

Natureza elétrica de solutos iônicos e moleculares

Electrical nature of ionic and molecular solutes

Aline Amaral Madeira

*Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Campus Coração Eucarístico, Belo Horizonte / MG, Brasil
madeira.alineamaral@gmail.com*

Submetido em 18/12/2018; Versão revisada em 29/01/2019; Aceito em 31/01/2019

Resumo

O estudo apresentado neste artigo foi realizado em abordagem às teorias da dissociação eletrolítica e ionização de Svante August Arrhenius (1859-1927) com o intuito de estudar a natureza elétrica de solutos iônicos e moleculares. Para tanto, realizou-se uma análise do comportamento dos solutos ácido acético (CH_3COOH), ácido clorídrico (HCl), hidróxido de amônio (NH_4OH), hidróxido de sódio (NaOH) e sacarose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) quanto à condução de corrente elétrica em meio aquoso. A aplicação de conceitos teóricos relativos aos processos de dissolução, dissociação e ionização no que diz respeito à condutividade elétrica dos solutos foi satisfatória, permitindo que o objetivo previsto fosse alcançado.

Palavras-chave: soluto, condutividade elétrica, soluções.

Abstract

The study presented in this article was accomplished in an approach of the theories of electrolytic dissociation and ionization of Svante August Arrhenius (1859-1927) with the purpose to study the electrical nature of ionic and molecular solutes. For this, an analysis of the behavior of the solutes acetic acid (CH_3COOH), hydrochloric acid (HCl), ammonium hydroxide (NH_4OH), sodium hydroxide (NaOH) and sucrose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) was accomplished as regards to conduct electric current in aqueous phase. The application of theoretical concepts relational to dissolution, dissociation and ionization processes concerning to electrical conductivity of the solutes was satisfactory, allowing the expected objective to be achieved.

Keywords: solute, electrical conductivity, solutions.

INTRODUÇÃO

Na natureza são encontrados sistemas formados por mais de uma substância, denominados misturas, em detrimento de substâncias puras. As soluções são sistemas homogêneos formados por uma ou mais substâncias dissolvidas (solutos) em outra substância, presente em maior proporção na mistura (solvente). Nos laboratórios e nas indústrias as soluções de sólidos em líquidos são as mais comuns. Nesse tipo de solução, a água é o solvente mais utilizado, sendo conhecida como solvente universal e, essas soluções, são chamadas de soluções aquosas (USBERCO, 2009a; DUARTE, 2014; RHODEN et al., 2016).

Segundo Covre (2000), um dos estudos mais importantes para a explicação das propriedades elétricas das substâncias é a clássica experiência do químico sueco Svante August Arrhenius (1859-1927) sobre a condutibilidade elétrica de uma solução aquosa. Em um recipiente com água, Arrhenius introduziu dois eletrodos ligados aos terminais de um gerador de corrente contínua, intercalando no circuito uma lâmpada de prova. O químico verificou que inicialmente a lâmpada permanecia apagada, mas a partir da adição de solutos, separadamente, observou que o comportamento da lâmpada, por vezes, era alterado. Quando adicionou cloreto de sódio e ácido clorídrico, a lâmpada acendia; já a adição de açúcar a deixava apagada (COVRE, 2000; MARGOTO, 2014).

De acordo com Usberco (2009b), ao testar a condutividade de solutos iônicos e moleculares, Arrhenius formulou a hipótese de que determinadas substâncias, quando dissolvidas em água, eram capazes de originar partículas carregadas: íons positivos (cátions) e íons negativos (ânions). Assim, propôs as teorias da dissociação eletrolítica e ionização. Explicando que a dissolução de solutos iônicos em água culminava na separação dos íons existentes no composto e que a condução de corrente elétrica pela solução de compostos

moleculares dava-se por íons gerados por meio da quebra das moléculas do soluto pela água, originando uma solução iônica por um processo denominado ionização (USBERCO, 2009b; SOUZA e SILVA, 2018).

A condutividade elétrica é um importante parâmetro aplicado em tecnologias como a eletrocoagulação. Este processo eletroquímico tem sido usado há várias décadas para a remoção de poluentes de águas residuais de diversos setores industriais. Baseia-se na passagem de corrente elétrica através do meio aquoso a ser tratado, promovendo a desestabilização de partículas emulsionadas, suspensas ou dissolvidas, permitindo a sua remoção por algum método de separação secundário. Estudos reportam a aplicação da tecnologia na indústria têxtil (FLECK, TAVARES e EYNG, 2013), indústria de laticínios (GERALDINO et al., 2015; RUIZ, 2012; VALENTE, MENDONÇA e PEREIRA, 2015), indústria de beneficiamento de pescados (JOÃO et al., 2018), indústria automotiva (MARTÍNEZ, SILVA e HURTADO, 2013), entre outras.

