

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

FABIANO MAFIA NIQUINI JUNIOR

**ÍONS EM SOLUÇÃO E CONDUTIMETRIA: ELABORAÇÃO DE UMA ATIVIDADE
EXPERIMENTAL ALIADA AO ESTUDO DE CASO**

Ouro Preto

2021

FABIANO MAFIA NIQUINI JUNIOR

**ÍONS EM SOLUÇÃO E CONDUTIMETRIA: ELABORAÇÃO DE UMA ATIVIDADE
EXPERIMENTAL ALIADA AO ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão apresentado a disciplina
de Estágio Supervisionado IV do curso de
Química Licenciatura da Universidade Federal
de Ouro Preto.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Souza Corrêa

Ouro Preto

2021

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

N721í Niquini Junior, Fabiano Mafia.
Íons em solução e condutimetria [manuscrito]: elaboração de uma
atividade experimental aliada ao estudo de caso. / Fabiano Mafia Niquini
Junior. - 2021.
53 f.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Souza Corrêa.
Monografia (Licenciatura). Universidade Federal de Ouro Preto.
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Química .

1. Química. 2. Condutividade. 3. Ensino e aprendizagem. 4. Estudo de
caso. I. Corrêa, Rodrigo de Souza. II. Universidade Federal de Ouro Preto.
III. Título.

CDU 54

Bibliotecário(a) Responsável: Luciana De Oliveira - SIAPE: 1.937.800



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Fabiano Mafia Niquini Junior

Íons em solução e condutimetria: elaboração de uma atividade experimental aliada ao estudo de caso

Monografia apresentada ao Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Licenciatura em Química

Aprovada em 16 de dezembro de 2021.

Membros da banca

Prof. Doutor Rodrigo de Souza Corrêa - Orientador (Departamento de Química, Universidade Federal de Ouro Preto)
Profa. Doutora Ana Carolina Gomes Miranda - Avaliadora (Departamento de Química, Universidade Federal de Ouro Preto)
Profa. Doutora Sandra de Oliveira Franco Patrocínio - Supervisora (Departamento de Química, Universidade Federal de Ouro Preto)

Rodrigo de Souza Corrêa, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 11/01/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Sandra de Oliveira Franco Patrocínio, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/01/2022, às 15:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0267226** e o código CRC **C9207B3F**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.000410/2022-61

SEI nº 0267226

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: 3135591707 - www.ufop.br

RESUMO

Esse trabalho de conclusão de curso (TCC) teve como objetivo elaborar um roteiro experimental utilizando a estratégia de ensino estudo de caso sobre o conteúdo de propriedade de soluções e condutometria. A estratégia estudo de casos foi baseada na literatura de Herreid e de Sá & Queiroga. O roteiro experimental foi elaborada de maneira a ser aplicado para as disciplinas de química geral, mais especificamente para os alunos do curso de química. O roteiro experimental foi constituído de três experimentos de maneira que possam ser aplicados em apenas uma aula. O primeiro experimento constitui da medição de diferentes amostras de água. Diferentes amostras de águas são sugeridas e valores para água da torneira e destilada foram medidas. O segundo experimento constituiu da análise de como a concentração afeta a condutividade da solução aquosa de cloreto de sódio. O terceiro experimento foca diretamente no assunto falado no estudo de caso, que fala de condutividade de piscinas. O experimento foi pensado utilizando reagentes que são usados no tratamento de piscinas.

Palavras-chaves: Condutividade; Estudo de caso; Ensino de química; química experimental; roteiro de química.

ABSTRACT

This undergraduate thesis aimed to elaborate an experimental script using the case study teaching strategy on the content of solution properties and conductometry. The case study strategy was based on the literature by Herreid and Sá & Queiroga. The experimental script was elaborated to be applied in General Chemistry. The experimental script consists in three experiments. The first experiment involves measure the conductivity of different water samples. The second one consists of explore aspects that affects the conductivity of the aqueous solution, such the concentration. The third experiment focuses directly on the subject spoken in the case study, which speaks of conductivity of swimming pools. The experiment was designed using reagents that are used in the treatment of swimming pools.

Key words: Conductivity; Case study; Chemistry teaching; Experimental chemistry; Chemistry script.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DA LITERATURA	9
3	OBJETIVOS	14
3.1	Objetivo geral	14
3.2	Objetivos específicos	14
4	METODOLOGIA E RESULTADOS.....	15
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
7	APÊNDICE A – Material do professor	37
8	APÊNDICE A – Material do aluno.....	47

1 INTRODUÇÃO

Diferente do ensino médio (EM) que possui uma abordagem focada nos aspectos teóricos visando à formação do cidadão e a preparação básica para o trabalho (LDB Art. 35º, inciso II), o ensino superior (ES) tem outro objetivo, a formação e preparação profissional para o mercado de trabalho (LDB Art. 43º, inciso II). Abrangendo além de aspectos teóricos, o ES diverge do EM por apresentar durante sua vivência estágios e aulas experimentais, fatores que não são tão comuns no EM em sua realidade.

Aulas experimentais (AE) buscam trazer uma aplicação do conhecimento que já foram ou que serão desenvolvidos nas aulas teóricas. A importância das AE no ensino de ciências tem sido muito discutida por diversos autores, os quais mostram que o seu uso pode fazer com que o aluno desenvolva maior interesse e familiaridade com os conteúdos científicos que serão abordados. As AE ainda podem desenvolver a criatividade e raciocínio lógico para resolver problemas que possam surgir (ROSITO, 2003; GIORDAN, 1999).

Um dos pontos que são criticados em relação às AE é que em alguns casos os alunos são levados a seguir os roteiros como se fossem “*receitas de bolo*”; executando as atividades, mas sem pensar nos motivos de cada procedimento e ação. Sem um pensamento crítico na atividade (CAAMAÑO, 2010; GUIMARÃES, 2009).

Desse modo um bom roteiro de AE deve levar o aluno a ter papel ativo na sua aprendizagem. De maneira que o mesmo possa construir o seu próprio conhecimento durante o experimento (CAAMAÑO, 2010).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A experimentação no ensino de química

O uso da experimentação no ensino de ciências no Brasil tem origem nos modelos de currículo dos Estados Unidos e da Inglaterra. Nesses países foi somente no meio do século XX que a experimentação como estratégia de ensino começou a ser utilizada nas escolas. Na época, a experimentação era vista como um caminho que os alunos usariam para chegar aos conceitos teóricos, e o professor era um *mediador* que tinha o papel de incentivar os alunos a chegarem aos conceitos (SILVA *et. al.*, 2010).

Millar (2008) no seu artigo intitulado “*Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science*” busca problematizar se realmente as aulas experimentais funcionam. Em sua conclusão, ele afirma que muitos professores esperam que os alunos aprendam a teoria somente por fazer o experimento (ABRAHAMS e MILLAR, 2008).

Mas um dos problemas das AE em algumas escolas é o pouco tempo da aula realmente dedicado para que o aluno possa pensar no que está fazendo. Sendo que o principal papel das AE seria para o aluno poder desenvolver ideias sobre o que está sendo observado no experimento, tirando as suas próprias conclusões. Mas na sua pesquisa isso não foi observado nas maiorias dos roteiros experimentais (ABRAHAMS e MILLAR, 2008).

Atividades experimentais podem ser usadas de diversas maneiras dependendo de alguns fatores como a intenção do professor, dos materiais disponíveis e do tempo que o professor planejou para o a execução do experimento (OLIVEIRA, 2010).

Sendo classificadas em três maneiras distintas de trabalhar, as atividades experimentais são:

Atividades experimentais demonstrativas: Tem como função demonstrar um experimento para os alunos. O professor vai executar os experimentos e os alunos ficam apenas observando. Tem como principal vantagem o baixo custo e a rapidez de execução dos experimentos. E umas das maiores desvantagens a rapidez com que os alunos podem perder o interesse em somente observar (OLIVEIRA, 2010).

Atividades experimentais verificativas: São os experimentos executados pelos alunos, mas que seguem roteiros fechados e com resultados previsíveis ou já esperados pelos alunos. O professor tem papel de orientar e conduzir para que os experimentos deem certo. Esse tipo de

atividade é importante, pois motiva o aluno e permite o contato com os equipamentos e vidrarias trazendo esses objetos para a realidade do aluno (OLIVEIRA, 2010).

Atividades experimentais investigativas: A proposta de atividade investigativa tem como premissa o aluno como construtor de seu próprio conhecimento. Nesse tipo de atividade, o professor tem papel de facilitador e de responsável por direcionar os alunos sendo ele que propõe sobre o que os alunos devem investigar. Dependendo dos níveis de abertura das atividades investigativas, o papel do aluno pode ser trocado com o do professor. Em atividades com alto grau de abertura o aluno é aquele que escolhe como investigar, a maneira e sobre quais experimentos executar para tentar resolver o problema proposto pelo professor. A principal vantagem desse tipo de atividade é a abertura para a criatividade e a autonomia do aluno. As desvantagens desse tipo de proposta é a necessidade de maior tempo para executar a atividade, e a necessidade de que os alunos já estejam familiarizados com os equipamentos e com essa autonomia (OLIVEIRA, 2010), (MUNFORD; LIMA, 2007).

Sobre essas propostas de atividades, é recomendado que para os alunos com poucos conhecimentos, os assuntos e experimentos sejam utilizadas atividades “mais simples e fechadas” (OLIVEIRA, 2010) de modo que à medida que os alunos vão ganhando conhecimentos eles possam progredir para atividades mais abertas como a investigativa. (OLIVEIRA, 2010)

Em relação a concepções alternativas dos alunos sobre esse assunto, as duas principais são: as que muitos alunos acreditam que a água pura é um eletrófilo forte (ARTDEJ, 2010) e a outra é que muitos alunos acreditam que todos os ácidos e bases tem condutividade elétrica próxima (ÖZMEN, 2009).

2.2 A estratégia Estudo de Caso

Por mais corriqueiro que a palavra “*caso*” possa parecer, o estudo de caso quando corretamente aplicado, torna-se uma estratégia de ensino aliada do professor.

Essa não tão complexa estratégia de ensino é muito utilizada em diversas áreas da saúde, por meio de atividades em que são estudados certos conteúdos por intermédio de casos que contenham a ficha médica do paciente junto com outras informações e dados, de maneira que o estudante possa lidar com o problema de saúde do paciente, condensando assim suas constatações por meio da história contada nela. Um exemplo desse tipo de caso citado na revista *Emergency medicine Journal* é o seguinte:

Um paciente deu entrada reclamando de hemoptise (tossindo sangue) e dores no peito. Ele geralmente se sente bem e saudável, mas fuma muito. Ele está

acompanhado de dois adolescentes. A família é Testemunha de Jeová. Como você vai agir com esses problemas que o paciente relata? (KILROY, 2003, p. 411)

Outra aplicação fundamental dessa metodologia é em faculdade de direito, em que antigos processos e casos jurídicos são estudados a fim de entender melhor como se desenrolaram os processos e julgamentos. Como Herreid (1997) cita no primeiro de cinco artigos de uma série que deu início a uma seção intitulada *The case study*, na revista *Journal of College Science Teaching*. “Casos são histórias reais relacionadas com pessoas em problemas.” (HERREID 1997, p 92.)

Trabalhar os conhecimentos por meio de problemas não é uma coisa nova, chamado de aprendizagem baseada em problemas do inglês *problem based learning* essa metodologia tem origem atribuída no Canadá nos anos 1970, mais especificamente na universidade de McMaster, posteriormente se alastrou para o resto do mundo. (HERREID 1997; HERREID 1998; SÁ; QUEIROZ, 2010).

No Brasil, foi somente em meados de 1997 que essa metodologia chegou ao país, sendo no início atrelado ao currículo de cursos de medicina. Próximo de 2010, essa metodologia começou a expandir para outros cursos da área de ciências humanas, como direito e administração (SÁ; QUEIROZ, 2010).

