Dos livros analisados os que relacionam isomeria à síntese de Wöhler são: Novais e Antunes (2016, p. 49):

Um aspecto do experimento de Wöhler que teve importância para a Química Orgânica foi a composição química das substâncias envolvidas. Tanto o cianato de amônio quanto a ureia tinham exatamente a mesma composição química -  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$  - mas diferentes propriedades. Como duas substâncias com propriedades distintas eram constituídas pelos mesmos elementos, na mesma proporção? Isso intrigou Berzelius e, em 1830, ele passou a designar as substâncias de mesma fórmula molecular, mas com propriedades diferentes, de isômeros (do grego iso, “mesmo, igual” e meros “partes”). Isso significou que a representação por meio de uma fórmula molecular (que na época era chamada de fórmula bruta) não era mais suficiente para diferenciar substâncias.

Reis (2016, p. 11):

Um outro aspecto desse “fato notável” chamou ainda mais a atenção de Wöhler e do próprio Berzelius, que logo soube de descoberta: o cianato de amônio e a ureia apresentam os mesmos elementos na mesma quantidade:  $\text{N}_2\text{H}_4\text{CO}$ . As propriedades químicas e físicas dessas substâncias, contudo, eram absolutamente diferentes. A explicação proposta para explicar esse fenômeno era que os compostos apresentavam o mesmo número e tipo de átomos em cada composto era diferente. Esses compostos ficaram conhecidos como isômeros - do grego iso, ‘mesmo’, e méros ‘parte’, significando portanto, ‘partes iguais’ -, palavra inventada por Berzelius para descrever a isomeria, fenômeno que havia acabado de ser descoberto. [...] Wöhler e os cientistas da época deram mais importância à descoberta da isomeria do que ao impacto que a síntese da ureia causaria sobre a teoria do vitalismo.

Na obra de Lisboa et al., (2016) há seções especiais intituladas: “Química tem história” que tem como objetivo discutir o contexto em que algumas ideias científicas foram construídas e propõe questões que estimulam a discussão e a reflexão. Uma dessas seções trata da história da isomeria, por se tratar de toda uma seção não será apresentado trecho no artigo, porém salienta-se que na sessão a síntese de Wöhler juntamente com os estudos do fulminato de prata de Justus von Liebig são utilizadas para discutir a história do conceito de isomeria.

Outro aspecto importante a se considerar para que a síntese de Wöhler por si só não quebrasse a teoria do vitalismo é citado por Pereira, Silva e Romeiro (1998), segundo os autores mesmo depois que homem passou a desenvolver o conhecimento científico muitas crenças e superstições permaneceram, os autores descrevem o vitalismo como uma crença em que um simples composto orgânico não poderia ser sintetizado pelo homem. Então os autores relacionam a síntese de Wöhler com a clonagem de um mamífero que ocorreu pouco mais de um século mais tarde e dizem “É um progresso com velocidade estonteante. O homem comum está pronto para tanto?”.

O único livro que faz menção a esta consideração é o dos autores Ciscato et al. (2016, p. 25):

[...] Na época de Bergman já se produziam algumas substâncias como sulfato de cálcio e ácido sulfúrico [...] No entanto, isso não acontecia com os compostos presentes nos seres vivos. Mesmo sabendo a composição da glicose [...] por exemplo, os estudiosos dessa época não conseguiam sintetizá-la. Essa dificuldade fez com que alguns químicos da época pensassem que os seres vivos tinham alguma força especial - a "força vital" - capaz de transformar certas substâncias, como a glicose; sem essa força, segundo essa hipótese e, a tentativa dos estudiosos da época seria inútil. Pensava-se, portanto, que a produção *in vitro* de compostos presentes nos seres vivos estava além da capacidade humana.

## Considerações finais

Quanto a historiografia do episódio histórico, dos seis livros analisados quatro ainda apresentaram historiografia tradicional (MORTIMER & MACHADO; REIS; SANTOS & MOL; LISBOA et al., 2016), dando a entender que um único experimento, este caso a síntese de Wöhler por si só seria capaz de derrubar a teoria do vitalismo.

Quanto à epistemologia, quatro livros não mencionaram a pluralidade na doutrina vitalista, nem problematizaram a falta de consenso entre os conceitos de química orgânica e inorgânica e nem a natureza inorgânica do cianato de amônio (MORTIMER & MACHADO; REIS; SANTOS & MOL; NOVAIS & ANTUNES, 2016), um problematizou a falta de consenso quanto ao conceito de substância orgânica e inorgânica (CISCATO et al., 2016), e um a natureza inorgânica do cianato de amônio (LISBOA et al., 2016).

