http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160278

# O estudo da teoria ácido-base de Lewis a partir de reações com substâncias fenólicas de plantas medicinais

**Wladimyr M. Albano, Marcelo G. Santos e Wagner G. Bastos**

Este estudo é uma proposta de experimento com execução simples, que utiliza materiais de fácil aquisição e baixo custo, com o tema plantas medicinais, possibilitando o ensino de conceitos da Química, Física e Biologia. Por infusão, foi realizada uma extração de substâncias fenólicas em seis plantas medicinais. As substâncias reagiram com uma solução aquosa de cloreto férrico a 1% (p/v) formando sais de diferentes cores, de acordo com o número de hidroxilas presentes em suas estruturas. O experimento possibilita um estudo da Química envolvida, através da abordagem de funções orgânicas e do estudo da teoria ácido-base de Lewis, e ainda correlacionando cor, energia e luz.

▶ práticas didáticas, teoria ácido-base, estudo das cores ◀



Recebido em 11/12/2020, aceito em 21/05/2021

O uso de plantas medicinais, e especialmente a temática dos chás, constitui um recurso didático importante, pois, por ser um hábito da população, apresenta proximidade com a vida cotidiana e auxilia a contextualização do ensino da Química. Por meio desse tema de relevância social, pode-se abordar princípios da Química, Física e Biologia (Silva *et al*., 2017) de modo interdisciplinar.

As plantas são constituídas por substâncias químicas que estão envolvidas com funções essenciais para sua existência e manutenção, e que podem ser divididas em metabolitos primários e metabolitos secundários. Dentre os últimos têm-se as substâncias fenólicas, terpenoides, substâncias nitrogenadas e ácidos graxos (Simões *et al*., 2007).

## Substâncias fenólicas e estudo da teoria ácido-base de Lewis

Substâncias fenólicas são aquelas derivadas de hidrocarbonetos aromáticos pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio por igual número de hidroxilas (Pazinato *et al*., 2012). Podem ser classificadas como fenóis simples e fenóis compostos derivados de antraquinonas, flavonoides e taninos condensados e hidrolisáveis, entre outros. Diversas propriedades medicinais de plantas são atribuídas a essa classe de substâncias (Simões *et al*., 2007).

Substâncias fenólicas são aquelas derivadas de hidrocarbonetos aromáticos pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio por igual número de hidroxilas (Pazinato *et al*., 2012). Podem ser classificadas como fenóis simples e fenóis compostos derivados de antraquinonas, flavonoides e taninos condensados e hidrolisáveis, entre outros.

Na teoria ácido-base formulada por Gilbert N. Lewis (1875-1946), o ácido é uma espécie química que possui uma deficiência de elétrons e a base é uma espécie química que tem disponibilidade de elétrons. Desse modo, é dito que o ácido é toda espécie química que "recebe" os pares de elétrons e a base é toda espécie química que "doa" os pares de elétrons (Chagas, 1999) para formar uma ligação covalente coordenada.

O cloreto férrico ($FeCl_3$) é comumente utilizado em testes laboratoriais para detectar a presença de substâncias fenólicas em extratos vegetais (Shriver *et al*., 2004). O $FeCl_3$ é um sal inorgânico cristalino de cor amarela formado pelo cátion $Fe^{3+}$ (férrico) e o ânion $Cl^-$ (cloreto). Ele se comporta como um ácido de Lewis, pois o íon $Fe^{3+}$ possui um orbital para acomodar um par eletrônico (Huheey *et al*., 1993).

Algumas das principais características dos fenóis, e que os distinguem de outros compostos que contêm a hidroxila ligada diretamente na cadeia orgânica, como os álcoois,

A seção "Experimentação no Ensino de Química" descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes usados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola.

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

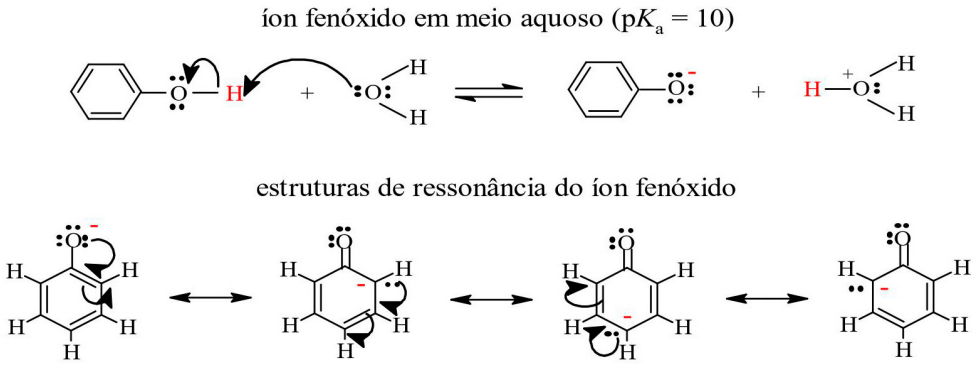


Figura 1: Estabilidade do íon fenóxido em meio aquoso.