A definição de casos das autoras contemporâneas Luciana P. Sá e Salete L. Queiroz no livro intitulado *Estudo de casos no ensino de química* de 2010:

Estudo de casos é um método que oferece aos estudantes a oportunidade de direcionar sua própria aprendizagem e investigar aspectos científicos e sociocientíficos, presentes em situações reais ou simuladas de complexidade variável. Esse método consiste na utilização de narrativas sobre dilemas vivenciados por pessoas que necessitam tomar decisões importantes a respeito de determinadas questões. (SÁ; QUEIROZ, 2010, p. 12)

Já Herreid que é um autor fundamental na “popularização do método estudo de caso no ensino de ciências” (SÁ; QUEIROZ, 2010, p. 13), define casos de maneira bem simples como sendo “histórias com mensagens” (HERREID, 1997; HERREID, 1998). Por outro lado, Herreid (1998) tenta categorizar tudo o que entra na sua definição de caso em quatro grandes categorias de tipo de casos. Variando no papel que o professor e os alunos terão em cada um deles. Essas quatro categorias são: Tarefa individual (“*individual assignment*”); Aula expositiva (“*lecture*”); Discussão (“*discussion*”); e atividade em pequenos grupos (“*small-group activities*”). (HERREID, 1998; SÁ; QUEIROZ, 2010, p. 23-24).

Uma breve conjuntura dessas quatro definições seria:

- Tarefa individual – O aluno trabalha sozinho, mas o professor consegue moldar e direcionar. Esse formato é onde o aluno tem que contar uma série de evento de maneira a transmitir uma mensagem, sendo exemplos desse formato: trabalhos de conclusão, dissertações, teses, e resumo de livros. (HERREID, 1998)
- Aula expositiva – O professor trabalha sozinho. Os casos são apresentados de maneira a atrair a atenção dos alunos, em curtas anedotas ou podendo ser histórias complexas e bem elaboradas de maneira a relatar como certa descoberta científica aconteceram podendo indiretamente abordar certas características da natureza da ciência, como acertos e erros dos cientistas. Mas sempre tendo objetivos específicos. (HERREID, 1998; SÁ; QUEIROZ, 2010)
- Discussão – Ambos alunos e professores trabalham juntos. O professor direciona as ideias dos alunos por meio de perguntas a respeito do tema. Herreid acredita que esse é um dos melhores métodos de se aplicar estudo de casos, sendo esse modelo o usado em faculdades de ciências humanas (direto, administração e economia). Esse modelo permite um diálogo maior dos alunos com o professor, pois permite que os alunos deem resposta na hora para o professor, e a partir das repostas obtidas o professor irá adicionando outros pontos e informações relevantes para direcionar a discussão de maneira a encontrar uma resposta para o caso. Importante salientar que Herreid afirma que devido ao formato usualmente usado de aula expositiva os professores não estão acostumados a liderar discussões. (HERREID, 1998; SÁ; QUEIROZ, 2010)
- Atividades em pequenos grupos – Pequenos grupos de alunos trabalham juntos. O professor tem função de supervisionar e direcionar os alunos nos principais pontos do caso. É muito utilizado nas faculdades de medicina, como a universidade de McMaster a qual revolucionou seu currículo por meio de casos (prontuário) de pacientes. Nesse formato os alunos com a supervisão do professor, focam nos problemas chaves do caso, tentando buscar resposta para as informações fornecidas nesse caso. Dependendo do professor, ele pode mandar os alunos escolherem um líder do grupo e dividir outras funções para cada membro do grupo, como um responsável para pesquisar as possíveis respostas para tal informação, e outros para serem responsáveis por escrever o que foi falado nas reuniões. Essas reuniões podem acontecer em certos intervalos de tempo, onde cada membro do grupo vai apresentar o que descobriu, e posteriormente designar novas perguntas para tentarem responder

nas próximas semanas, esse processo vai se repetindo até a solução do caso. Nesse formato voltado para o ensino de ciências Sá e Queiroz afirmam que a produção de um diário de bordo é importante para poder anotar o que foi discutido, as fontes consultadas, as obrigações de cada membro para aquela semana e poder no final compilar tudo que foi falado. (HERREID, 1998; SÁ; QUEIROZ, 2010)

2.3 A técnica condutimetria na química

O uso de técnicas condutimétricas é amplamente utilizado em várias áreas da química, como a físico-química para medições na subárea de eletroquímica (SARDENBERG, 2011); na área de química analítica a condutimetria é usada para titulações (BASTOS, 2015). E em química inorgânica pode ser usada para o cálculo de íon em solução e outras propriedades dos complexos, como a geometria da molécula pode ser determinada com o auxílio dessa técnica (TOMA *et al.*, 2014).

A Unidade de condutividade elétrica (representado por κ) pelo Sistema Internacional (SI) é o Siemens por metro (S/m) sendo diretamente relacionado com o inverso da resistência. A unidade de resistência é o ohm representada por Ω , e devido à relação entre resistência e condutividade em alguns lugares é possível encontrar a unidade de condutividade como sendo Ω^{-1} e mho (ohm escrito ao contrário) ambas as representações não são recomendadas pelo SI (LEVINE, 2008). A definição de Siemens está relacionada com a facilidade e o transporte de cargas, sendo diretamente dependente da quantidade de íons presentes (ATKINS, 2014)

A condutimetria também pode ser usada na área de química ambiental em relação a medida da qualidade da água, na resolução CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA) ainda não existe um valor padrão de condutividade, mas alguns estudos afirmam que águas de fontes naturais estão na faixa de condutividade de 10 a 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$, já em regiões poluídas a qualidade das águas podem chegar até 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (PIRATOBA, et al., 2017).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Produzir um material didático baseado na estratégia de ensino estudo de caso sobre condutimetria.

3.2 Objetivos específicos

- Testar a aplicabilidade de instrumentos de baixo custo que podem ser usados nas aulas experimentais de química frente ao roteiro que foi elaborada.
- Elaborar um experimento de química geral para ser aplicada no ensino superior utilizando de instrumentos de baixo custo.
- Elaborar um caso de forma a problematizar o conteúdo de condutometria.

4 METODOLOGIA E RESULTADOS

O roteiro experimental foi elaborado após realização de testes preliminares para avaliar a viabilidade dos experimentos, buscando deixar o roteiro formulado mais produtivo e interessante para o aluno. É interessante salientar que o roteiro foi elaborado de maneira a ter um caráter verificacional devido aos alunos estarem nos anos iniciais dos cursos.

Devido ao assunto de soluções ser referente aos primeiros períodos dos cursos de graduação (principalmente química industrial e licenciatura), não é esperado que os alunos já tenham visto muitos conteúdos de química. Sendo que os conhecimentos necessários para esse roteiro são principalmente as representações, reações químicas, sais, bases e ionização de compostos. Com a ideia de trabalhar a condutividade de soluções aquosas, foi elaborado um caso baseado em uma notícia, em inglês, sobre um acidente que ocorreu em agosto de 2021 (Vide a Figura 1).

Figura 1 – Captura de tela da página do facebook do perfil do escritório do sheriff da região onde aconteceu o incidente da notícia.



Fonte: Página do facebook de Penobscot County Sheriff's Office, acessado em dezembro de 2021.

A tradução dessa notícia feita pelo autor deste trabalho é a seguinte:

Eletrocussão em piscina de área de camping

Nessa segunda, nove de agosto às aproximadamente 14h30 o departamento de bombeiro de Eddington e o xerife do condado Penosbcot responderam a um chamado no acampamento Rio Gelado na rota 178 em Eddington sobre indivíduos que foram eletrocutados dentro da piscina.

Duas crianças e um adulto que estavam na piscina foram transportados de ambulância para o hospital com ferimentos graves.

O escritório do xerife está tendo assistência de conselho de eletricista do Maine, do departamento de bombeiros de Eddington e da estação elétrica de Versant. A piscina foi fechada até novas investigações e ser avaliada por completo. Essa investigação ainda continua na ativa.

Partindo disso, resolveu-se dividir a aula experimental em três partes as quais foram pensadas especificamente para esse caso funcionar como norteador e gerador de dúvidas. 1) Condutividade de diferentes soluções aquosas; 2) Fatores que afetam a condutividade em solução aquosas e 3) Condutividade no tratamento de uma piscina, a qual é diretamente relacionada com o caso.

Para a aula elaborou-se um roteiro com experimentos simples de maneira a funcionar como uma introdução do tema de condutividade e tentar aumentar o interesse dos alunos. Dessa maneira, na primeira parte do roteiro, introduziu-se um experimento para os alunos aferirem a condutividade de diferentes soluções aquosas. Ficando a critério e disponibilidade do professor o uso de mais ou menos amostras em solução. Para testar esse experimento foi aferido a condutividade de duas amostras de água disponível, que foi água destilada, e água da torneira do nosso laboratório. No caso da água destilada o valor que foi encontrado por nós foi de 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, já a amostra de água da torneira do nosso laboratório foi encontrada o valor de 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Como o objetivo dessa primeira parte é introduzir os alunos no tema, esse experimento tem como função permitir um primeiro contato do aluno com os equipamentos e com os procedimentos experimentais que serão usados durante toda aula. Abaixo está a introdução do roteiro (material do professor) junto com a primeira parte da aula.

Roteiro experimental de química geral

Título: Soluções aquosas

Tema: Propriedade das soluções – Condutividade elétrica.

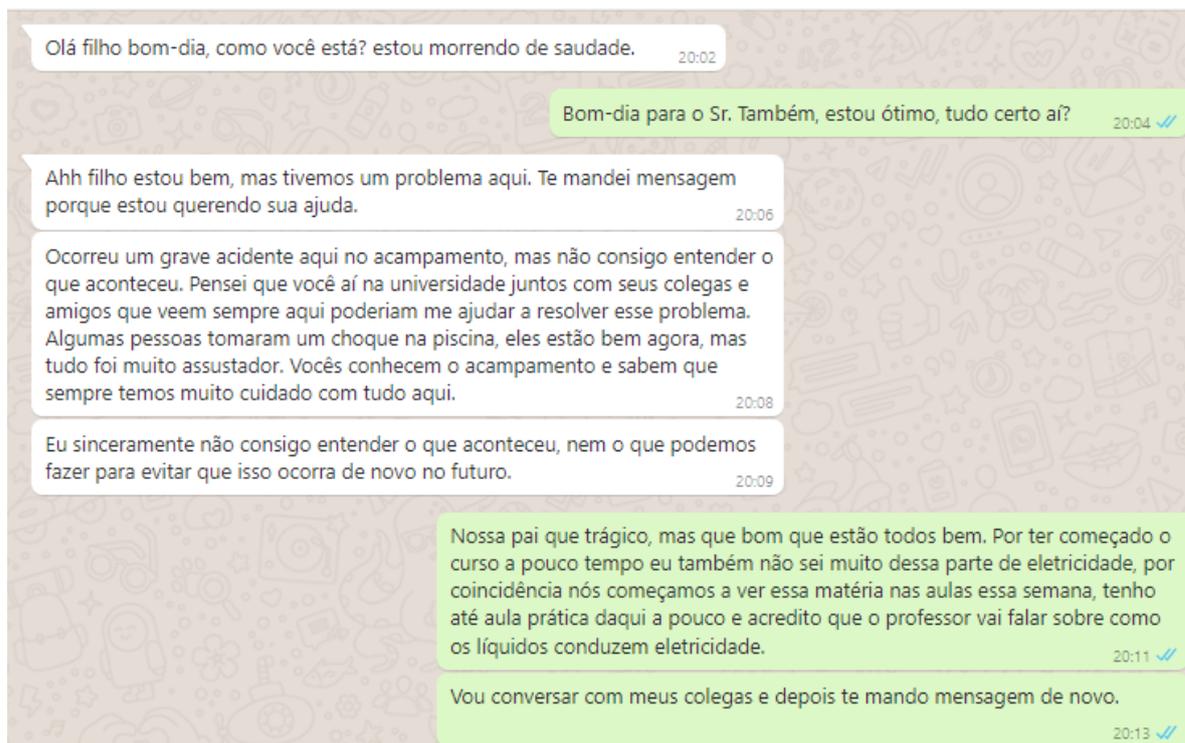
Objetivos:

- Avaliar a condutividade elétrica de soluções aquosas.
- Propor explicações, por meio de textos ou desenhos, para as observações encontradas.
- Propor as estruturas de íons e moléculas nas soluções discutidas.

