

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ DIRETORIA DE  
PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL DE QUÍMICA  
EM REDE NACIONAL – PROFQUI**

**Contextualização e Abordagem de Conceitos Químicos por  
Meio de uma Estação de Tratamento de Água (ETA): Uma  
Sequência Didática para o Ensino da Química**

Tipo de produto: Sequência didática e Manual Didático de Apoio

**ORIENTADO: DEUSDEDITT DE SOUZA BUENO FILHO**

**ORIENTADOR: OLDAIR DONIZETI LEITE**

*PRODUTO EDUCACIONAL DESENVOLVIDO NA UNIVERSIDADE  
TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS MEDIANEIRA*

Título da Dissertação relacionada:  
Abordagem de Conceitos Químicos por Meio de uma Estação de  
Tratamento de Água (ETA): Uma Sequência Didática para o Ensino da  
Química

# SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD)

**ABORDAGEM DE CONCEITOS QUÍMICOS POR MEIO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA): UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA QUÍMICA**

---

**PROFQUI** – Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional

**Orientador:** Professor Dr. Oldair Donizeti Leite

**Autor - Orientando:** Deusdeditt de Souza Bueno Filho

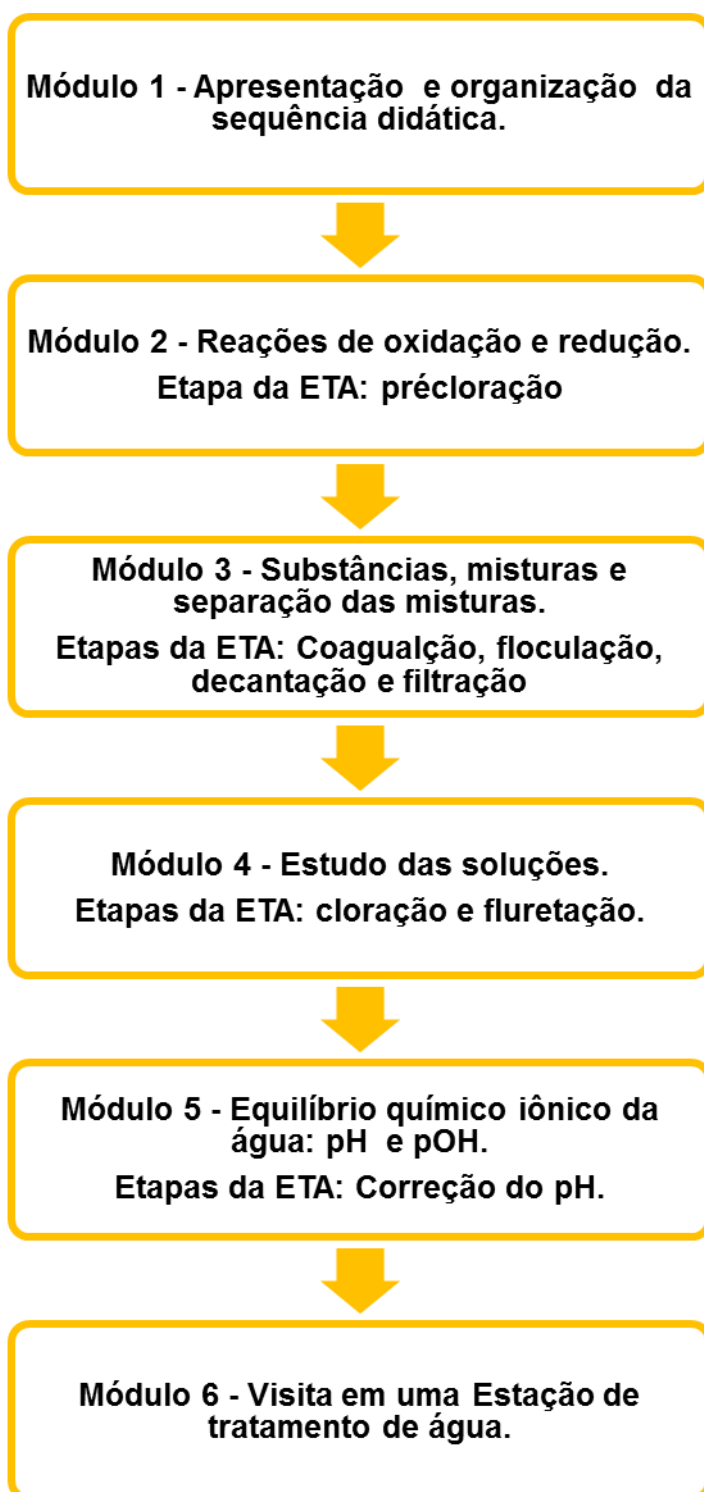
**Público Alvo:** Alunos do terceiro ano do curso Técnico em Análise Química do Instituto Federal do Paraná – Campus Cascavel