são sua acidez e solubilidade em água. Em meio aquoso, a carga negativa do íon fenóxido é estabilizada por solvatação e pela deslocalização do elétron no anel aromático (Carey e Giuliano, 2011), o que pode ser representado por suas estruturas de ressonância (Figura 1).

Sua solubilidade em água é explicada pelas ligações de hidrogênio formadas entre o fenol e a água (Figura 2). Embora seja limitada, devido ao elevado número de átomos de carbono, é maior que a solubilidade de álcoois alifáticos de tamanho/massa molecular similar (Martins *et al*., 2013).



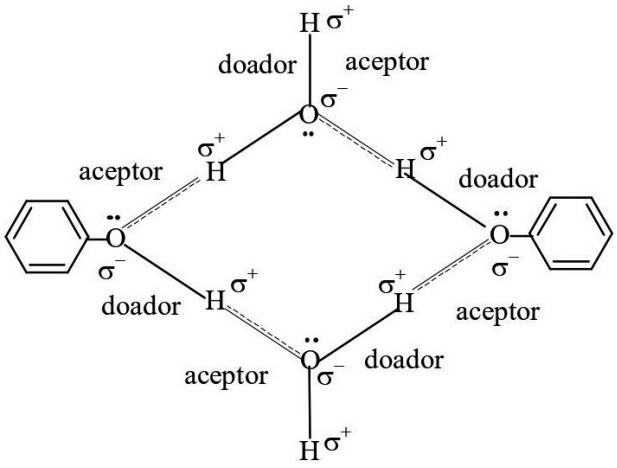


Figura 2: Ligações de hidrogênio formadas pelas moléculas de fenol com a água.

As substâncias fenólicas, embora tenham caráter ácido, atuam também como base de Lewis, pois possuem pares de elétrons disponíveis para compartilhar.

Substâncias fenólicas reagem com soluções aquosas de cloreto férrico formando sais coloridos, que variam da cor vermelha (menor frequência) até a violeta (maior frequência), de acordo com os substituintes presentes no anel fenólico (Pazinato *et al*., 2012). A reação ocorre entre o cloreto férrico, o ácido de Lewis, deficiente de elétrons, que aceita um par de elétrons da substância fenólica, a base de Lewis, que doa o par eletrônico (Chagas, 1999) formando, através de ligação covalente, o sal colorido (Figura 3).

O experimento aqui relatado utiliza materiais de baixo custo e fácil aquisição, não necessita de laboratórios nem equipamentos especiais e as reações são realizadas em meio aquoso. A metodologia aplicada foi de cunho investigativo, com a finalidade de construir um experimento para despertar o senso crítico do aluno e estabelecer relações com o que ele já sabe de antemão, possibilitando obter resultados por descoberta do conhecimento. Utilizando plantas medicinais como temática, pode-se abordar a Biologia, através da Botânica. É possível, através do estudo da Química, e num contexto multidisciplinar, estudar a teoria ácido-base de Lewis para explicar a formação de sais coloridos. É possível, ainda, realizar um estudo da Fisica, explicando o fenômeno de formação da cor, relacionando-o à luz, fótons e grupos cromóforos, permitindo que tudo se correlacione. Por isso, é recomendável que seja realizado na última série (3º ano) do Ensino Médio. Essas relações estão ilustradas no mapa conceitual elaborado (Figura 4).