O acampamento Rio Gelado está há mais de 20 anos em funcionamento, tendo mais de 100 funcionários e abrigando uma grande parte da fauna e flora da região. Sempre trabalhando com o ecoturismo e conscientização da importância de preservar a natureza. Nessa longa jornada pelo tempo nunca tiveram nenhum tipo de acidente tão grave como a recente eletrocussão ocorrida na piscina no verão de 2021.

Nesse fatídico dia, três pessoas sendo duas crianças sofreram ferimentos graves e tiveram que ser levadas com urgência ao hospital local. Toda a equipe e as pessoas que frequentavam o acampamento ficaram fortemente abaladas com o ocorrido.

O gerente do acampamento intrigado com esse evento resolveu mandar uma mensagem para o seu filho Enzo que é estudante da universidade local para tentar procurar entender o que aconteceu.



Vocês que são colegas do Enzo e farão a aula de propriedade elétrica de soluções devem buscar compreender o porquê de os visitantes do acampamento terem sofrido um choque ao se banharem na piscina.

Material e reagentes:

- Cloreto de sódio;
- Sulfato de alumínio;
- Água destilada e outras amostras de água;
- Hidróxido de sódio;
- Condutímetro;

PARTE 1 – CONDUTIVIDADE DE DIFERENTES SOLUÇÕES.

1 – Avaliar a condutividade da água destilada, água da torneira, e de outras amostras de água se disponível como água do mar, água da piscina, água de rios, água mineral, água com gás etc.

***** MATERIAL DO PROFESSOR *****

Para evitar complexidade, não se recomenda usar soluções tais como sucos ou isotônicos nessa parte dos experimentos, pois esses apresentaram um valor de condutividade mais elevado devido à presença de uma série de íons em solução.

a) Em um béquer de 50 mL adicionar aproximadamente 30 mL de água destilada. Usando o condutivímetro medir a condutividade dessa água.

b) Em um outro béquer de 50 mL adicionar aproximadamente 30 mL de água da torneira. Usando o condutivímetro medir a condutividade dessa água.

c) Repetir os procedimentos anteriormente para as outras amostras de água que estejam disponíveis.

2 – Após realização dos procedimentos acima, discutir os resultados observados.

***** MATERIAL DO PROFESSOR *****

Nessa parte o professor deve tentar fomentar discussões acerca do tema, direcionando os alunos para poderem pensar em íons presentes nessas soluções e no que diferencia a condutividade de solução em relação às outras.

No caso da água destilada o condutivímetro deve marcar um valor baixo o qual depende do quão destilada é essa água. Seria muito interessante usar água deionizada também, mas devido ao custo mais alto para obtenção dela, sua utilização nem foi citada, mas caso o professor tenha disponível é recomendando a sua utilização. É importante também instigar os alunos, mesmo que por meio de um experimento mental sobre a utilização da água deionizada quão destilada é essa água., o motivo de a condutividade ainda não ser zero/nula.

Exemplo: “Agora imaginando um tipo de água mais pura que a água destilada, a água deionizada que é uma água em que todos os íons externos são removidos. Vocês acreditam que o valor da condutividade seria zero? Alguém consegue sugerir hipóteses para isso acontecer?”

Caso nenhum dos alunos consiga pensar na razão para que isso aconteça o professor pode deixar a pergunta em aberto e pedir para os alunos tentarem pesquisar em casa ou ele pode ir fomentando a curiosidade dos alunos dando pistas como K_w ou pH. Até que eles associem que água vai apresentar íons H^+ e OH^- pois são íons que ocorrem naturalmente na solução devido à propriedade da água se auto ionizar.

No caso da água de torneira é esperado que o condutivímetro marque um valor bem mais alto que a água destilada devido à presença de vários outros íons metálicos e não metálicos

presentes nela. Esses íons são provenientes de fontes minerais em grande maioria variam dependendo da região de origem dessa amostra de água, mas também podem estar relacionados a contaminação da água ou por atividades mineradoras.

Outras amostras de águas citadas que são interessantes é a água do mar, de piscina, água mineral, e água com gás.

Água do mar: Vai possuir uma grande quantidade de íons em solução. Seus íons serão basicamente Na^+ e Cl^- mas muitos outros íons estarão presentes nesse tipo de amostra de água.

Água da Piscina: Depende muito de como essa piscina foi tratada ao longo do tempo e de a quanto tempo a água dessa piscina não é trocada. Em caso de piscinas com pouco tempo desde as últimas trocas de água, a quantidade de íons presentes vai ser a mesma que a água de torneira usada nessas piscinas. Já em caso de piscina onde não ocorre a troca de água há muito tempo, pode ocorrer uma acumulação de íons provenientes de todos os tratamentos ocorridos que não foram precipitados.

Água mineral: Vai possuir uma quantidade razoável de íons nessa amostra, mas muito parecida com os íons encontrado na água mineral, a presença dos íons vai depender da região onde essa água foi envasada, muitas dessas águas minerais compradas vem com informações nos rótulos sobre a condutividade, pH, e íons presentes.

Água com gás: Esse tipo de amostra de água é geralmente gaseificado de maneira artificial. Em que gás carbônico é inserido na água formando ácido carbônico. Considerando uma água mineral da mesma fonte, a água gasificada apresentar maior valor de condutividade devido à presença dos íons provenientes do ácido carbônico.

*****FIM DA PARTE 1*****

Para a segunda parte da aula elaborou-se experimentos dinâmicos para mostrar aos alunos fatores que podem afetar a condutividade. Duas situações foram exploradas: (i) variando a temperatura e (ii) variando a concentração de soluções.

Primeiramente, testou-se a variação da temperatura, de modo a preparar diferentes concentrações das soluções de cloreto de sódio (sal de cozinha foi usado) e analisar como a condutividade varia para com a variação da temperatura.

Uma solução mais concentrada que foi de 0,1000 mol/L foi preparada. A partir dessa solução estoque, preparou-se as demais soluções realizando diluições, obtendo-se as seguintes concentrações: 0,0100; 0,0010 e 0,0001 mol/L. Os valores de condutividade obtidos para cada umas das soluções em diferentes concentrações de NaCl estão representados na Tabela 1.

Para todas as soluções foi medido os valores das condutividades das soluções preparadas a temperatura ambiente (23 °C) (Tabela 1). Enquanto, para as duas soluções mais diluídas, foram realizadas medidas à temperatura de 0 °C e 40 °C. Ressalta-se que apenas as soluções diluídas foram escolhidas, pois são nelas que as variações de condutividade são mais sensíveis, podendo ser mais bem monitoradas.

Tabela 1: Valores encontrados para a condutividade ($\mu\text{S/cm}$) para as soluções de cloreto de sódio em diferentes concentrações e temperaturas.

Concentração de NaCl(aq)	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$), a 0 °C	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$), a 23 °C	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$), a 40 °C
0,1000	-	10000,0	-
0,0100	-	1180,0	-
0,0010	74,0	127,5	136,5
0,0001	11,2	16,5	18,8

Fonte.: Elaborado pelo autor.

Com os valores obtidos, observa-se uma tendência de que o aumento da temperatura contribui para o aumento da condutividade. Esta tendência pode ser abordada relacionado o efeito da temperatura com o aumento da energia cinética dos íons em solução.

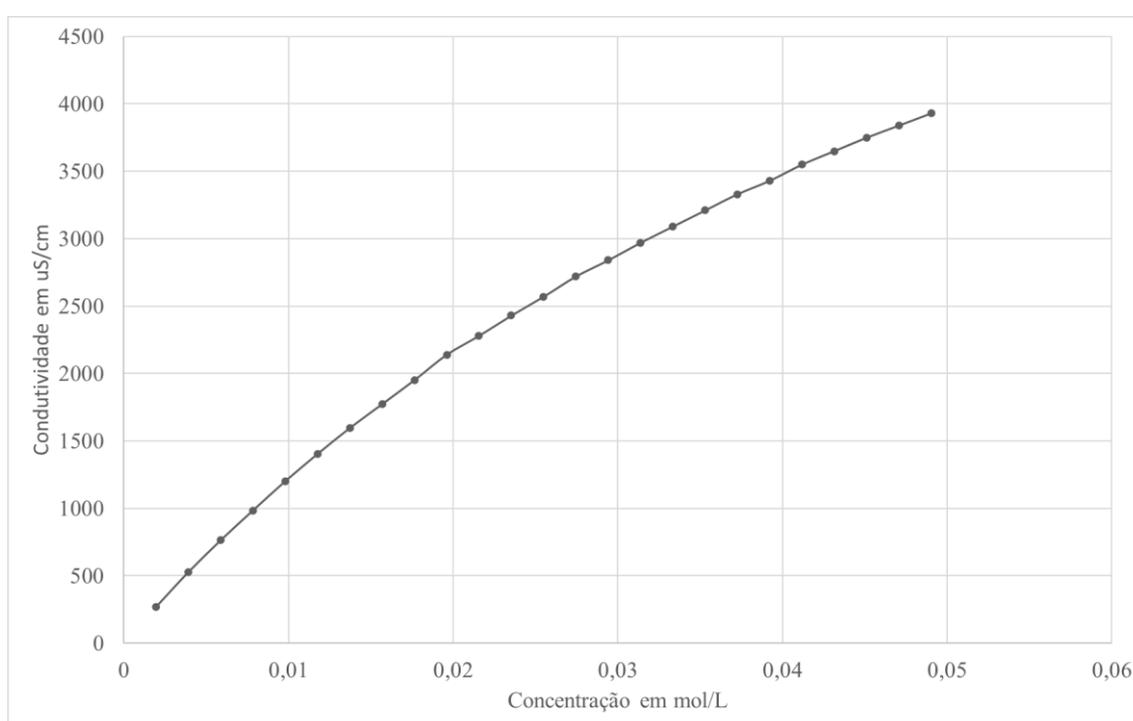
Como a variação da condutividade de solução são mais sensíveis ao aumento de íons em solução, investigou-se com mais detalhes a relação condutividade pela concentração de íons, realizando-se uma distribuição entre esta variáveis. Desse modo, observou-se que há um aumento da condutividade da solução e com o aumento da concentração da solução de NaCl, tal como esperado. Para a realização dos experimentos, escolheu-se o método do aumento da concentração do sal, por meio da adição sucessiva da solução de NaCl utilizando uma bureta.

A titulação foi realizada adicionando-se de 1 em 1 mL de solução de cloreto de sódio em 50 mL de água destilada e após cada adição a condutividade foi registrada. Realizou-se diferentes experimentos as concentrações da solução de cloreto de sódio na bureta de 0,0010, 0,0100 e 0,1000 mol/L. A solução de 0,0001 mol/L foi preparada, mas o fato desta solução ser

muito diluída, as variações nos valores de condutividade foram extremamente pequenas. Assim, não se recomenda utilizar abaixo de 0,0010 mol/L.

Na Figura 2 observa-se a variação da condutividade pelo aumento da concentração, obtida pela titulação da solução de 0,1000 mol/L de cloreto de sódio. Pode-se observar que esse gráfico (Figura 2) apresentou um formato exponencial, sendo evidente que o aumento da concentração levou ao aumento da condutividade dessa solução.