Nas indústrias eletrolíticas, é a passagem de corrente elétrica em solução que possibilita a produção de diversos metais a partir dos estados encontrados na natureza, por eletrólise. A eletrólise possui muitas aplicações na indústria química, como na produção de sódio, magnésio, potássio, alumínio, cloro, flúor, hidróxido de sódio e peróxido de hidrogênio. Já nas indústrias eletrotérmicas, a corrente elétrica que passa nos fornos elétricos, permite a fabricação de produtos a partir de elevadas temperaturas das mais diversas aplicações industriais (FRANÇA, 2019).

O ácido acético (CH_3COOH) é um dos ácidos carboxílicos mais utilizados e importantes do mundo. Sua ampla gama de aplicações inclui seu uso como matéria-prima na produção de polímeros derivados de acetato de vinila, ácido tereftálico purificado e ésteres de anidrido acético e acetato, e como solvente na produção de acetato de celulose e

na fabricação de produtos farmacêuticos (GARCÍA e CABALLERO, 2011; IJMKER et al., 2014). Sua demanda no mercado global foi de 13 milhões de toneladas em 2015 e está prevista para atingir 18 milhões de toneladas até 2020 (PAL e NAYAK, 2017).

O ácido clorídrico (HCl) possui importância primordial na indústria. Sua produção mundial é estimada em 20 milhões de toneladas/ano e seus maiores usuários são as indústrias metalúrgicas, químicas, alimentícias e petroleiras. Seu espectro de aplicações inclui seu uso em sínteses orgânicas; na produção do metal magnésio; na decapagem de metais; na elaboração de corantes, tintas e fertilizantes; na fabricação de produtos de limpeza; na indústria de fármacos; no processo de obtenção de cervejas; no refino de óleos, bem como na potabilização de água (TOLENTINO e FOREZI, 2014).

O hidróxido de sódio (NaOH) é um produto essencial para diversas operações industriais e considerado uma das bases mais importantes do mundo, devido sua ação como um álcali forte. Como insumo, aplica-se na fabricação de papel, celulose, alumina e sabões. Também é empregado na extração e refino de petróleo; na fabricação de polímeros; na produção de fármacos; no tratamento de água; na regeneração de resinas de troca iônica; na produção de tecidos; no processamento de metais, na neutralização de efluentes bem como na fabricação de vidro (SILVA, 2012).

O hidróxido de amônio (NH₄OH) é um importante produto químico utilizado na fabricação de dispositivos semicondutores (TAKAHASHI, 2017). Conhecido comercialmente por amoníaco, é muito utilizado na produção de ácido nítrico para a produção de fertilizantes e explosivos, bem como na produção de compostos orgânicos e como gás de refrigeração (FOGAÇA, 2019).

A sacarose (C₁₂H₂₂O₁₁) é um dissacarídeo formado por uma unidade de glicose unida a uma unidade de frutose. É uma *commodity* que influencia a economia de todo o mundo devido ao seu alto valor

comercial. Hoje, é produzido em larga escala por diversos países, principalmente para fins alimentícios. A quantidade de produtos industrializados com sacarose em sua composição é imensa, estando presente em quase todos os alimentos, como refrigerantes, sucos, bolos, biscoitos, tortas, molhos e massas, entre outros. (MANHANI et al., 2014).

Neste contexto, com base na demanda de mercado e importância econômica dos solutos CH₃COOH, HCl, NH₄OH, NaOH e C₁₂H₂₂O₁₁, bem como na ampla gama de aplicações do princípio da passagem de corrente elétrica em solução, o presente trabalho ambiciona realizar uma nova abordagem às teorias da dissociação eletrolítica e ionização, no que diz respeito aos fundamentos que corroboram a hipótese da geração de íons e condução de corrente elétrica pelos mesmos em meio aquoso.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia elaborada foi desenvolvida com base em Vianna e Vidigal (2008), bem como em Margoto (2014). Inicialmente, realizou-se o preparo de cinco soluções aquosas de 0,2 mol/L de ácido acético glacial, ácido clorídrico, hidróxido de amônio, hidróxido de sódio e sacarose, empregando reagentes de pureza analítica. As soluções aquosas foram preparadas separadamente em balões volumétricos de 100,0 mL cada e os volumes aferidos com água destilada.