## Procedimento Experimental

*Materiais necessários*

Uma caneca de alumínio com capacidade para 1 litro de

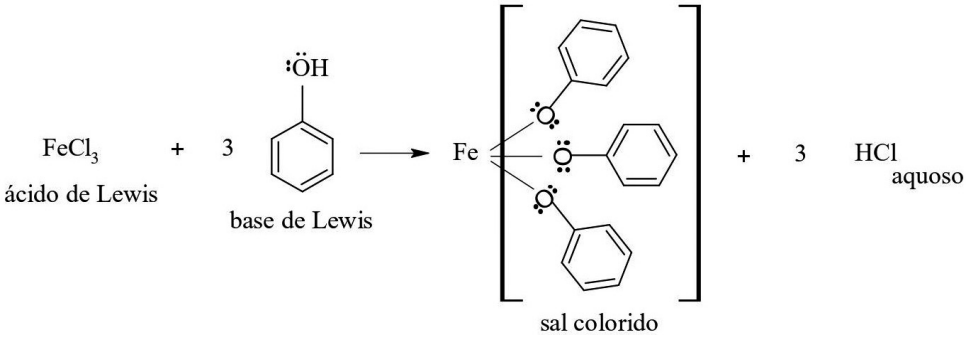


Figura 3: Esquema de reação genérica entre cloreto férrico e substâncias fenólicas.

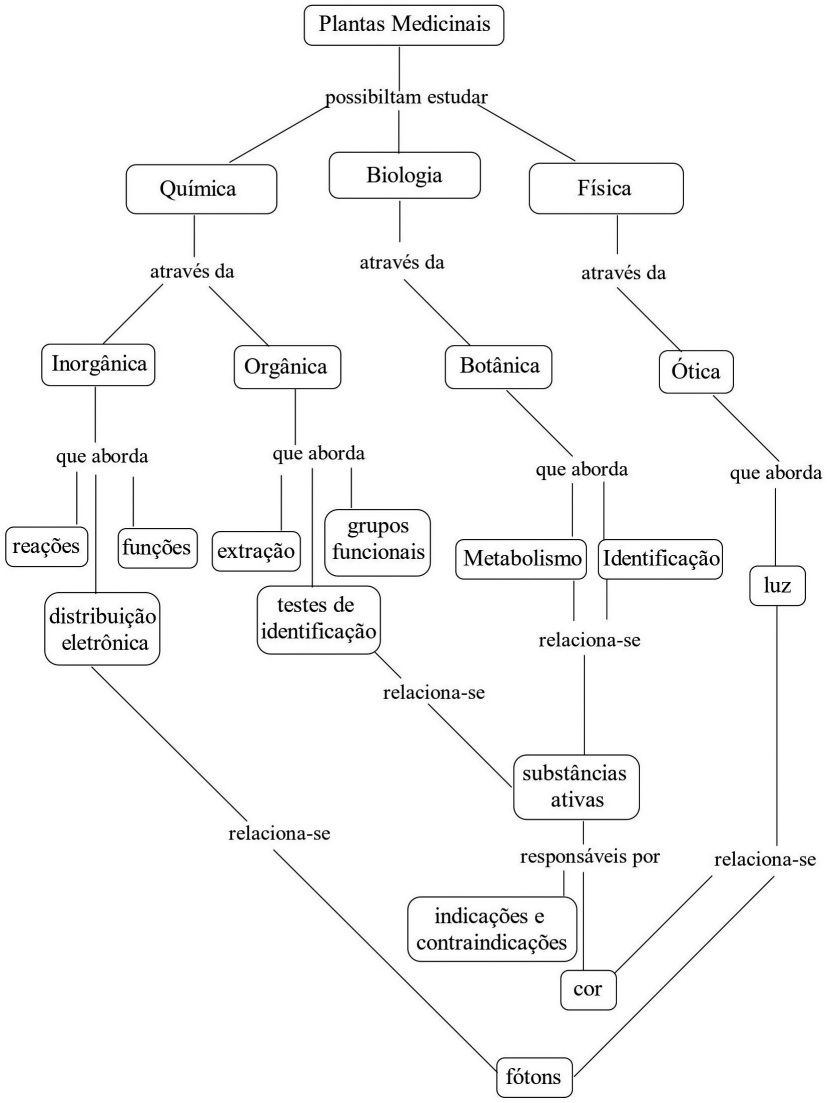


Figura 4: Mapa conceitual da relação entre as disciplinas envolvidas na temática plantas medicinais

água; 1 ebulidor do tipo mergulhão (110 V) ou outra fonte de calor para ferver a água; 1 proveta de 100 mL ou um copo medidor de cozinha; 6 pipetas de Pasteur de polietileno (5 mL) ou canudos de papel; 13 copos de vidro ou plástico rígido transparente; 50 mL de solução de cloreto férrico aquoso 1%.