Figura 2 – Curva da condutividade em função da concentração feita para a titulação da solução 0,1000 mol/L NaCl.



Fonte.: Elaborado pelo autor.

O gráfico que foi obtido é condizente com a literatura, a qual indicava que para soluções mais diluídas o gráfico se aproximava de uma reta enquanto para soluções mais concentradas o gráfico tenderia a apresentar a aparência de uma curva. Esse fator se deve às interações que o aumento da concentração promoveria, como a atração entre íons a qual diminui a facilidade do transporte e movimento de cargas. (Levine, 2008, p. 498)

Devido à solução ser muito concentrada (0,1000 mol/L) observa-se uma grande variação da condutividade desde a primeira medida da solução de NaCl(aq). A condutividade inicial de 2,8 $\mu\text{S/cm}$ para foi direto 271 $\mu\text{S/cm}$, sendo um valor muito grande quando comparado com as outras soluções mais diluídas.

Abaixo segue a segunda parte do roteiro.

PARTE 2 – FATORES QUE AFETAM A CONDUTIVIDADE

3 – Avaliar fatores que podem afetar a condutividade das soluções. i) variação da temperatura; ii) Aumento da concentração de NaCl em água destilada.

Medir os valores de condutividade e fazer uma relação dos resultados obtidos com o meio microscópico.

***** MATERIAL DO PROFESSOR *****

A avaliação de diferentes fatores que podem alterar os valores de condutividade como adição de solvente, variação de temperatura, adição de outros íons e precipitação também é muito interessante, mas escolher trabalhar com adição de soluto nessa parte devido à facilidade de manipular as variáveis e de obter uma sequência de dados de maneira que se possa exprimir a relação entre condutividade pela concentração de íons. Desse modo, também será mais interessante para o aluno avaliar como isso vai acontecendo dentro da solução em termos submicroscópico.

- a) Em um béquer de 250 mL adicionar 100 mL de água destilada.
- b) Emergir o condutivímetro nesse béquer e anotar o valor da condutividade apresentado.
- c) Adicionar vagarosamente a solução de cloreto de sódio 1,000 mol/L com auxílio de uma bureta fazer 20 medições e anotar o valor da condutividade para cada volume adicionado da solução de NaCl.

***** MATERIAL DO PROFESSOR *****

Recomenda-se fazer 20 medições pois é uma quantidade suficiente de pontos para exprimir uma relação comportamento da condutividade pelo aumento de íons em solução. Devido ao curto tempo das aulas, é recomendado que cada grupo faça o experimento para uma dada concentração da solução de NaCl.

- d) Em outro béquer repetir os procedimentos anteriores, mas agora com as soluções de 0,1000, 0,0100 e 0,0010 mol/L e anotar o valor da condutividade para cada volume da solução adicionada.

Volume (mL) de NaCl(aq)	Condutividade para:			
	1,0000 mol/L	0,1000 mol/L	0,0100 mol/L	0,0010 mol/L
0				
1				
2				
4				
6				
8				
10				
12				
15				
17				
20				
23				
26				
29				
32				
35				
38				
41				
44				
47				
50				

e) Com ajuda do Excel® ou de outro programa similar para análise de gráficos, realize a distribuição de condutividade em função do volume da solução de NaCl adicionada e concentração da solução de NaCl.

f) O perfil obtido pelo gráfico seria o esperado? O que você observa nos limites superiores e inferiores (duas pontas extremas) do gráfico, como a solução se comporta nessas regiões.

4 – Sobre os procedimentos feitos acima, discuta com seu professor e colegas os fenômenos observados.

***** MATERIAL DO PROFESSOR *****

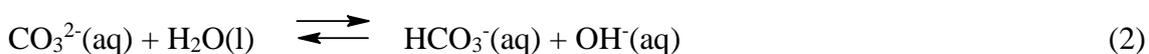
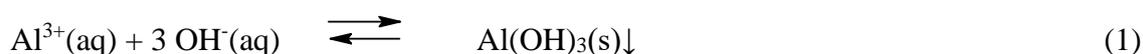
É muito importante discutir no quadro com os alunos os valores que eles obtiveram para cada concentração. O professor pode fazer no quadro um gráfico resumido dos valores que

todos os grupos obtiveram e comparar como as curvas se diferenciaram umas das outras e como a condutividade se comportou no início e no final do experimento, relacionando com os aspectos submicroscópicos.

FIM DA PARTE 2

Na terceira parte o roteiro, escolheu-se trazer um experimento que relacionava diretamente com o caso. Desse modo, procura-se trabalhar com reagentes que são usados no tratamento de águas de piscinas atuando sobre a turbidez e pH, que é o sulfato de alumínio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e o carbonato de sódio Na_2CO_3 . Nesta parte, não foi incluído o cloro que é outro componente utilizado, mas com a função de eliminar microrganismos pela oxidação de matéria orgânica. Os reagentes $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e Na_2CO_3 quando em solução apresentam uma alta condutividade devido à presença de muitos íons na sua composição. No caso do sulfato de alumínio são cinco íons e no caso do carbonato de sódio são três íons por unidade. Mas quando esses dois produtos são misturados em quantidades específicas a condutividade da solução sofre um abaixamento na quantidade de íons, decorrente da precipitação dos íons de alumínio.

Para obter o efeito desejado, que envolve a efetiva precipitação dos íons Al^{3+} , fez-se uma leve mudança na estratégia inicial em relação aos reagentes utilizados. O objetivo de se trabalhar com o carbonato de sódio (base fraca em solução) que em água essa substância elevaria o pH do meio, tornando a solução mais alcalina e aumentando por consequência a quantidade de íons hidróxido no meio. A quantidade de íons hidróxido é extremamente importante, pois esses íons reagem com os íons alumínio do meio, levando a precipitação do sal hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$) (Equação 1). Mas devido ao fato ao carbonato ser uma base fraca que, em solução, estará em equilíbrio (Equação 2), isso não permite determinar, de uma maneira direta, a quantidade de íons hidróxido em solução. Assim, escolheu-se o hidróxido de sódio que é uma base forte, a fim de alcalinizar o meio. Testou-se diferentes concentrações de hidróxido de sódio para definir a melhor concentração de trabalho. Depois de alguns ensaios com soluções diluídas conseguiu-se efeito desejado em concentrações a 0,01 mol/L.



A Figura 3a abaixo demonstra a solução obtida pela precipitação do hidróxido de alumínio que apresenta um aspecto coloidal e esbranquiçado. É possível observar a coloração clara que a solução ficou quando misturada em proporções ideais. Já na Figura 3b pode-se observar a montagem utilizada para obter os valores de quantidades ideais de cada solução. Assim como no procedimento anterior, escolheu-se trabalhar com uma titulação junto com a condutometria para obter-se os valores de condutividade.

Figura 3 – Fotografia a) mostrando a formação de precipitado de hidróxido de alumínio. b) equipamentos que foram utilizados para testar a aplicabilidade do experimento.



Fonte: Fotografia feito pelo autor, novembro de 2021.

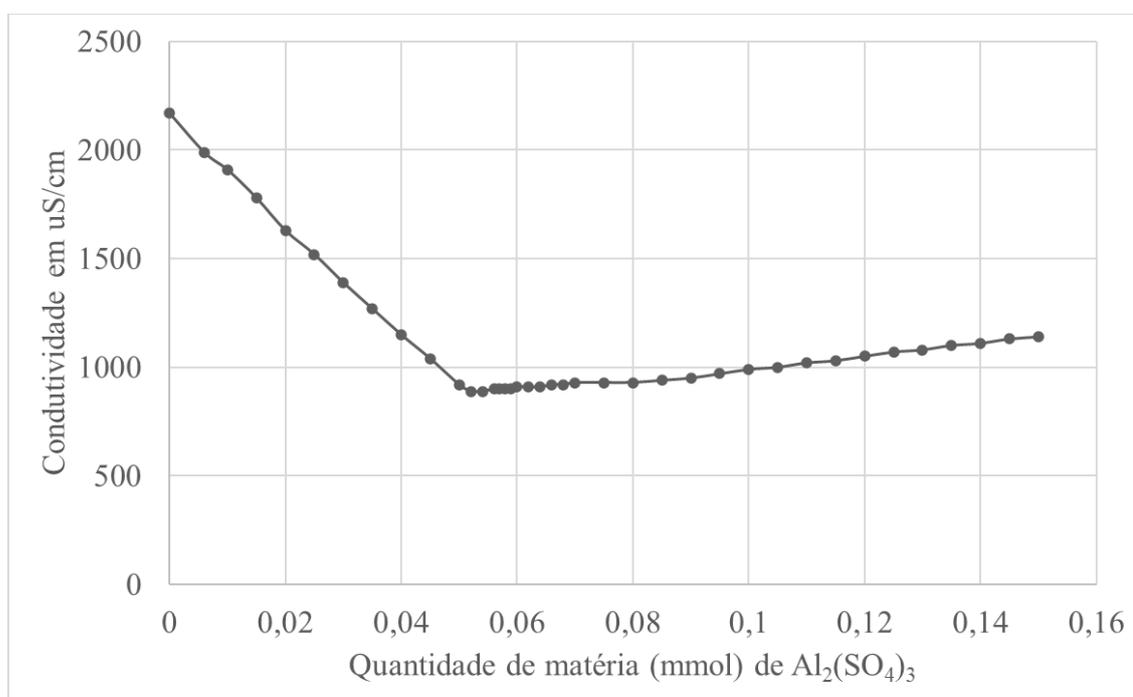
A variação da quantidade de íons alumínio na solução em função da condutividade forneceu uma curva muito interessante onde é possível observar o valor da condutividade diminuído em um primeiro momento (Figura 3). Nessa situação inicial, a quantidade de íons hidróxido é muito alta e a quantidade de alumínio é pequena. A medida que se adiciona mais íons alumínio, a reação com hidróxido ocorre e a condutividade diminui, pois a formação de $(\text{Al}(\text{OH})_3)$ retira íons OH^- da solução inicial e os íons alumínio que são adicionados também são retirados da solução pela precipitação.

Com a evolução do experimento, em que faz-se a adição sucessiva de íons alumínio, existe uma região onde a condutividade para de diminuir, sendo um indicativo que a maior parte do hidróxido foi consumido. Este comportamento deve ser explorado durante a aula prática. Outro aspecto a ser mencionado é: por que a condutividade não atinge um valor muito abaixo,

tendendo a zero? Deve-se enfatizar que durante a execução do experimento a adição de outros íons que permanecem em solução, tais como o íon sódio proveniente do hidróxido de sódio, e o íon sulfato proveniente do sulfato de alumínio. Desta maneira a solução sempre será eletrolítica.

Após atingir uma região de estabilidade da condutividade que ocorre depois de 0,0530 mmol de íons alumínio terem sido adicionados a solução, a contínua adição de íons alumínio provoca uma nova variação na condutividade, mas agora aumentando seu valor. A Figura 4 demonstra a variação da condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) em função da quantidade de íons alumínio (mmol) que foram adicionados.

Figura 4 – Curva da condutividade feita para a solução 0,0100 mol/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ em 47,5 mL da solução de NaOH 0,0100 mol/L.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

É interessante destacar que a proporção entre a quantidade de íon alumínio e a quantidade de íon hidróxido deu próximo de 1:3 (1 mol de Al_3^+ : para 3 mol OH^-). A região de estabilidade deu em 0,053 mmol de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (aq), assim pela equação geral (4) a quantidade de NaOH (aq) consumida teórica seria de 0,318 mmol, mas a quantidade prática foi de 0,475 mmol de NaOH (aq).