Montou-se um sistema composto por um circuito elétrico com o auxílio de dois eletrodos (fios de cobre (Cu)), um gerador de tensão de dois terminais (pilha) e uma lâmpada incandescente (Figura 1). As soluções aquosas dos solutos iônicos e moleculares preparadas foram transferidas, separadamente, para cinco béqueres de 250 mL cada. Introduziram-se, os eletrodos, separadamente, em cada um dos béqueres que continham previamente as referidas soluções, verificando o

acendimento da lâmpada.

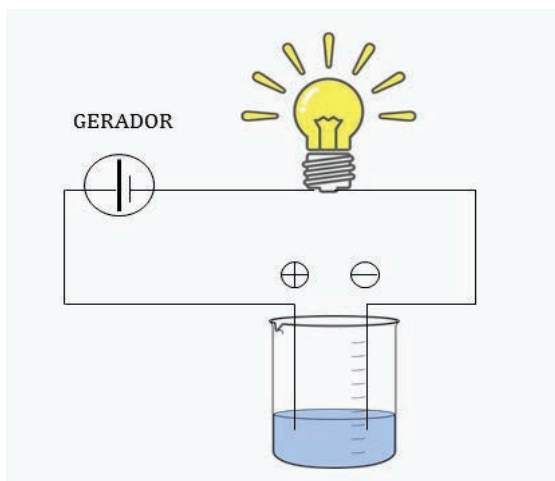


Figura 1: Montagem ilustrativa do circuito elétrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solutos iônicos e moleculares empregados foram avaliados quanto à sua capacidade de permitir a passagem de corrente elétrica. Apesar da dissolução de cada soluto mostrar-se particular, a água, utilizada como solvente na dissolução dos mesmos, conseguiu dissolver tanto o soluto iônico, intrinsecamente polar, como os solutos moleculares polares.

A condutividade elétrica das soluções originou-se mediante a presença de íons livres – átomos eletricamente carregados em constante movimentação, bem como de um somatório de cargas elétricas igual a zero ($\Sigma = 0$). A corrente elétrica provocou aquecimento do filamento da lâmpada incandescente que, por sua vez, emitiu luminosidade característica.

Cada soluto empregado foi classificado quanto à sua capacidade de produzir solução eletrolítica e quanto ao processo de produção de íons. O soluto que, ao dissolvido em água, sua dissolução culminou na separação de seus íons preexistentes, produziu íons pelo processo de dissociação, como foi o caso do hidróxido de sódio. Já os íons gerados a partir dos compostos moleculares (ácido acético, ácido clorídrico e

hidróxido de amônio), por meio da quebra das moléculas do soluto pela água, foram obtidos pelo processo de ionização.

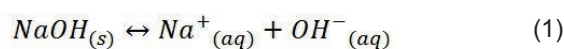
Os solutos hidróxido de sódio e ácido clorídrico foram classificados como eletrólitos fortes, pois ao serem dissolvidos em água produziram soluções eletrolíticas capazes de conduzir corrente elétrica, por dissociação e ionização, respectivamente. Já ácido acético e hidróxido de amônio classificaram-se como eletrólitos fracos, pois apesar de produzirem íons, não conduziram corrente. A sacarose foi classificada como não eletrólito por mostrar-se inapta na produção de íons, seja por dissociação ou ionização. A Tabela 1 sintetiza os resultados obtidos.

Tabela 1

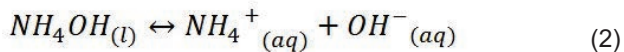
Comportamento dos solutos empregados quanto à condução de corrente elétrica em solução aquosa

Soluto	Fórmula química	Classificação quanto à produção de solução eletrolítica	Classificação quanto à produção de íons
Ácido acético	CH ₃ COOH	Eletrólito fraco	Ionização
Ácido clorídrico	HCl	Eletrólito forte	Ionização
Hidróxido de amônio	NH ₄ OH	Eletrólito fraco	Ionização
Hidróxido de sódio	NaOH	Eletrólito forte	Dissociação
Sacarose	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	Não eletrólito	-

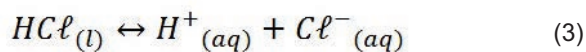
O soluto iônico hidróxido de sódio, formado por íons organizados de maneira sistemática em seu retículo cristalino, solubilizou-se no solvente sofrendo dissociação iônica pela qual, suas moléculas separaram-se em cátion sódio (Na⁺) e ânion hidroxila (OH⁻) (equação 1). O composto sólido dissolveu-se no solvente, mediante quebra de suas ligações iônicas, devido ao processo de interação entre seus íons e os polos positivo e negativo das moléculas de água (H₂O) (solvatação), produzindo a quantidade necessária de íons livres para a condução da corrente elétrica.