**Escola:** Instituto Federal do Paraná – Campus Cascavel

**Localidade:** Av. das Pombas, 2020 - Floresta, Cascavel - PR, 85814-800

---

## ESTRUTURA GERAL DOS MÓDULOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA



## RESUMO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

MÓDULO TEMPO	CONTEÚDOS CURRICULARES DE QUÍMICA CONTEMPLADOS	ATIVIDADES REALIZADAS
01 Tempo: 110 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação da sequência didática;</li> <li>• Ciclo biogeoquímico: Ciclo da água;</li> <li>• Água, escassez e soluções;</li> <li>• Funcionamento de uma Estação de Tratamento de Água;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação geral da SD;</li> <li>• Apresentação dos vídeos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) O Ciclo da Água;</li> <li>b) Água, escassez e soluções;</li> <li>c) Estação de tratamento de água – como funciona;</li> </ul> </li> <li>• Resolução de exercícios;</li> </ul>
02 Tempo: 120 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribuição eletrônica;</li> <li>• Tabela periódica;</li> <li>• Ligações químicas;</li> <li>• Número de oxidação;</li> <li>• Reação de oxirredução;</li> <li>• Agente oxidante e agente redutor;</li> <li>• Balanceamento de reações de oxirredução.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reações de oxidação e redução (oxirredução);</li> <li>• Etapa da estação de tratamento de água: Pré cloração;</li> <li>• Atividade laboratorial: Reação do sulfato ferroso com o permanganato de potássio em meio ácido;</li> </ul>
03 Tempo: 150 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classificação da matéria quanto ao número de componentes e de fases;               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Substância pura;</li> <li>b) Mistura – Homogênea e heterogênea;</li> </ul> </li> <li>• Separação dos componentes de uma mistura;               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Mistura heterogênea: Ventilação, levigação, peneiração, flotação, separação magnética, fusão fracionada, dissolução fracionada, coagulação, floculação, sedimentação espontânea, centrifugação, decantação e filtração;</li> <li>b) Mistura homogênea: Cristalização, destilação simples e fracionada e liquefação fracionada.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substância, mistura e separação dos componentes de uma mistura;</li> <li>• Etapas da estação de tratamento de água: Coagulação, floculação, decantação e filtração;</li> <li>• Resolução de exercícios;</li> <li>• Atividade laboratorial: Ensaio laboratorial do Jar Test;</li> </ul>