Quanto a análise de ciência e sociedade do momento histórico em que foi realizada a síntese artificial da ureia três livros consideram importante o fato de que na época foi dado mais importância para a isomeria do que para síntese artificial de um composto orgânico (NOVAIS & ANTUNES; REIS; LISBOA et al., 2016) e um livro mencionou que a síntese de Wöhler não derrubou o vitalismo já que essa doutrina pressupunha que a síntese orgânica, ou seja de substâncias provenientes dos seres vivos não poderia ser realizada pelo ser humano (CISCATO et al., 2016).

Percebeu-se que desde que os livros do PNLEM de 2007 foram analisados os autores passaram a dedicar mais espaço dos livros à história da ciência, tanto através de seções que abordam a HC, quanto de descrições de episódios históricos mais condizentes com as feitas por historiadores da ciência.

E então, é necessário um esforço cada vez maior na inserção da história da ciência nas aulas de química, pois a contextualização da ciência, por meio da historiografia, epistemologia e ciência e sociedade promovem o conhecimento e a compreensão das formas com que as ideias científicas foram construídas através do tempo, assim como a própria natureza destas ideias e sua aplicação foram influenciadas pelo contexto político, social, moral os quais devem ser identificados no espaço e no tempo em que se desenvolveram (ALABARRACÍN; NARDI, 2016).

## Referências bibliográficas

ALABARRACÍN, L. M. M., NARDI, R. Aportes da Filosofia da Ciência na formação inicial de professores de Química e a mobilização do saber e do saber fazer na construção das representações científicas. IN: GATTI, S. R. T., NARDI, R. **A História**

- e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências.** 1. Ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2016.
- ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. **Da alquimia à química: um estudo sobre a passagem do pensamento mágico-vitalista ao mecanicismo.** São Paulo: Landy Editora, 2005.
- BELTRAN, M. H. R. História da Química e Ensino: estabelecendo interfaces entre campos interdisciplinares. **Abakós**, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p.66-67, maio 2013.
- BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. dos S. P.. **História da Ciência para Formação de Professores.** 1ª Edição Editora Livraria da Física. São Paulo, 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. (2016). Guia de livros didáticos PNLD 2018: Química. Ministério da Educação. Brasília: MEC. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12391&](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12391&)> Acesso em: 18 nov. 2017.
- CALLEGARIO, L. J. et al. A História da Ciência no Ensino de Química: Uma Revisão. **Revista Virtual de Química**, [s.i], v. 7, n. 3, p.977-991, 10 mai. 2015. Disponível em: <<http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/viewFile/1195/611>> Acesso em: 28 nov. 2017.
- CISCATO, C. A. M. et al. **Química.** São Paulo: Moderna, 2016.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 5ª Edição Editora Atlas S.A. São Paulo, 2010.
- LISBOA, J. C. F. et al. **Química: Ser Protagonista.** 3. ed. São Paulo: Sm, 2016.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química.** 3. ed. São Paulo: Scipione, 2016.
- NOVAIS, V. L. D. de; ANTUNES, M. T. **Química.** Curitiba: Vivá, 2016.
- PEREIRA, C. E. M.; SILVA, J. D. M. da; ROMEIRO, V. R.. Aspectos éticos da experimentação animal. **Acta Cirúrgica Brasileira**, [s.l.], v. 13, n. 2, p.123-128, abr. 1998.
- PRESTES, M. E. B.; CALDEIRA, A. M. de A. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**, [s.i.], v. 4, n. 1, p.1-16, 2009. Disponível em: <<http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-0-Maria-Elice-Prestes-Ana-Maria-Caldeira.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2017.
- REIS, M.. **Química.** 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.
- SANT'ANA FILHO, C. R. Síntese da ureia enriquecida com o isótopo <sup>13</sup>C e/ou <sup>15</sup>N. 2011. 155 f. **Tese (Doutorado)** - Curso de Ciências, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- SANTOS, W. L. P. dos; MÓL, G. de S. **Química Cidadã.** 3. ed. São Paulo: AJS, 2016.
- VIDAL, Paulo Henrique; PORTO, Paulo Alves. Algumas contribuições do episódio histórico da síntese artificial da ureia para o ensino de química, **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, [s.i.], v. 4, p.13 – 23, 2011. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/6013>> 6013 Acesso em: 22 nov. 2017.