Acredita-se que esse desvio pode estar associado a dois principais fatores. O primeiro e mais relevante é que ambos os reagentes são muito hidrocópicos, desse modo absorvem o vapor de água presente no ambiente de maneira que ao medir a massa na balança parte da água absorvida por eles foram contabilizados. O segundo fator foi que nenhum dos reagentes utilizados são padrões primários, desse modo eles precisariam ter sua concentração conferida para ter certeza do valor. O que seria muito simples de padronizar num laboratório de ensino.

À medida que essa quantidade de íons alumínio vai aumentando a condutividade diminuirá. Até que certo momento a condutividade da solução para de diminuir e começa a aumentar. Esse aumento da condutividade é um indicativo que todo o íon hidróxido disponível reagiu com o íon alumínio, atingindo um equilíbrio. O aumento da condutividade é um indicativo que a quantidade de íons alumínio estão em excesso em solução e não estão sendo precipitados.

Abaixo segue a terceira parte do roteiro.

PARTE 3 – Condutividade no tratamento de uma piscina.

5 – Leia o texto abaixo e realize os experimentos propostos.

Dois produtos que são usados para o tratamento de piscina são o sulfato de alumínio e carbonato de sódio. O sulfato de alumínio é um importante agente removedor da turbidez da água. Em solução o íon alumínio reage com os íons hidróxido formando o precipitado hidróxido de alumínio que devido à sua grande massa tenderá a se decantar para o fundo da piscina, arrastando toda a sujeira junto com ele.



O carbonato de sódio tem um outro papel que é o de tornar o pH da solução levemente alcalino para ajustar o pH e fornecer íons hidróxido para que seja precipitado com o alumínio.



- I. Medir a condutividade da água destilada.
 - a. Qual o valor da condutividade medido?
 - b. Como você explica esse valor mesmo a água sendo destilada?

- c. Esse resultado era esperado pelo seu grupo? Em caso negativo, explique.
- II. Medir a condutividade da solução **0,01000 mol/L** de sulfato de alumínio ($\text{Al}_3(\text{SO}_4)_3$) que é um reagente utilizado para o tratamento de piscina.
- Qual o valor da condutividade?
 - Como você explica esse valor?
 - A solução é eletrolítica ou não eletrolítica?
 - Esse composto vai apresentar íons em solução? Se sim quantos por mol?
 - Esse resultado era esperado pelo seu grupo? Em caso negativo, explique.
 - Comparada com as outras soluções de concentração próxima (NaCl), a condutividade foi maior ou menor? Como você explica esse fenômeno?
- III. Comparando a água destilada e solução de sulfato de alumínio elabore por meio de desenhos o que você acredita acontecer de diferente com essas duas soluções para ter observado tais diferenças na condutividade.
- IV. Medir a condutividade da solução 0,0100 mol/L de hidróxido de sódio (NaOH) que desempenhará um papel análogo ao carbonato de sódio (Na_2CO_3) um outro reagente utilizado para o tratamento de piscina.
- Qual o valor da condutividade?
 - Como você explica esse valor?
 - Esses compostos citados anteriormente vão apresentar íons em solução? Se sim, quantos?
 - Esse resultado era esperado pelo seu grupo? Em caso negativo, explique.
 - Comparada com as outras soluções de concentração próxima, a condutividade foi maior ou menor? Como você explica esse fenômeno?
- V. Comparando as soluções de hidróxido de sódio e sulfato de alumínio elabore por meio de desenhos o que você acredita estar acontecendo de diferente com essas duas soluções para ter observado tais diferenças na condutividade.
- VI. Adicionar exatamente 50 mL da solução de hidróxido de sódio 0,0100 mol/L em um béquer de 100 mL.
- VII. Adicionar 1 mL da solução de sulfato de alumínio nesse mesmo béquer e medir a condutividade da solução.
- VIII. Repetir o procedimento anterior até que o volume de sulfato de alumínio nesse béquer seja de 4 mL.

- IX. Agora com a ajuda de um conta-gotas adicionar gota a gota da solução de sulfato de alumínio e ir medido a condutividade gota após gota até que o valor da condutividade comece a aumentar.
- X. Quando perceber que a condutividade da solução está aumentando continuar repetir o procedimento anterior por mais 10 gotas.
- XI. Ir adicionando 1 mL da solução sulfato de alumínio e observar a condutividade, até que a solução adicionada seja igual a 5 mL.
- XII. Sobre a condutividade da solução obtida.
- Qual o valor da condutividade inicial e final?
 - Como você explica essa diferença de valores?
 - Analisando o primeiro valor da condutividade que foi obtido, quais espécies (mol ou íon) estavam presentes?
 - Nesse primeiro valor, quais espécies você acredita estar em maior quantidade?
 - Para a região onde a condutividade foi a menor encontrada, quais espécies estavam em maior quantidade?
 - Para o último valor de condutividade, qual espécie estava em maior quantidade?
- XIII. Sobre a região de menor condutividade
- O valor da condutividade obtido era esperado pelo seu grupo? Em caso negativo, explique.
- XIV. Discuta em grupo e proponha por meio de desenhos uma ou mais estruturas para todo os compostos formados em solução, lembre-se de representar corretamente os íons e as moléculas.
- XV. Após concluir os procedimentos acima e responder as perguntas no seu caderno discuta com o professor e colegas as respostas que vocês chegaram.

***** MATERIAL DO PROFESSOR *****

É muito importante discutir no quadro com os alunos os valores que eles obtiveram para cada concentração e as respostas de cada pergunta. O professor pode fazer no quadro, um gráfico resumindo os valores que todos os grupos obtiveram e comparar o comportamento da curva e como a condutividade se comportou no início e no final do experimento, relacionando com os aspectos submicroscópicos.

Foi escolhido simplificar para os alunos com uma montagem mais simples dos equipamentos utilizando conta-gotas e balão volumétrico de 1 mL, mas o professor pode optar por utilizar uma bureta para obter mais pontos ao fazer a variação da condutividade pela adição da solução de sulfato de alumínio.

*****FIM DA PARTE 3*****

Também foi elaborado um conjunto de questões acerca do tema para ajudar o aluno a revisar os conteúdos aprendidos. Algumas dessas questões tem um grau de dificuldade maior e podem estar relacionados como uma maior interdisciplinaridade com outras áreas da química como a inorgânica e bioquímica fica a critério do professor aplicar ou não tais questões.

Segue abaixo essas questões

6 – Questões pós-laboratório:

- I. Por que você acredita que foi utilizado o hidróxido de sódio no lugar do carbonato de sódio? O sódio vai apresentar algum papel?
- II. Considerando uma solução hipotética de Na_2CO_3 0,0100 mol/L e comparando com as outras soluções 0,0100 mol/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, NaOH e NaCl que tiveram a condutividade medida. Como pode-se relacionar a fórmula reduzida com a quantidade de íons dessas soluções sendo que elas apresentam a mesma concentração?
- III. Quando estamos desidratados é recomendado a ingestão de isotônicos. Os isotônicos apresentam alta condutividade, isso é um indicativo de uma alta concentração de quê em solução?
- IV. Faça um experimento mental, em que você está medindo a condutividade de uma água destilada, e aos poucos você está colocando sal de cozinha na água. A condutividade dessa solução vai aumentar muito ao colocar uma pequena quantidade de sal, mas à medida que vai se colocando mais sal a condutividade varia menos, até chegar um ponto onde ela não vai mais aumentar, como você explica esse fato?
- V. Como é possível existir íons em uma amostra de água destilada/deionizada?
- VI. Considerando a solução de um aminoácido, como é possível essa solução conduzir eletricidade?

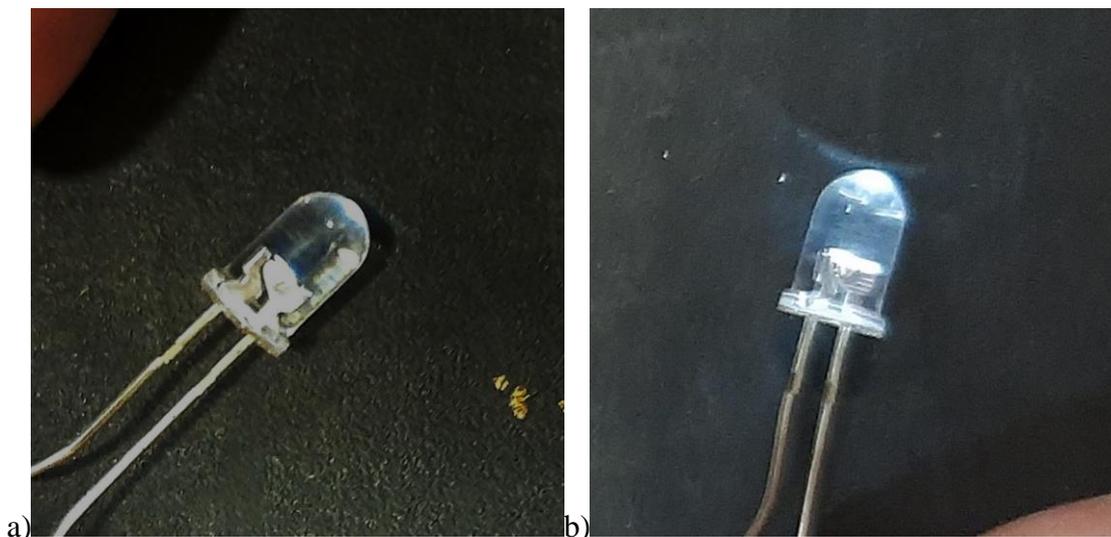
- VII. Considerando os dois sais complexos $K_4[Fe(CN)_6]$ e $K_3[Fe(CN)_6]$, qual dos dois você espera que apresente maior e menor condutividade na mesma concentração molar? Justifique sua resposta.
- VIII. (P. Atkins, 2011) O sólido de fórmula $CoCl_3 \cdot 5NH_3 \cdot H_2O$ é rosa. Quando uma solução deste sólido é titulada com uma solução aquosa de $AgNO_3$ são formados 3 mols de $AgCl$. Quando o sólido rosa é aquecido, 1 mol de H_2O é perdido, formando-se um sólido púrpura. O sólido púrpuro produz 2 mols de $AgCl$ quando tratado com solução de $AgNO_3$. Deduza a estrutura dos dois complexos octaédricos de cobalto e escreva seus nomes corretamente.

FIM DAS QUESTÕES

Como uma das propostas iniciais desse trabalho foi trazer experimentos simples, testes preliminares foram feitos com led e pilhas como alternativa a utilização do condutímetro comprado.

Os testes preliminares mostraram que o brilho do led podem variar à medida que a condutividade da solução aumenta, abaixo tem-se duas fotografias que mostram como o brilho do led aumentou quando houve um aumento da condutividade. Na Figura 5 a) vê-se um led com um brilho fraco quando foi usado uma solução com condutividade de $47 \mu S/cm$. Já na Figura 5 b) pode-se observar o brilho mais intenso desse mesmo led quando a condutividade da solução foi aumentada para $1248 \mu S/cm$.

Figura 5 – Fotografia em a) Led com menor brilho. b) led com maior brilho.



Fonte: Fotografias feitas pelo autor em novembro de 2021.

O material do aluno e do professor na íntegra pode ser consultado nos apêndices.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um roteiro de aula experimental foi elaborado considerando a estratégia de ensino estudo de caso. O material é composto por diferentes experimentos que foram bem fundamentados e explorados nesse trabalho. O roteiro de aula experimental abarca o conteúdo de condutometria associado ao de propriedades eletrolíticas das soluções que são fundamentais para os estudantes de química e de outros cursos.

Espera-se que o material elaborado possa ser utilizado no futuro nas aulas de química experimentais. Espera-se, também, que essa estratégia de ensino, o estudo de caso, possa ser mais divulgada e possa instigar o interesse e curiosidade dos estudantes sobre os assuntos da aula. Sugere-se que a utilização de led é promissor para uma abordagem futura de novos trabalhos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAMAS, Ian; MILLAR, Robin. Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 14, p. 1945-1969, 2008.