## RESUMO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

MÓDULO TEMPO	CONTEÚDOS CURRICULARES DE QUÍMICA CONTEMPLADOS	ATIVIDADES REALIZADAS
04 Tempo: 110 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispersões – Soluções, dispersão coloidal e suspensões;</li> <li>a) Conceitos;</li> <li>b) Características;</li> <li>c) Propriedades;</li> <li>• Soluções – unidades de concentração:</li> <li>a) Concentração em g/L (Concentração comum);</li> <li>b) Título e porcentagem (m/m, v/v e m/v);</li> <li>c) Partes por milhão e partes por bilhão;</li> <li>d) Concentração em mol/L (concentração molar ou molaridade);</li> <li>e) Fração em mol;</li> <li>f) Concentração em mol/Kg (molalidade);</li> <li>• Geometria espacial;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudo das Soluções - unidades de concentração;</li> <li>• Etapas da estação de tratamento de água: Cloração e fluoretação;</li> <li>• Atividade laboratorial: Determinação do teor de cloro livre na água pela avaliação colorimétrica da água pela solução ortotolidina por comparação;</li> </ul>
05 Tempo: 110 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soluções – unidades de concentração:</li> <li>a) Concentração em mol/L ou molar (molaridade);</li> <li>• Soluções – Diluição de soluções;</li> <li>• Equilíbrio químico:</li> <li>a) Equilíbrio iônico da água – produto iônico da água;</li> <li>b) Potencial hidrogeniônico (pH) e potencial hidroxiliônico (pOH);</li> <li>• Função e propriedades logarítmicas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equilíbrio químico iônico da água: pH e pOH;</li> <li>• Etapa da estação de tratamento de água: Correção do pH;</li> <li>• Atividade laboratorial: Determinação do pH da água;</li> </ul>
06 Tempo: 60 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etapas de uma estação de tratamento de água (ETA);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visita em uma Estação de Tratamento de Água;</li> </ul>

## **MÓDULO 1**

### **Apresentação da sequência didática**

#### **Ciclo biogeoquímico: Ciclo da água**

#### **Água, escassez e soluções**

#### **Funcionamento de uma Estação de Tratamento de Água**

**(Tempo estimado: 240 minutos)**

### **1) Objetivo Geral**

- Apresentação da sequência didática a ser desenvolvida demonstrando sua descrição, objetivos, metodologia, bem como, justificar a escolha do tema norteador possibilitando aos alunos, um entendimento sobre as atividades que serão desenvolvidas e de como elas serão realizadas;
- Que o aluno possa adquirir uma conscientização maior quanto ao uso correto em relação ao consumo e desperdício da água;

### **2) Conteúdos curriculares contemplados**

- Ciclo biogeoquímico – ciclo da água;
- Transformações físicas da matéria;
- Água – como tema transversal para as disciplinas: Biologia, química, física, geografia e matemática;

### **3) Recursos a serem utilizados**

- Multimídia, tela de projeção, quadro, marcadores para o quadro, apagador e material pedagógico de apoio.

## **1º momento - Apresentação da sequência didática**

### **1) Objetivos específicos**

- Criar nos alunos uma percepção da importância e da necessidade quanto a execução da sequência didática proposta quanto a sua contribuição em seu processo pedagógico de aprendizagem.

### **2) Metodologia**

- Através de uma abordagem comunicativa, direta entre o professor e os alunos, será feita a apresentação do trabalho quanto a sua descrição, programação, objetivos, conteúdos curriculares a serem trabalhados e sua metodologia.

## **2º momento - Ciclo biogeoquímico: Ciclo da água**

### **1) Objetivos específicos**

- Reforçar o conteúdo do ciclo biogeoquímico hidrológico quanto ao seu movimento contínuo da água através da atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera, destacando as transformações físicas ocorridas pela água neste processo;

### **2) Metodologia**

- Apresentação do vídeo “O Ciclo da Água” – <https://www.ana.gov.br/videos/o-ciclo-hidrologico>;
- Execução de uma atividade teórica referente ao conteúdo ciclo da água que consta no material de apoio da sequência didática;

## **3º momento - Água, escassez e soluções**

### **1) Objetivos específicos**

- Que o aluno tenha conhecimento do cenário mundial e no Brasil quanto ao uso e a escassez da água, bem como, identificar possíveis políticas de preservação que estão sendo desenvolvidas para este recurso;

### **2) Metodologia**

- Apresentação do vídeo “Matéria de Capa – Água, escassez e soluções”;
- Oportunizar aos alunos um diálogo onde os mesmos poderão levantar ações proativas quanto ao uso e ao desperdício da água, em sua casa e em sua cidade;

## **4º momento - Apresentação de um vídeo sobre o funcionamento de uma Estação de Tratamento de Água**

### **1) Objetivos específicos**

- Fazer com que os alunos conheçam os procedimentos que ocorrem em uma estação de tratamento de água e que possam identificar e correlacionar os procedimentos com os diversos conteúdos curriculares adquiridos por eles em sala de aula, possibilitando, portanto, uma contextualização e uma aplicabilidade de sua aprendizagem em seu cotidiano.