*Preparação dos extratos vegetais*

Diversas espécies de plantas medicinais podem ser utilizadas. Podem ser usadas plantas frescas ou aquelas secas obtidas em casas comerciais especializadas. A extração é realizada por infusão. Disponha 6 copos de plástico e escreva em cada um deles o nome da planta da qual será feito o extrato. Em seguida, coloque 2 g (ou 2 colheres de sopa) de cada planta medicinal seca e picada escolhida em seu respectivo copo. No presente experimento foram utilizadas cáscara sagrada, espinheira-santa, linhaça, camomila, barbatimão e romã. Duplique o peso se for usar planta fresca. Ferva 300 mL de água e verta aproximadamente 50 mL de água quente em cada copo e espere esfriar. Transfira o infuso de cada planta e divida o seu conteúdo em frascos ou copos transparentes, de modo que ao final do processo se tenha um total de 12 copos.

*Teste com o Cloreto Férrico*

Ordene os copos em cada dupla de infusos correspondentes. Em um 13º copo adicione a mesma quantidade de água. Em cada copo, num total de 7 (6 com infusão e 1 somente com água), adicione 5 mL de solução aquosa de cloreto férrico 1% (p/v). Observe a cor formada e compare com o extrato correspondente em que o reagente não foi adicionado, e com o "branco", ou seja, o copo com água + cloreto férrico (Figura 5).

*Estudo das cores*

A luz pode ser decomposta em vários comprimentos de onda de cores distintas com o auxílio de um prisma ou utilizando um disco CD como rede de difração (Catelli; Libardi, 2010). Um experimento pode ser feito com soluções de sais de diferentes metais (Na, Cu, Li, K, etc.) numa chama de fogareiro feito de lata de refrigerante vazia (Gracetto *et al.*, 2006), no qual se observa que a chama produz cores específicas (amarelo, verde, vermelho, azul, etc.) conforme a estrutura eletrônica de cada metal.

Esse fenômeno também ocorre com as substâncias

Figura 5: **A:** Infusos vegetais sem o cloreto férrico. **B:** Infusos vegetais com o cloreto férrico. CS (cáscara-sagrada), ES (espinheira-santa), LH (linhaça), CM (camomila), BB (barbatimão), RM (romã), BR ("branco" = água + cloreto férrico). Observe a evolução das cores nos infusos depois da adição de cloreto férrico (legendas nos frascos).



químicas que contêm grupos eletrônicos que exibem cores de acordo com a absorção da luz em determinado comprimento de onda. Esses grupos são chamados de cromóforos, e quanto maior a quantidade e disposição estrutural desses grupos cromóforos maior será a absorção de energia e, consequentemente, a cor de maior energia será exibida (Pavia *et al*., 2001).

A origem das cores geradas pela reação das substâncias de cada infuso com o cloreto férrico está na estrutura eletrônica, e na disposição dos átomos das substâncias fenólicas (cromóforos) presentes em cada planta extraída (Pavia *et al*., 2001). Assim, quanto mais grupos cromóforos forem observados nas estruturas, maior será a distribuição eletrônica ou densidade de elétrons. Isso é ilustrado, de modo hipotético, pelas estruturas correspondentes aos constituintes dos infusos de cada planta (Figura 6).

Sabe-se que a frequência e a energia absorvida aumentam de acordo com a seguinte sequência de cores:

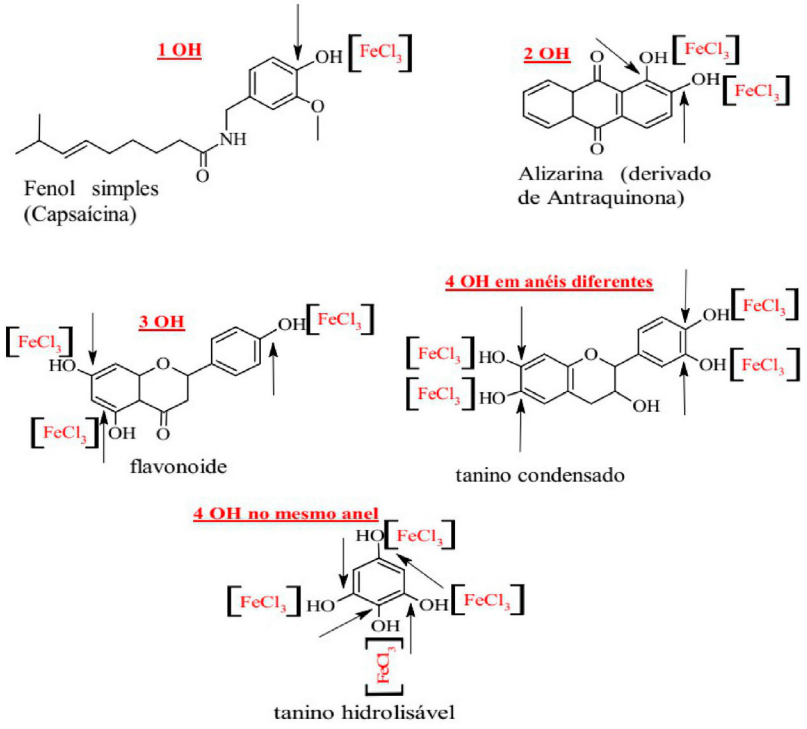


Figura 6: Diagrama que ilustra as estruturas fenólicas por número e posição de hidroxilas.

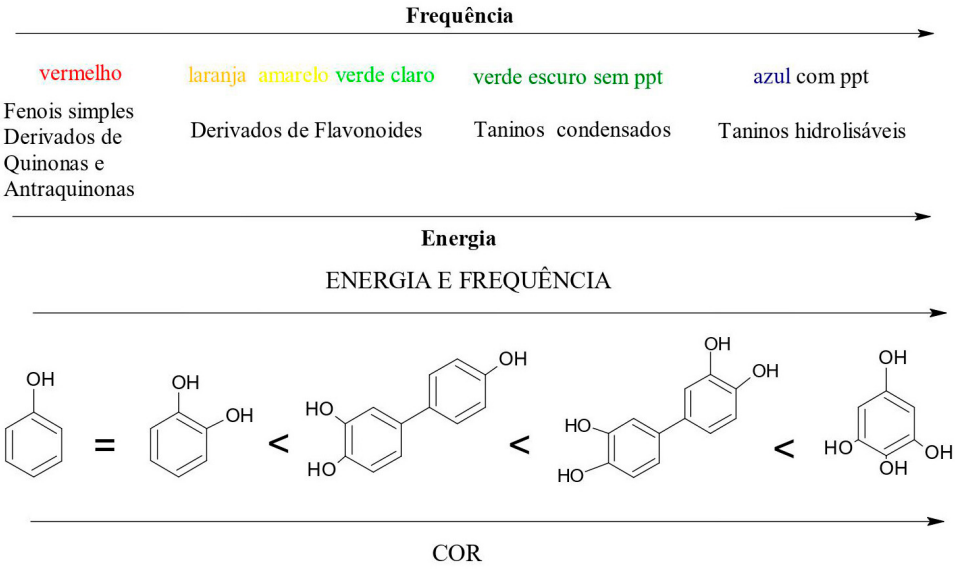


Figura 7: Diagrama que correlaciona as estruturas das substâncias fenólicas com a energia, a frequência e a cor dos sais formados após a reação com $FeCl_3$ aq. 1% (p/v).

Quadro 1: Plantas medicinais utilizadas no experimento, a cor do respectivo extrato vegetal após reação com o cloreto férrico ($FeCl_3$), a classe da substância fenólica e a parte da planta utilizada

| Nome popular | Nome científico | Positivo cor | Classe de substância ativa | Parte utilizada |
|---|---|---|---|---|
| Cáscara-sagrada | *Frangula purshiana* Cooper | vermelho | Derivados de Antraquinona | Folhas e Cascas |
| Espinheira-santa | *Monteverdia truncata* (Nees) Biral | laranja | Flavonoides | Folhas |
| Linhaça | *Linum usitatissimum* L. | amarelo | Flavonoides | Sementes |
| Camomila | *Matricaria chamomilla* L. | verde claro | Flavonoides | Folhas e Flores |
| Barbatimão | *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville | verde escuro | Taninos condensados | Cascas |
| Romã | *Punica granatum* L. | azul escuro | Taninos hidrolisáveis | Cascas |



vermelho < laranja < amarelo < verde claro < verde escuro < azul; e que as cores formadas obedecem a mesma sequência de acordo com o número de hidroxilas presentes nas substâncias constituintes das plantas medicinais. A partir disso, é possível construir dois diagramas (estritamente para fins didáticos e respeitadas as suas limitações) correlacionando energia, frequência, estrutura fenólica do constituinte da planta, número de hidroxilas e cor do sal formado (Figura 7, Quadro 1).