ARTDEJ, Romklao et al. Thai Grade 11 students' alternative conceptions for acid–base chemistry. **Research in Science & Technological Education**, v. 28, n. 2, p. 167-183, 2010.

ATKINS, Peter; PAULA, Julio de. **Physical chemistry thermodynamics, structure, and change**. WH Freeman and Company New York, 2014.

BASTOS, Erick Juan Melo. **Uma revisão sobre química eletroanalítica: análise condutimétrica, seus conceitos e aplicações**. 2015. 42 f. Monografia em Química Industrial – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015

BRASIL, LEI No 9394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Brasília, DF, 1996.

CAAMAÑO, Aureli. ¿Cómo transformar los trabajos prácticos tradicionales en trabajos prácticos investigativos. **Aula de innovación educativa**, v. 113, p. 21-26, 2002.

GIORDAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química nova na escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.

HERREID, Clyde Freeman. What is a case. **Journal of College Science Teaching**, v. 27, n. 2, 1997.

HERREID, Clyde Freeman. Sorting potatoes for Miss Bonner. **Journal of College Science Teaching**, v. 27, n. 4, 1998.

LEVINE, Ira N.; **Physical chemistry**. Ed 6. New York, EUA: McGraw-Hill, 2009.

MUNFORD, Danusa; LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 9, p. 89-111, 2007.

KILROY, D. A. Problem based learning. **Emergency medicine journal**, v. 21, n. 4, p. 411-413, 2004.

OLIVEIRA, JRS de. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010.

ÖZMEN, Haluk; DEMİRCİOĞLU, Gökhan; COLL, Richard K. A comparative study of the effects of a concept mapping enhanced laboratory experience on Turkish high school students' understanding of acid-base chemistry. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 7, n. 1, p. 1-24, 2009.

PIRATOBA, Alba Rocio Aguilar et al. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017.

ROSITO, Berenice Álvares. O ensino de ciências e a experimentação. **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**, v. 3, p. 195-208, 2003.

SARDENBERG, Roberto Batista. Princípios físicos da impedância de uma célula eletroquímica e sua aplicação na determinação da condutividade de soluções de moléculas de fulerenol. 2011. 55 f. Dissertação em Física da matéria condensada - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de caso no ensino de química**. 2. ed. São Paulo: Átomo, 2010.

SHERIFF'S OFFICE, P. C; Maine, EUA; 09 ago. 2021; **Facebook**; Disponível em <<https://www.facebook.com/1594339877489342/photos/a.1598351340421529/3028435787413070>>; Acessado em: 01 dezembro 2021.

SILVA, RR da; MACHADO, Patrícia Fernandes L.; TUNES, Elizabeth. Experimentar sem medo de errar. **Ensino de química em foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, p. 231-261, 2010.

TOMA, Henrique E. Alfred Werner and Heinrich Rheinboldt: genealogy and scientific legacy. **Química Nova**, v. 37, n. 3, p. 574-581, 2014.

7 APÊNDICE A – Material do professor

Roteiro experimental de química geral

Título: Soluções aquosas

Tema: Propriedade das soluções – Condutividade elétrica.

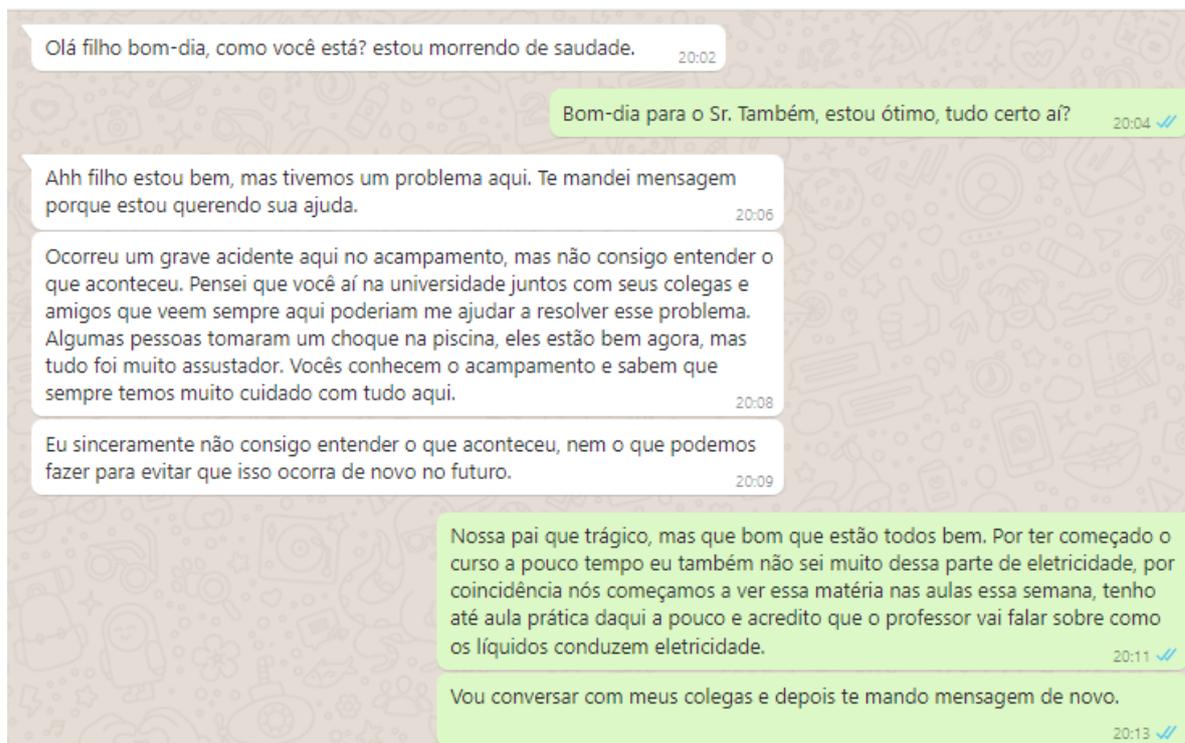
Objetivos:

- Avaliar a condutividade elétrica de soluções aquosas.
- Propor explicações, por meio de textos ou desenhos, para as observações encontradas.
- Propor as estruturas de íons e moléculas nas soluções discutidas.

O acampamento Rio Gelado está há mais de 20 anos em funcionamento, tendo mais de 100 funcionários e abrigando uma grande parte da fauna e flora da região. Sempre trabalhando com o ecoturismo e conscientização da importância de preservar a natureza. Nessa longa jornada pelo tempo nunca tiveram nenhum tipo de acidente tão grave como a recente eletrocussão ocorrida na piscina no verão de 2021.

Nesse fatídico dia, três pessoas sendo duas crianças sofreram ferimentos graves e tiveram que ser levadas com urgência ao hospital local. Toda a equipe e as pessoas que frequentavam o acampamento ficaram fortemente abaladas com o ocorrido.

O gerente do acampamento intrigado com esse evento resolveu mandar uma mensagem para o seu filho Enzo que é estudante da universidade local para tentar procurar entender o que aconteceu.



Vocês que são colegas do Enzo e farão a aula de propriedade elétrica de soluções devem buscar compreender o porquê de os visitantes do acampamento terem sofrido um choque ao se banharem na piscina.

Material e reagentes:

- Cloreto de sódio;
- Sulfato de alumínio;
- Água destilada e outras amostras de água;
- Hidróxido de sódio;
- Condutímetro;

PARTE 1 – CONDUTIVIDADE DE DIFERENTES SOLUÇÕES.

1 – Avaliar a condutividade da água destilada, água da torneira, e de outras amostras de água se disponível como água do mar, água da piscina, água de rios, água mineral, água com gás etc.

***** MATERIAL DO PROFESSOR *****

Para evitar complexidade, não se recomenda usar soluções tais como sucos ou isotônicos nessa parte dos experimentos, pois esses apresentaram um valor de condutividade mais elevado devido à presença de uma série de íons em solução.

a) Em um béquer de 50 mL adicionar aproximadamente 30 mL de água destilada. Usando o condutivímetro medir a condutividade dessa água.

b) Em um outro béquer de 50 mL adicionar aproximadamente 30 mL de água da torneira. Usando o condutivímetro medir a condutividade dessa água.

c) Repetir os procedimentos anteriormente para as outras amostras de água que estejam disponíveis.

2 – Após realização dos procedimentos acima, discutir os resultados observados.

***** MATERIAL DO PROFESSOR *****

Nessa parte o professor deve tentar fomentar discussões acerca do tema, direcionando os alunos para poderem pensar em íons presentes nessas soluções e no que diferencia a condutividade de solução em relação às outras.

No caso da água destilada o condutivímetro deve marcar um valor baixo o qual depende do quão destilada é essa água. Seria muito interessante usar água deionizada também, mas devido ao custo mais alto para obtenção dela, sua utilização nem foi citada, mas caso o professor tenha disponível é recomendando a sua utilização. É importante também instigar os alunos, mesmo que por meio de um experimento mental sobre a utilização da água deionizada quão destilada é essa água., o motivo de a condutividade ainda não ser zero/nula.

Exemplo: “Agora imaginando um tipo de água mais pura que a água destilada, a água deionizada que é uma água em que todos os íons externos são removidos. Vocês acreditam que o valor da condutividade seria zero? Alguém consegue sugerir hipóteses para isso acontecer?”

Caso nenhum dos alunos consiga pensar na razão para que isso aconteça o professor pode deixar a pergunta em aberto e pedir para os alunos tentarem pesquisar em casa ou ele pode ir fomentando a curiosidade dos alunos dando pistas como K_w ou pH. Até que eles associem que água vai apresentar íons H^+ e OH^- pois são íons que ocorrem naturalmente na solução devido à propriedade da água se auto ionizar.

No caso da água de torneira é esperado que o condutivímetro marque um valor bem mais alto que a água destilada devido à presença de vários outros íons metálicos e não metálicos

presentes nela. Esses íons são provenientes de fontes minerais em grande maioria variam dependendo da região de origem dessa amostra de água, mas também podem estar relacionados a contaminação da água ou por atividades mineradoras.

Outras amostras de águas citadas que são interessantes é a água do mar, de piscina, água mineral, e água com gás.

Água do mar: Vai possuir uma grande quantidade de íons em solução. Seus íons serão basicamente Na^+ e Cl^- mas muitos outros íons estarão presentes nesse tipo de amostra de água.

Água da Piscina: Depende muito de como essa piscina foi tratada ao longo do tempo e de a quanto tempo a água dessa piscina não é trocada. Em caso de piscinas com pouco tempo desde as últimas trocas de água, a quantidade de íons presentes vai ser a mesma que a água de torneira usada nessas piscinas. Já em caso de piscina onde não ocorre a troca de água há muito tempo, pode ocorrer uma acumulação de íons provenientes de todos os tratamentos ocorridos que não foram precipitados.

Água mineral: Vai possuir uma quantidade razoável de íons nessa amostra, mas muito parecida com os íons encontrados na água mineral, a presença dos íons vai depender da região onde essa água foi envasada, muitas dessas águas minerais compradas vem com informações nos rótulos sobre a condutividade, pH, e íons presentes.

Água com gás: Esse tipo de amostra de água é geralmente gaseificado de maneira artificial. Em que gás carbônico é inserido na água formando ácido carbônico. Considerando uma água mineral da mesma fonte, a água gasificada apresentar maior valor de condutividade devido à presença dos íons provenientes do ácido carbônico.

FIM DA PARTE 1

PARTE 2 – FATORES QUE AFETAM A CONDUTIVIDADE

3 – Avaliar fatores que podem afetar a condutividade das soluções. i) variação da temperatura; ii) Aumento da concentração de NaCl em água destilada.