### **2) Metodologia**

- Apresentação do vídeo “Estação de tratamento de água – como funciona” (<http://estacaodetratamentodeagua.com.br/tratamento-quimico-da-agua/>);
- Execução de uma atividade por parte dos alunos, onde através de uma figura que representa sistematicamente uma estação de tratamento de água (ETA), fonte: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, deverão identificar as etapas e os procedimentos técnicos da estação de tratamento de água;
- Solicitar aos alunos que identifiquem os conteúdos de química adquiridos em sala de aula que estejam relacionados com as diversas etapas da estação de tratamento de água;



## Módulo 2

### Reações de oxidação e redução (oxirredução)

#### Etapa da estação de tratamento de água: Pré cloração

#### Atividade laboratorial

(Tempo estimado: 240 minutos)

#### 1) Objetivo Geral

- Fazer com que o aluno adquira e consolide o conhecimento necessário nos processos de uma reação de oxirredução;
- Contextualizar o conteúdo de oxirredução com o cotidiano do aluno através da etapa da précloração de uma estação de tratamento de água, tornando sua aprendizagem significativa e aplicada;

#### 2) Conteúdos curriculares contemplados

- Distribuição eletrônica;
- Tabela periódica;
- Ligações químicas;
- Número de oxidação;
- Reação de oxirredução;
- Agente oxidante e agente redutor;
- Balanceamento de reações de oxirredução.

**3) Recursos a serem utilizados** – Multimídia, tela de projeção, quadro, marcadores para o quadro, apagador, material pedagógico de apoio, equipamentos, vidrarias e reagentes de laboratório.

### 1º momento - Reação de oxirredução

#### 1) Objetivos específicos

- Reforçar e consolidar na aprendizagem dos alunos o conteúdo curricular de química oxirredução, identificando seus conceitos gerais, agentes oxidante e redutores da reação, bem como, a execução do balanceamento de uma reação

química de oxirredução através do saldo da transferência de elétrons durante a reação.

## **2) Metodologia**

- Fazer um diálogo com os alunos sobre o conteúdo curricular de química oxirredução, através de uma explanação teórica e resolução de exercícios do conteúdo, utilizando o material de apoio da sequência didática, procurando identificar os conceitos formulados pelos alunos, sobre o tema em questão em sala de aula, avaliando suas dificuldades e o seu grau de aprendizagem.

### **2º momento - Etapa da estação de tratamento de água: Pré cloração**

#### **1) Objetivos específicos**

- Fazer com que os alunos relacionem o conteúdo de química oxirredução, com a etapa da précloração nas estações de tratamento de água;
- Fazer com que os alunos tomem ciência do artigo 39, Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, onde tange mais particularmente as concentrações de conformidade organoléptica de potabilidade dos parâmetros ferro e manganês;

#### **2) Metodologia**

- Através da leitura de um texto sobre a précloração, encontrado no material pedagógico de apoio produzido pelo professor e fornecido aos alunos, os mesmos, poderão identificar e tornar mais significativo o conteúdo de oxirredução para a sua aprendizagem;
- Execução de uma atividade teórica referente a oxirredução contextualizada com a etapa da précloração em estação de tratamento de água;

### **3º momento – Atividade laboratorial: Reação do sulfato ferroso com o permanganato de potássio em meio ácido**

#### **1) Objetivos específicos**

- Fazer com que os alunos observem o efeito desagradável quanto o aspecto negativo da coloração da água, coloração marrom-alaranjada, em função da reação de oxidação dos íons  $\text{Fe}^{2+}$  a íons  $\text{Fe}^{3+}$ , encontrados em determinadas águas para o consumo humano e conseqüentemente identificar uma aplicação prática e significativa do conteúdo curricular de química referente às reações de oxidação e redução, encontradas na etapa de pré cloração em uma estação de tratamento de água.