## Considerações finais

A reação da solução de cloreto férrico com substâncias fenólicas presentes em infusões de plantas medicinais é um teste simples e eficaz, que envolve um reagente e materiais de fácil aquisição e pode ser reproduzida em qualquer escola do Ensino Médio. A reação é explicada pela teoria ácido-base de Lewis e a geração de diferentes cores indica a variação na quantidade e posição das hidroxilas no anel fenólico nas diferentes estruturas das substâncias fenólicas. A realização desse experimento em sala de aula pode ser utilizada como ferramenta de facilitação do ensino de Química e de outras disciplinas relacionadas, possibilitando a compreensão de conceitos químicos como funções orgânicas, grupos cromóforos e distribuição eletrônica, entre outros.

**Wladimyr Mattos Albano** (mattosalbano@gmail.com), bacharel em Química (UFF) e mestre em Ensino de Ciências, Ambiente e Sociedade, pela Faculdade de Formação de Professores (FFP) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ – BR. **Marcelo Guerra Santos** (marceloguerrasantos@gmail.com), bacharel em Ciências Biológicas (UNIRIO), mestre e doutor em Ciências Biológicas – Botânica (Museu Nacional, UFRJ). É professor associado da Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, lecionando nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, Especialização em Educação Básica –Ensino de Biologia e no Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências, Ambiente e Sociedade (PPGEAS). É também pesquisador do Núcleo de Pesquisa e Ensino de Ciências da FFP/UERJ (NUPEC). Rio de Janeiro, RJ – BR. **Wagner Gonçalves Bastos** (wgnutes@gmail.com), licenciado e bacharel em História Natural (FTESM), mestre em Educação e doutor em Educação em Ciências e Saúde (UFRJ). É professor adjunto da Faculdade de Formação de Professores da UERJ,

lecionando nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, Especialização em Educação Básica – Ensino de Biologia, e no Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências, Ambiente e Sociedade (PPGEAS). É também pesquisador do Núcleo de Pesquisa e Ensino de Ciências da FFP/UERJ (NUPEC), do GERAES (NUTES/UFRJ) e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ – BR.

## Referências

CAREY, F.A. e GIULIANO, R. M. *OrganicChemistry*. 8ª ed. New York: McGraw-Hill, 2011.

CATELLI, F. e LIBARDI, H. CDs como lentes difrativas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 2307(1-6), 2010.

CHAGAS, A. P. Teorias ácido-base do século XX. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 9, p. 28-30, maio 1999.

GRACETTO, A. C.; HIOKA, N. e SANTIN FILHO, O. Combustão, chamas e teste de chama para cátions: proposta de experimento. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 23, p. 43-48, maio 2006.

HUHEEY, J. E.; KEITER, E. A. e KEITER, R. L. *Inorganic Chemistry*: Principles of Structure and Reactivity. 4ª ed. New York: HarperCollins, 1993.

MARTINS, C. R.; LOPES, W. A. e ANDRADE, J. B. Solubilidade das Substâncias Orgânicas. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 8, p. 1248-1255, 2013.

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M. e KRIZ, G. S. *Introduction to Spectroscopy*. 3ª ed. Boston: Thomson Learning, 2001.

PAZINATO, M. S.; BRAIBANTE, T. S; BRAIBANTE, M. E. F.; TREVISAN, M. C. e SILVA, G. S. Uma abordagem diferenciada para o ensino de funções orgânicas através da temática medicamentos. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 21-25, 2012.

SHRINER, R. L; HERMANN, C. K. F.; MORRILL, T. C.; CURTIN, D. Y. e FUSON, R. C. *The Systematic Indentification of Organic Compounds*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004.

SILVA, F. E. F.; RIBEIRO, V. G. P.; GRAMOSA, N. V. e MAZZETTO, S. E. Temática chás: uma contribuição para o ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 329-338, 2017.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A. e PETROVICK, P. R. (Org.). *Farmacognosia*: da planta ao medicamento. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007.

**Abstract:** *The study of Lewis' acid-base theory from the reactions of phenolic substances in medicinal plants.* This study is a proposal for a simple execution experiment, which uses easy to acquire, low cost materials, with the theme of medicinal plants, enabling approaches to Chemistry, Physics and Biology concepts. By infusion, six phenolic substances were extracted from six medicinal plants, which were made to react with a 1% (w/v) aqueous solution of ferric chloride to form salts of different colors, according to the number of hydroxyls present in their structures. The experiment enables a study of Chemistry, through the approach of organic functions and the study of Lewis acid-base theory and correlating color, energy and light.
**Keywords:** Didactic practices; Acid-base theory; Study of colors.