Medir os valores de condutividade e fazer uma relação dos resultados obtidos com o meio microscópico.

*** MATERIAL DO PROFESSOR ***

A avaliação de diferentes fatores que podem alterar os valores de condutividade como adição de solvente, variação de temperatura, adição de outros íons e precipitação também é muito interessante, mas escolher trabalhar com adição de soluto nessa parte devido à facilidade de manipular as variáveis e de obter uma sequência de dados de maneira que se possa exprimir a relação entre condutividade pela concentração de íons. Desse modo, também será mais interessante para o aluno avaliar como isso vai acontecendo dentro da solução em termos submicroscópico.

- a) Em um béquer de 250 mL adicionar 100 mL de água destilada.
- b) Emergir o condutivímetro nesse béquer e anotar o valor da condutividade apresentado.
- c) Adicionar vagarosamente a solução de cloreto de sódio 1,000 mol/L com auxílio de uma bureta fazer 20 medições e anotar o valor da condutividade para cada volume adicionado da solução de NaCl.

***** MATERIAL DO PROFESSOR *****

Recomenda-se fazer 20 medições pois é uma quantidade suficiente de pontos para exprimir uma relação comportamento da condutividade pelo aumento de íons em solução. Devido ao curto tempo das aulas, é recomendado que cada grupo faça o experimento para uma dada concentração da solução de NaCl.

- d) Em outro béquer repedir os procedimentos anteriores, mas agora com as soluções de 0,1000, 0,0100 e 0,0010 mol/L e anotar o valor da condutividade para cada volume da solução adicionada.

Volume (mL) de NaCl(aq)	Condutividade para:			
	1,0000 mol/L	0,1000 mol/L	0,0100 mol/L	0,0010 mol/L
0				
1				
2				
4				
6				
8				
10				
12				
15				

17				
20				
23				
26				
29				
32				
35				
38				
41				
44				
47				
50				

e) Com ajuda do Excel® ou de outro programa similar para análise de gráficos, realize a distribuição de condutividade em função do volume da solução de NaCl adicionada e concentração da solução de NaCl.

f) O perfil obtido pelo gráfico seria o esperado? O que você observa nos limites superiores e inferiores (duas pontas extremas) do gráfico, como a solução se comporta nessas regiões.

4 – Sobre os procedimentos feitos acima, discuta com seu professor e colegas os fenômenos observados.

***** MATERIAL DO PROFESSOR *****

É muito importante discutir no quadro com os alunos os valores que eles obtiveram para cada concentração. O professor pode fazer no quadro um gráfico resumido dos valores que todos os grupos obtiveram e comparar como as curvas se diferenciaram umas das outras e como a condutividade se comportou no início e no final do experimento, relacionando com os aspectos submicroscópicos.

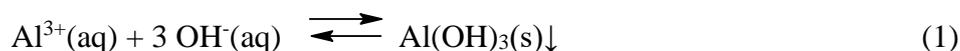
*****FIM DA PARTE 2*****

PARTE 3 – Condutividade no tratamento de uma piscina.

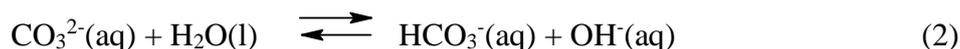
5 – Leia o texto abaixo e realize os experimentos propostos.

Dois produtos que são usados para o tratamento de piscina são o sulfato de alumínio e carbonato de sódio. O sulfato de alumínio é um importante agente removedor da turbidez da água. Em solução o íon alumínio reage com os íons hidróxido formando o precipitado hidróxido

de alumínio que devido à sua grande massa tenderá a se decantar para o fundo da piscina, arrastando toda a sujeira junto com ele.



O carbonato de sódio tem um outro papel que é o de tornar o pH da solução levemente alcalino para ajustar o pH e fornecer íons hidróxido para que seja precipitado com o alumínio.



- I. Medir a condutividade da água destilada.
 - a. Qual o valor da condutividade medido?
 - b. Como você explica esse valor mesmo a água sendo destilada?
 - c. Esse resultado era esperado pelo seu grupo? Em caso negativo, explique.
- II. Medir a condutividade da solução **0,01000 mol/L** de sulfato de alumínio ($\text{Al}_3(\text{SO}_4)_3$) que é um reagente utilizado para o tratamento de piscina.
 - a. Qual o valor da condutividade?
 - b. Como você explica esse valor?
 - c. A solução é eletrolítica ou não eletrolítica?
 - d. Esse composto vai apresentar íons em solução? Se sim quantos por mol?
 - e. Esse resultado era esperado pelo seu grupo? Em caso negativo, explique.
 - f. Comparada com as outras soluções de concentração próxima (NaCl), a condutividade foi maior ou menor? Como você explica esse fenômeno?
- III. Comparando a água destilada e solução de sulfato de alumínio elabore por meio de desenhos o que você acredita acontecer de diferente com essas duas soluções para ter observado tais diferenças na condutividade.
- IV. Medir a condutividade da solução 0,0100 mol/L de hidróxido de sódio (NaOH) que desempenhará um papel análogo ao carbonato de sódio (Na_2CO_3) um outro reagente utilizado para o tratamento de piscina.
 - a. Qual o valor da condutividade?
 - b. Como você explica esse valor?
 - c. Esses compostos citados anteriormente vão apresentar íons em solução? Se sim, quantos?
 - d. Esse resultado era esperado pelo seu grupo? Em caso negativo, explique.

- e. Comparada com as outras soluções de concentração próxima, a condutividade foi maior ou menor? Como você explica esse fenômeno?
- V. Comparando as soluções de hidróxido de sódio e sulfato de alumínio elabore por meio de desenhos o que você acredita estar acontecendo de diferente com essas duas soluções para ter observado tais diferenças na condutividade.
- VI. Adicionar exatamente 50 mL da solução de hidróxido de sódio 0,0100 mol/L em um béquer de 100 mL.
- VII. Adicionar 1 mL da solução de sulfato de alumínio nesse mesmo béquer e medir a condutividade da solução.
- VIII. Repetir o procedimento anterior até que o volume de sulfato de alumínio nesse béquer seja de 4 mL.
- IX. Agora com a ajuda de um conta-gotas adicionar gota a gota da solução de sulfato de alumínio e ir medido a condutividade gota após gota até que o valor da condutividade comece a aumentar.
- X. Quando perceber que a condutividade da solução está aumentando continuar repetir o procedimento anterior por mais 10 gotas.
- XI. Ir adicionando 1 mL da solução sulfato de alumínio e observar a condutividade, até que a solução adicionada seja igual a 5 mL.
- XII. Sobre a condutividade da solução obtida.
- Qual o valor da condutividade inicial e final?
 - Como você explica essa diferença de valores?
 - Analisando o primeiro valor da condutividade que foi obtido, quais espécies (mol ou íon) estavam presentes?
 - Nesse primeiro valor, quais espécies você acredita estar em maior quantidade?
 - Para a região onde a condutividade foi a menor encontrada, quais espécies estavam em maior quantidade?
 - Para o último valor de condutividade, qual espécie estava em maior quantidade?
- XIII. Sobre a região de menor condutividade
- O valor da condutividade obtido era esperado pelo seu grupo? Em caso negativo, explique.
- XIV. Discuta em grupo e proponha por meio de desenhos uma ou mais estruturas para todos os compostos formados em solução, lembre-se de representar corretamente os íons e as moléculas.

- XV. Após concluir os procedimentos acima e responder as perguntas no seu caderno discuta com o professor e colegas as respostas que vocês chegaram.

***** MATERIAL DO PROFESSOR *****

É muito importante discutir no quadro com os alunos os valores que eles obtiveram para cada concentração e as respostas de cada pergunta. O professor pode fazer no quadro, um gráfico resumindo os valores que todos os grupos obtiveram e comparar o comportamento da curva e como a condutividade se comportou no início e no final do experimento, relacionando com os aspectos submicroscópicos.

Foi escolhido simplificar para os alunos com uma montagem mais simples dos equipamentos utilizando conta-gotas e balão volumétrico de 1 mL, mas o professor pode optar por utilizar uma bureta para obter mais pontos ao fazer a variação da condutividade pela adição da solução de sulfato de alumínio.

*****FIM DA PARTE 3*****

6 – Questões pós-laboratório:

- I. Por que você acredita que foi utilizado o hidróxido de sódio no lugar do carbonato de sódio? O sódio vai apresentar algum papel?
- II. Considerando uma solução hipotética de Na_2CO_3 0,0100 mol/L e comparando com as outras soluções 0,0100 mol/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, NaOH e NaCl que tiveram a condutividade medida. Como pode-se relacionar a fórmula reduzida com a quantidade de íons dessas soluções sendo que elas apresentam a mesma concentração?
- III. Quando estamos desidratados é recomendado a ingestão de isotônicos. Os isotônicos apresentam alta condutividade, isso é um indicativo de uma alta concentração de que em solução?
- IV. Faça um experimento mental, em que você está medindo a condutividade de uma água destilada, e aos poucos você está colocando sal de cozinha na água. A condutividade dessa solução vai aumentar muito ao colocar uma pequena quantidade de sal, mas à medida que vai se colocando mais sal a condutividade varia menos, até chegar um ponto onde ela não vai mais aumentar, como você explica esse fato?
- V. Como é possível existir íons em uma amostra de água destilada/deionizada?

- VI. Considerando a solução de um aminoácido, como é possível essa solução conduzir eletricidade?
- VII. Considerando os dois sais complexos $K_4[Fe(CN)_6]$ e $K_3[Fe(CN)_6]$, qual dos dois você espera que apresente maior e menor condutividade na mesma concentração molar? Justifique sua resposta.
- VIII. (P. Atkins, 2011) O sólido de fórmula $CoCl_3 \cdot 5NH_3 \cdot H_2O$ é rosa. Quando uma solução deste sólido é titulada com uma solução aquosa de $AgNO_3$ são formados 3 mols de $AgCl$. Quando o sólido rosa é aquecido, 1 mol de H_2O é perdido, formando-se um sólido púrpura. O sólido púrpuro produz 2 mols de $AgCl$ quando tratado com solução de $AgNO_3$. Deduza a estrutura dos dois complexos octaédricos de cobalto e escreva seus nomes corretamente.

*****FIM DAS QUESTÕES*****

8 APÊNDICE A – Material do aluno

Roteiro experimental de química geral

Título: Soluções aquosas

Tema: Propriedade das soluções – Condutividade elétrica.