## **2) Metodologia**

- Através de uma atividade laboratorial no laboratório da Instituição, pretende-se demonstrar a reação de oxidação dos íons  $\text{Fe}^{2+}$ , da substância sulfato ferroso, pelo agente oxidante permanganato de potássio, em meio ácido, para que se possa produzir de maneira comparativamente em menor proporção, o efeito indesejável da coloração marrom-alaranjada formada pela oxidação dos íons  $\text{Fe}^{2+}$ , encontrados nas águas de consumo humano, quando a mesma entra em contato com o ar atmosférico.

## Módulo 3

### Substância, mistura e separação dos componentes de uma mistura.

### Etapas da estação de tratamento de água: Coagulação, floculação, decantação e filtração.

#### Atividade laboratorial: Ensaio laboratorial do Jar Test

(Tempo estimado: 240 minutos)

#### 1) Objetivo Geral

- Espera-se que o aluno possa consolidar sua compreensão de como que a matéria pode se apresentar na natureza conforme o número de componentes e de fases, saber identificar a diferença entre substância e mistura, bem como, suas propriedades específicas que as caracterizam, conhecer os métodos tradicionais de separação dos componentes de uma mistura e relacionar os conteúdos curriculares de química estudados em sala de aula com os processos empregados no tratamento de água em uma estação de tratamento de água, na qual conseqüentemente, possa o aluno contextualizar e tornar sua aprendizagem de maneira mais aplicada e significativa em seu cotidiano.

#### 2) Conteúdos curriculares contemplados

- Classificação da matéria quanto ao número de componentes e de fases;
  - c) Substância pura;
  - d) Mistura – Homogênea e heterogênea;
- Separação dos componentes de uma mistura;
  - c) Mistura heterogênea: Ventilação, levigação, peneiração, flotação, separação magnética, fusão fracionada, dissolução fracionada, coagulação, floculação, sedimentação espontânea, centrifugação, decantação e filtração;
  - d) Mistura homogênea: Cristalização, destilação simples e fracionada e liquefação fracionada.

**3) Recursos a serem utilizados** – Multimídia, tela de projeção, quadro, marcadores para o quadro, apagador, material pedagógico de apoio, equipamentos, vidrarias e reagentes de laboratório.

## **1º momento - Substância, mistura e separação dos componentes de uma mistura**

### **1) Objetivos específicos**

- Que o aluno saiba caracterizar um sistema constituído por uma substância ou mistura, através de suas propriedades físicas;
- Que o aluno identifique os métodos mais apropriados para a separação dos componentes de uma determinada mistura;

### **2) Metodologia**

- Fazer um diálogo com os alunos sobre o conteúdo, através de sua explanação teórica, procurando identificar os conceitos formulados pelos alunos, avaliando suas dificuldades e o seu grau de aprendizagem através de uma atividade teórica, que será realizada durante o momento em sala de aula;

## **2º momento - Etapas da estação de tratamento de água: Coagulação, floculação, decantação e filtração**

### **1) Objetivos específicos**

- Fazer com que o aluno através do conhecimento das etapas de clarificação da água, coagulação, floculação, decantação e filtração, que ocorrem em uma estação de tratamento de água, possam ser contextualizados com os conteúdos curriculares de química adquiridos em sala de aula, tornando-se mais significativos para a sua aprendizagem.

### **2) Metodologia**

- Será solicitado para que os alunos realizem uma leitura de um texto e execução de exercícios, referentes às etapas de clarificação de água em uma estação de tratamento de água, encontrado no material pedagógico de apoio produzido pelo professor e que será fornecido aos alunos.

## **3º momento - Atividade laboratorial: Ensaio do Jar Test (Teste de Jarros) na avaliação da dosagem do sulfato de alumínio e na determinação do pH ideal para a floculação.**

## **1) Objetivos específicos**

- Através desta atividade espera-se que o aluno utilizando a prática laboratorial – Ensaio do Teste do Jarro, possa tornar sua aprendizagem mais estimulante, onde ele possa contextualizar e tornar o conteúdo mais aplicável e significativo em seu cotidiano;
- Espera-se com os procedimentos realizados durante a atividade, determinar a melhor concentração do sulfato de alumínio e da alcalinidade ideal, para a otimização da clarificação da água, simulando uma condição de uma estação de tratamento de água a nível de uma unidade em escala de laboratório;