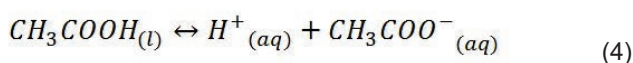
O soluto molecular hidróxido de amônio solubilizou-se em água, mostrando-se como um soluto molecular polar, mas não conduziu corrente elétrica em meio aquoso. Considerado como uma base fraca, ao ser dissolvido em água, o soluto não originou, mediante processo de ionização, íons livres suficientes para a condução de eletricidade (eletrólito fraco). A equação 2 representa o processo de ionização do hidróxido de amônio.



O soluto molecular ácido clorídrico permitiu a passagem de corrente elétrica quando solubilizado em água por processo de ionização dos íons hidrogênio (H^+) e cloreto (Cl^-) (equação 3). Com alto grau de ionização, o ácido forte dissolveu-se gerando íons livres suficientes para a condução da corrente elétrica.



O soluto molecular ácido acético solubilizou-se em meio aquoso, mostrando-se como um soluto molecular polar, mas não conduziu corrente elétrica em meio aquoso. Por ser um ácido com baixo grau de ionização, ao ser dissolvido em água, o ácido fraco não originou em quantidade satisfatória íons livres para a passagem de corrente (eletrólito fraco). A equação 4 representa o processo de ionização do ácido acético.



A solução aquosa de sacarose não permitiu a passagem de corrente elétrica, uma vez que o processo de dissolução não gerou íons livres em solução, por nenhum dos processos de dissociação e ionização (não eletrólito). Ao dissolver-se em água, o

soluto molecular não se mostrou capaz de produzir uma solução iônica, mas uma solução molecular.

CONCLUSÕES

Em uma contextualização das teorias da dissociação eletrolítica e ionização de Svante Arrhenius, o objetivo do estudo da natureza elétrica de solutos iônicos e moleculares previsto para o artigo foi satisfatoriamente atingido. Além da assimilação de experiências e do aperfeiçoamento da capacidade de lidar com problemas experimentalmente, aplicaram-se conceitos teóricos relativos aos processos de dissolução, dissociação e ionização no que tange à condução de corrente elétrica em meio aquoso.

REFERÊNCIAS

- COVRE, Geraldo José. **Química: o homem e a natureza**. São Paulo: FTD, 2000.
- DUARTE, Hélio A. Água: uma visão integrada. **Química Nova na Escola**, s.l., v. 8, s/n., p. 4-8, 2014. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/cadernos/08/03-CTN1.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2018.
- FLECK, Leandro; TAVARES, Maria Hermínia Ferreira; EYNG, Eduardo. Utilização da técnica de eletrofloculação para o tratamento de efluentes têxteis: uma revisão. **Revista Eixo**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 27 - 36, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.19123/eixo.v2i2.107>>. Acesso em: 27 jan. 2019.
- FRANÇA, Aline. **Tecnologia de processos inorgânicos**. S.l.: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.
- FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Principais bases**. Mundo Educação. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/principais-bases.htm>>. Acesso em: 28 jan. 2019.
- GARCÍA, N.; CABALLERO, J. A., Economic and environmental assessment of alternatives to the

extraction of acetic acid from water. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, s.l., v. 50, s/n., p. 10717-10729, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1021/ie201064x>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

GERALDINO, Henrique Cesar Lopes; SIMIONATO, Julliana Izabelle; FREITAS, Thabata Karoliny Formicoli de Souza; GARCIA, Juliana Carla; CARVALHO JR, Orlando de; CORRER, Caryna Januario. Efficiency and operating cost of electrocoagulation system applied to the treatment of dairy industry wastewater. **Acta Scientiarum Technology**, s.l., v. 37, n. 3, p. 401-4098, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v37i3.26452>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