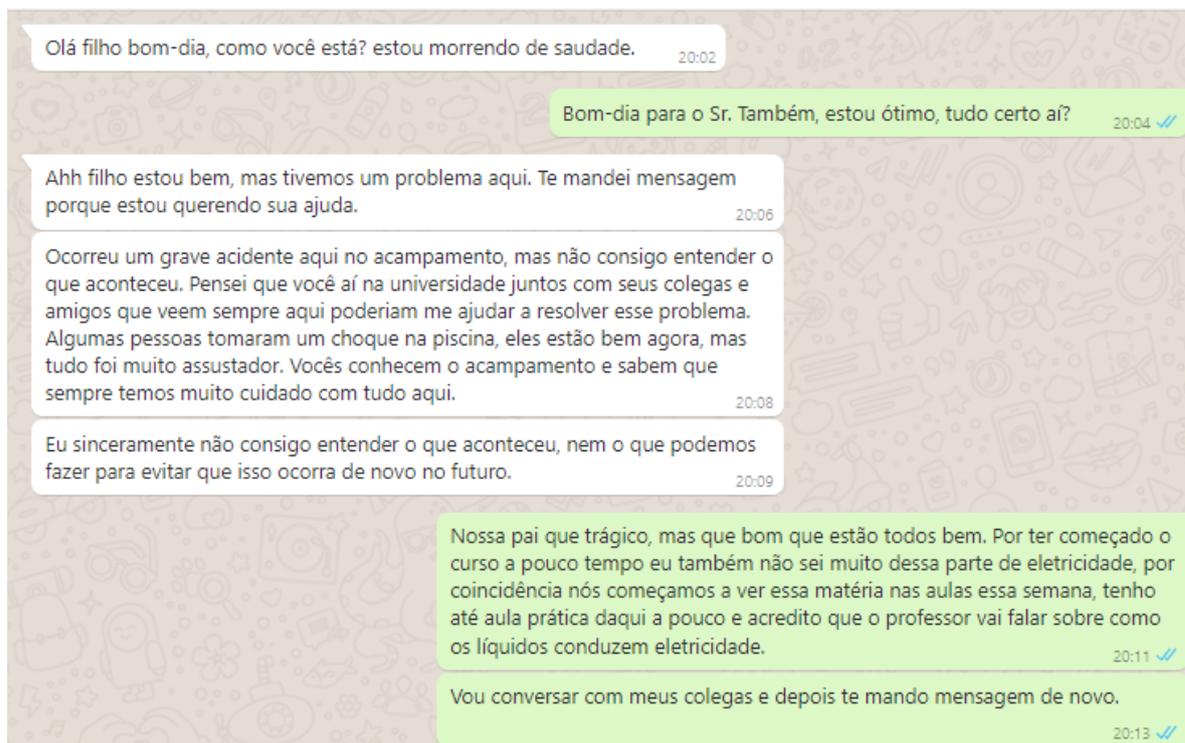
Objetivos:

- Avaliar a condutividade elétrica de soluções aquosas.
- Propor explicações, por meio de textos ou desenhos, para as observações encontradas.
- Propor as estruturas de íons e moléculas nas soluções discutidas.

O acampamento Rio Gelado está há mais de 20 anos em funcionamento, tendo mais de 100 funcionários e abrigando uma grande parte da fauna e flora da região. Sempre trabalhando com o ecoturismo e conscientização da importância de preservar a natureza. Nessa longa jornada pelo tempo nunca tiveram nenhum tipo de acidente tão grave como a recente eletrocussão ocorrida na piscina no verão de 2021.

Nesse fatídico dia, três pessoas sendo duas crianças sofreram ferimentos graves e tiveram que ser levadas com urgência ao hospital local. Toda a equipe e as pessoas que frequentavam o acampamento ficaram fortemente abaladas com o ocorrido.

O gerente do acampamento intrigado com esse evento resolveu mandar uma mensagem para o seu filho Enzo que é estudante da universidade local para tentar procurar entender o que aconteceu.



Vocês que são colegas do Enzo e farão a aula de propriedade elétrica de soluções devem buscar compreender o porquê de os visitantes do acampamento terem sofrido um choque ao se banharem na piscina.

Material e reagentes:

- Cloreto de sódio;
- Sulfato de alumínio;
- Água destilada e outras amostras de água;
- Hidróxido de sódio;
- Condutímetro;

PARTE 1 – CONDUTIVIDADE DE DIFERENTES SOLUÇÕES.

1 – Avaliar a condutividade da água destilada, água da torneira, e de outras amostras de água se disponível como água do mar, água da piscina, água de rios, água mineral, água com gás etc.

- a) Em um béquer de 50 mL adicionar aproximadamente 30 mL de água destilada. Usando o condutímetro medir a condutividade dessa água.

b) Em um outro béquer de 50 mL adicionar aproximadamente 30 mL de água da torneira. Usando o condutivímetro medir a condutividade dessa água.

c) Repetir os procedimentos anteriormente para as outras amostras de água que estejam disponíveis.

2 – Após realização dos procedimentos acima, discutir os resultados observados.

PARTE 2 – FATORES QUE AFETAM A CONDUTIVIDADE

3 – Avaliar fatores que podem afetar a condutividade das soluções. i) variação da temperatura; ii) Aumento da concentração de NaCl em água destilada.

Medir os valores de condutividade e fazer uma relação dos resultados obtidos com o meio microscópico.

a) Em um béquer de 250 mL adicionar 100 mL de água destilada.

b) Emergir o condutivímetro nesse béquer e anotar o valor da condutividade apresentado.

c) Adicionar vagarosamente a solução de cloreto de sódio 1,000 mol/L com auxílio de uma bureta fazer 20 medições e anotar o valor da condutividade para cada volume adicionado da solução de NaCl.

d) Em outro béquer repetir os procedimentos anteriores, mas agora com as soluções de 0,1000, 0,0100 e 0,0010 mol/L e anotar o valor da condutividade para cada volume da solução adicionada.

Volume (mL) de NaCl(aq)	Condutividade para:			
	1,0000 mol/L	0,1000 mol/L	0,0100 mol/L	0,0010 mol/L
0				
1				
2				
4				
6				
8				
10				
12				
15				
17				
20				

23				
26				
29				
32				
35				
38				
41				
44				
47				
50				

e) Com ajuda do Excel® ou de outro programa similar para análise de gráficos, realize a distribuição de condutividade em função do volume da solução de NaCl adicionada e concentração da solução de NaCl.

f) O perfil obtido pelo gráfico seria o esperado? O que você observa nos limites superiores e inferiores (duas pontas extremas) do gráfico, como a solução se comporta nessas regiões.

4 – Sobre os procedimentos feitos acima, discuta com seu professor e colegas os fenômenos observados.

PARTE 3 – Condutividade no tratamento de uma piscina.

5 – Leia o texto abaixo e realize os experimentos propostos.

Dois produtos que são usados para o tratamento de piscina são o sulfato de alumínio e carbonato de sódio. O sulfato de alumínio é um importante agente removedor da turbidez da água. Em solução o íon alumínio reage com os íons hidróxido formando o precipitado hidróxido de alumínio que devido à sua grande massa tenderá a se decantar para o fundo da piscina, arrastando toda a sujeira junto com ele.



O carbonato de sódio tem um outro papel que é o de tornar o pH da solução levemente alcalino para ajustar o pH e fornecer íons hidróxido para que seja precipitado com o alumínio.



I. Medir a condutividade da água destilada.

- a. Qual o valor da condutividade medido?
 - b. Como você explica esse valor mesmo a água sendo destilada?
 - c. Esse resultado era esperado pelo seu grupo? Em caso negativo, explique.
- II. Medir a condutividade da solução **0,01000 mol/L** de sulfato de alumínio ($\text{Al}_3(\text{SO}_4)_3$) que é um reagente utilizado para o tratamento de piscina.
- a. Qual o valor da condutividade?
 - b. Como você explica esse valor?
 - c. A solução é eletrolítica ou não eletrolítica?
 - d. Esse composto vai apresentar íons em solução? Se sim quantos por mol?
 - e. Esse resultado era esperado pelo seu grupo? Em caso negativo, explique.
 - f. Comparada com as outras soluções de concentração próxima (NaCl), a condutividade foi maior ou menor? Como você explica esse fenômeno?
- III. Comparando a água destilada e solução de sulfato de alumínio elabore por meio de desenhos o que você acredita acontecer de diferente com essas duas soluções para ter observado tais diferenças na condutividade.
- IV. Medir a condutividade da solução 0,0100 mol/L de hidróxido de sódio (NaOH) que desempenhará um papel análogo ao carbonato de sódio (Na_2CO_3) um outro reagente utilizado para o tratamento de piscina.
- a. Qual o valor da condutividade?
 - b. Como você explica esse valor?
 - c. Esses compostos citados anteriormente vão apresentar íons em solução? Se sim, quantos?
 - d. Esse resultado era esperado pelo seu grupo? Em caso negativo, explique.
 - e. Comparada com as outras soluções de concentração próxima, a condutividade foi maior ou menor? Como você explica esse fenômeno?
- V. Comparando as soluções de hidróxido de sódio e sulfato de alumínio elabore por meio de desenhos o que você acredita estar acontecendo de diferente com essas duas soluções para ter observado tais diferenças na condutividade.
- VI. Adicionar exatamente 50 mL da solução de hidróxido de sódio 0,0100 mol/L em um béquer de 100 mL.
- VII. Adicionar 1 mL da solução de sulfato de alumínio nesse mesmo béquer e medir a condutividade da solução.

- VIII. Repetir o procedimento anterior até que o volume de sulfato de alumínio nesse béquer seja de 4 mL.
- IX. Agora com a ajuda de um conta-gotas adicionar gota a gota da solução de sulfato de alumínio e ir medindo a condutividade gota após gota até que o valor da condutividade comece a aumentar.
- X. Quando perceber que a condutividade da solução está aumentando continuar repetindo o procedimento anterior por mais 10 gotas.
- XI. Ir adicionando 1 mL da solução sulfato de alumínio e observar a condutividade, até que a solução adicionada seja igual a 5 mL.
- XII. Sobre a condutividade da solução obtida.
- Qual o valor da condutividade inicial e final?
 - Como você explica essa diferença de valores?
 - Analisando o primeiro valor da condutividade que foi obtido, quais espécies (mol ou íon) estavam presentes?
 - Nesse primeiro valor, quais espécies você acredita estar em maior quantidade?
 - Para a região onde a condutividade foi a menor encontrada, quais espécies estavam em maior quantidade?
 - Para o último valor de condutividade, qual espécie estava em maior quantidade?
- XIII. Sobre a região de menor condutividade
- O valor da condutividade obtido era esperado pelo seu grupo? Em caso negativo, explique.
- XIV. Discuta em grupo e proponha por meio de desenhos uma ou mais estruturas para todos os compostos formados em solução, lembre-se de representar corretamente os íons e as moléculas.
- XV. Após concluir os procedimentos acima e responder as perguntas no seu caderno discuta com o professor e colegas as respostas que vocês chegaram.

6 – Questões pós-laboratório:

- Por que você acredita que foi utilizado o hidróxido de sódio no lugar do carbonato de sódio? O sódio vai apresentar algum papel?
- Considerando uma solução hipotética de Na_2CO_3 0,0100 mol/L e comparando com as outras soluções 0,0100 mol/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, NaOH e NaCl que tiveram a condutividade

- medida. Como pode-se relacionar a fórmula reduzida com a quantidade de íons dessas soluções sendo que elas apresentam a mesma concentração?
- III. Quando estamos desidratados é recomendado a ingestão de isotônicos. Os isotônicos apresentam alta condutividade, isso é um indicativo de uma alta concentração de quê em solução?
- IV. Faça um experimento mental, em que você está medindo a condutividade de uma água destilada, e aos poucos você está colocando sal de cozinha na água. A condutividade dessa solução vai aumentar muito ao colocar uma pequena quantidade de sal, mas à medida que vai se colocando mais sal a condutividade varia menos, até chegar um ponto onde ela não vai mais aumentar, como você explica esse fato?
- V. Como é possível existir íons em uma amostra de água destilada/deionizada?
- VI. Considerando a solução de um aminoácido, como é possível essa solução conduzir eletricidade?
- VII. Considerando os dois sais complexos $K_4[Fe(CN)_6]$ e $K_3[Fe(CN)_6]$, qual dos dois você espera que apresente maior e menor condutividade na mesma concentração molar? Justifique sua resposta.
- VIII. (P. Atkins, 2011) O sólido de fórmula $CoCl_3 \cdot 5NH_3 \cdot H_2O$ é rosa. Quando uma solução deste sólido é titulada com uma solução aquosa de $AgNO_3$ são formados 3 mols de $AgCl$. Quando o sólido rosa é aquecido, 1 mol de H_2O é perdido, formando-se um sólido púrpura. O sólido púrpuro produz 2 mols de $AgCl$ quando tratado com solução de $AgNO_3$. Deduza a estrutura dos dois complexos octaédricos de cobalto e escreva seus nomes corretamente.