## **2) Metodologia**

- Esta atividade prática será desenvolvida utilizando o equipamento Jar Test, para a verificação da melhor concentração do sulfato de alumínio e da alcalinidade ideal, com velocidade de agitação regulável na mistura rápida e lenta, para determinar as melhores condições na retirada de sedimentos em suspensão na água por decantação.
- Caso da impossibilidade do uso do ensaio do Jar Test, pode-se utilizar a prática de coagulação, floculação e sedimentação das partículas de impurezas que se encontram suspensas na água, utilizando o sulfato de alumínio com e sem substâncias de caráter básico, para verificar o rendimento do ensaio;

## Módulo 4

### Estudo das Soluções - unidades de concentração.

Etapas da estação de tratamento de água: Cloração e fluoretação.

Atividade laboratorial: Determinação do teor de cloro livre na água pela avaliação colorimétrica da água pela solução orto-tolidina por comparação.

(Tempo estimado: 240 minutos)

#### 1) Objetivo Geral

- Espera-se que neste módulo da sequência o aluno possa conectar e aplicar os seus conhecimentos sobre o conteúdo curricular de química, estudo das soluções, nos processos de tratamento de água, cloração e fluoretação, bem como, tomar ciência dos artigos 34 e 37 da Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, onde tange mais particularmente as concentrações de conformidade organoléptica de potabilidade dos processos de cloração e fluoretação.

#### 2) Conteúdos contemplados

- Dispersões – Soluções, dispersão coloidal e suspensões;
  - d) Conceitos;
  - e) Características;
  - f) Propriedades;
- Soluções – unidades de concentração:
  - g) Concentração em g/L (Concentração comum);
  - h) Título e porcentagem (m/m, v/v e m/v);
  - i) Partes por milhão e partes por bilhão;
  - j) Concentração em mol/L (concentração molar ou molaridade);
  - k) Fração em mol;
  - l) Concentração em mol/Kg (molalidade);
- Geometria espacial;

**3) Recursos a serem utilizados** – Multimídia, tela de projeção, quadro, marcadores para o quadro, apagador, material pedagógico de apoio, Kit Estojo Teste Medidor de pH e Cloro para Piscina.

### **1º momento - Estudo das Soluções – unidades de concentração**

#### **1) Objetivos específicos**

- Que o aluno compreenda as diversas formas de expressar a concentração de uma solução, bem como, saber constituir soluções relacionando quantidades do soluto, solvente em uma solução.

#### **2) Metodologia**

- Utilizando-se de embalagens e recipientes de vários produtos adquiridos no supermercado e na farmácia, será solicitado aos alunos que façam uma interpretação através de uma análise criteriosa e quantitativa, quanto a relação de um determinado constituinte encontrado no produto em questão, para que se possa contextualizar com as diversas formas de se expressar as unidades de concentração de uma solução;
- Execução de uma atividade teórica através de resolução de exercícios referente a unidades de concentração, contextualizada com a etapa da cloração e fluoretação em uma estação de tratamento de água;

### **2º momento - Etapas da estação de tratamento de água: Cloração e fluoretação**

#### **1) Objetivos específicos**

- Fazer com que o aluno compreenda a importância, os benefícios e a operação do processo de cloração, bem como, conhecer os principais agentes utilizados para a desinfecção da água, segundo à Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde;
- Fazer com que o aluno compreenda a importância, os benefícios e a operação do processo de fluoretação da água, bem como conhecer os principais compostos de Flúor comumente utilizados para à prevenção da cárie dental, segundo à Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde;



## **2) Metodologia**

- Será solicitado para que os alunos realizem uma leitura de um texto encontrado no material de apoio da sequência didática, no qual trata-se, sobre as etapas de cloração e fluoretação da água em uma estação de tratamento de água, bem como, a leitura dos artigos 34, 37 e 39 da Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que ressaltam o padrão organoléptico de potabilidade da água quanto as concentrações recomendadas de cloro e de flúor na água potável;
- Realização de uma atividade teórica interdisciplinar, onde o aluno mediante de uma aplicação de seu conhecimento matemático, geometria espacial, deverá calcular através de dados fornecidos pelo exercício, o volume de água de uma piscina, para que se possa calcular a quantidade exata de hipoclorito de cálcio, utilizando-se de sua aprendizagem sobre o tema unidades de concentração, levando-se principalmente em conta a porcentagem de cloro existente no produto comercial, hipoclorito de cálcio, para que se possa estabelecer a quantidade de cloro em ppm satisfatória e recomendada para o uso adequado da piscina;