IJMKER, H. M.; GRAMBLICKA, M.; KERSTEN, S. R. A.; VAN DER HAM, A. G. J.; SCHUUR, B. Acetic acid extraction from aqueous solutions using fatty acids. **Separation and Purification Technology**, s.l., v. 125, s/n., p. 256-263, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2014.01.050>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

JOÃO, Jair J.; EMERICK, Tuane; FILHO, Urias de S.; NISHIHORA, Rafael K. Processo de eletrocoagulação-flotação: investigação dos parâmetros operacionais para o tratamento de águas residuais da indústria de pescados. **Química Nova**, São Paulo, v. 41, n. 2, p 163-168, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170166>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

MANHANI, Tatiana Monique; CAMPOS, Maria Valéria M.; DONATI, Fulviane Pimentel; MORENO, Andréia De Haro. Sacarose, suas propriedades e os novos edulcorantes. **Revista Uniara**, s.l., v. 17, n. 1, p.113-125, 2014. Disponível em: <<http://doi/10.25061/2527-2675/ReBraM/2014.v17i1.12>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

MARGOTO, Márcia. **Acendeu? Não acendeu? Por quê?** [S.l.]: USP, 2014. Disponível em: <[http://www.cdcc.usp.br/maomassa/mostras/2014/T](http://www.cdcc.usp.br/maomassa/mostras/2014/Trabalho%20pdf/5_Acendeu_Nao_Acendeu_Por_Qu)

e.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2018.

MARTÍNEZ, Iván Darío Mercado; SILVA, Germán González; HURTADO, Sergio Humberto Valencia. Remoción de níquel y DQO presentes en las aguas residuales de la industria automotriz mediante electrocoagulación. **Revista EIA**, Medellín, v. 10, n. 19, p.13-21, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n19/n19a02.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

PAL, P.; NAYAK, J. Acetic acid production and purification: critical review towards process intensification. **Separation & Purification Reviews**, s.l., v. 46, n. 1, p. 44-61, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/15422119.2016.1185017>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

PERUZZO, Tito Miraguaia; CANTO, Eduardo Leite. **Química: na abordagem do cotidiano**. 1ª ed.. São Paulo: Moderna, 1993.

RHODEN, Anderson Clayton; FELDMANN, Neuri Antonio; MUHL, Fabiana Raquel; RITTER, Ariel Fernando Schoenhals; MOREIRA, Adriano. A importância da água e da gestão dos recursos hídricos. **Ciências agroveterinárias e alimentos**, s.l., v. 1, s/n., p. 91-108, 2016. Disponível em: <<http://revista.faifaculdades.edu.br/index.php/cava/article/view/196>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

ROCHA, Wilson Sérgio de Araújo. **Construção, aplicação e avaliação de um kit de experimentos para o ensino de eletrólitos**. 2014. 128 f. Dissertação (Mestrado profissional em Química) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/6657/5835.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

RUIZ, Álvaro Arango. Efectos del pH y la conductividad en la electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea. **Producción Más Limpia**, s.l., v. 7, n. 1, p. 59-67, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n1/v7n1a06.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

SILVA, Illana Muniz Canto Brum da. Hidróxido de

de Sódio (CAS No. 1310-73-2). **Revista Virtual de Química**, s.l., v. 4, n. 1, p. 73-82, 2012. Disponível em: <<http://doi/10.5935/1984-6835.20120005>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

SOUZA, Cleuzane R.; SILVA, Fernando C.. Discutindo o contexto das definições de ácido e base. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 14 - 18, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160099>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. Química: físico-química. 2ª ed.. São Paulo: Saraiva, 2009a.

TAKAHASHI, Junichi. **Direct measurement of metallic impurities in 20% ammonium hydroxide**

by 7700s/7900 ICP-MS. S.l.: Agilent Technologies Inc., 2017. Disponível em: <https://www.agilent.com/cs/library/applications/599-7914EN_AppNote_7700s_AmmoniumHydroxide.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2019.

TOLENTINO, Nathalia M. C.; FOREZI, Luana S. M. Ácido Clorídrico (CAS No. 7647-01-0). **Revista Virtual de Química**, s.l., v. 6, n. 4, p. 1130-1138, 2014. Disponível em: <<http://rvq.s bq.org.br/imagebank/pdf/v6n4a23.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. **Química: química geral**. 2ª ed.. São Paulo: Saraiva, 2009b.