**3º momento - Atividade laboratorial: Determinar a quantidade necessária de hipoclorito de sódio e de hipoclorito de cálcio levando-se em consideração o teor de cloro ativo de cada produto comercial para atender as especificações recomendadas do uso adequado da água de um piscina e fazer a dosagem do teor de cloro livre da água pelo Kit Estojo Teste Medidor de pH e Cloro.**

### **1) Objetivos específicos**

- Proporcionar aos alunos condições de uma maneira contextualizada e aplicada, de testarem seus conhecimentos sobre o tema unidades de concentração, tornando sua aprendizagem mais significativa para o seu cotidiano.

### **2) Metodologia**

- Será solicitado aos alunos, mediante várias amostras de volumes variáveis de água, que determinem as quantidade exatas de produtos à base de cloro como agentes desinfetantes para cloração (hipoclorito de sódio a 12% e hipoclorito de cálcio a 65% de teor de cloro), utilizando parâmetros de cloração adequada em água para uso de piscina (cloro ativo em torno de 1 a 3 ppm), na qual será conferida

por uma análise do teor de cloro ativo por um Kit de estojo de Teste Medidor de pH e Cloro, para simular a etapa de cloração em uma estação de tratamento de água.

## Módulo 5

### Equilíbrio químico iônico da água: pH e pOH

#### Etapa da estação de tratamento de água: Correção do pH

#### Atividade laboratorial: Determinação do pH da água

(Tempo estimado: 240 minutos)

### 1) Objetivo Geral

Ao final deste módulo o aluno deverá:

- Compreender como identificar, determinar e expressar o caráter ácido-básico de uma solução;
- Compreender a importância da necessidade e os procedimentos técnicos para a correção do pH da água, bem como, conhecer o artigo 39 da Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que trata das conformidades organoléptica de potabilidade da água quanto ao seu pH;

### 2) Conteúdos contemplados

- Soluções – unidades de concentração:
  - a) Concentração em mol/L (concentração molar ou molaridade);
- Soluções – Diluição de soluções;
- Equilíbrio químico:
  - c) Equilíbrio iônico da água – produto iônico da água;
  - d) Potencial hidrogeniônico (pH) e potencial hidroxiliônico (pOH);
- Função e propriedades logarítmicas;

**3) Recursos a serem utilizados** – Multimídia, tela de projeção, quadro, marcadores para o quadro, apagador, material pedagógico de apoio, equipamentos, vidrarias e reagentes de laboratório.

## **1º momento - Equilíbrio químico iônico da água: pH e pOH**

### **1) Objetivos específicos**

Ao final deste momento o aluno deverá:

- Compreender como determinar e identificar o caráter acidobásico de uma solução, baseando-se no conceito de equilíbrio iônico da água;
- Aplicar seus conhecimentos matemáticos de logaritmos para determinar de modo mais simples o caráter acidobásico de uma solução, como também, construir uma escala de acidez e basicidade;
- Relacionar as concentrações das soluções com a escala de acidez na determinação do caráter acidobásico da solução;
- Determinar na prática o pH e o pOH de uma solução;

### **2) Metodologia**

- Revisão de conceitos e propriedades de equilíbrio químico, constante de equilíbrio, deslocamento de equilíbrio químico, equilíbrio químico iônico, grau e constante de ionização, lei de Ostwald, efeito do íon comum e não comum ao princípio de Le Chatelier, produto iônico da água, caráter acidobásico e potencial hidrogeniônico (pH) e potencial hidroxiliônico (pOH);
- Execução de exercícios gerais de equilíbrio químico e suas implicações, tendo como prioridade exercícios de potencial hidrogeniônico (pH) e potencial hidroxiliônico (pOH);
- Trabalhar com várias marcas comerciais diferentes de água mineral para identificar o seu caráter acidobásico a partir do seu pH especificado em seu rótulo;

## **2º momento - Etapas da estação de tratamento de água: Correção do pH**

### **1) Objetivos específicos**

Ao final deste momento o aluno deverá:

- Ter conhecimento necessário da necessidade da correção do pH da água dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, para o consumo da comunidade e da preservação das redes de tubulações, encanamentos e equipamentos utilizados na distribuição da

água potável, bem como, conhecer os produtos químicos (carbonato de sódio e cal hidratada) e suas dosagens para este processo.

## **2) Metodologia**

- Será solicitado para que os alunos realizem uma leitura de um texto encontrado no material de apoio da sequência didática, no qual trata-se, sobre a etapa da correção do pH da água, encontrado no material pedagógico de apoio produzido pelo professor e que o mesmo será fornecido aos alunos;

- Será solicitado para que os alunos realizem uma leitura do o artigo 39 da Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que trata das conformidades organoléptica de potabilidade da água quanto ao seu pH, encontrada no material de apoio da sequência didática;

- Realização de uma atividade teórica através de exercícios explorando cálculos de pH, correção de pH e de exercícios explorando o tema correção de pH em uma estação de tratamento de água, encontrados no material de apoio da sequência didática;

### **3º momento - Atividade laboratorial:**

**a) Construção da escala de pH e pOH;**

**b) Determinação do pH da água pelo método potenciométrico e pela fita de pH;**

## **1) Objetivos específicos**

Ao final deste momento o aluno deverá:

- Compreender como se determina na prática o pH de uma solução e relacionar com as concentrações hidrogeniônica e hidroxiliônica existentes nas soluções caracterizando o seu caráter acidobásico.

## **2) Metodologia**

a) Determinação do caráter acidobásico de utensílios domésticos por indicadores sintéticos:

Será solicitado aos alunos que através de soluções concentradas de ácido clorídrico (33% a 37 % m/v) e de hidróxido de sódio P.A ou de 97% de pureza, sejam executadas diversas diluições (1/10) em tubos de ensaios para que se possa obter várias soluções de pH 0 a 6 e 8 a 14, e como solução de pH 7, a água destilada, as quais irão representar a escala de variações do pH, comprovada pela utilização de uma fita indicadora de pH. Em seguida nos respectivos tubos de ensaios, os alunos irão colocar um indicador ácido - base apropriado para que possam de maneira comparativa, determinar o pH, e conseqüentemente determinar o caráter acidobásico, de diversos utensílios domésticos, como por exemplo: vinagre, suco de limão, shampoo, detergente, leite, água sanitária, água de torneira, águas minerais, etc.

b) Determinação do pH da água residencial e de várias marcas comerciais:

Será solicitado aos alunos que determinem o pH da água da água residencial e de várias marcas comerciais através das escalas de pH constituídas nas atividades anteriores pelo método potenciométrico, utilizando o pHMetro digital, pHMetro de Bancada e pela tira de pH-fix 0 – 14, para verificação da conformidade do artigo 39 da Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que trata das conformidades organoléptica de potabilidade da água quanto ao seu pH.

## Módulo 6

### Visita em uma Estação de Tratamento de Água

#### 1) Objetivo Geral

Ao final deste encontro o aluno deverá:

- Entender o funcionamento de uma estação de tratamento de água, desde a sua captação até a sua distribuição, identificando os processos físicos e químicos que ocorrem durante todas as etapas no tratamento de água, constatando na visita técnica tudo aquilo que foi visto em teoria em sala de aula;
- Dimensionar a importância fundamental do tratamento de água para o consumo da comunidade;
- Reconhecer a importância ambiental do tratamento de água e conseqüentemente reforçar uma consciência e a responsabilidade quanto ao consumo da água potável;

#### 2) Conteúdos contemplados

- Oxidação e redução;
- Classificação da matéria quanto ao número de componentes e de fases;
  - a) Substância pura;
  - b) Mistura – Homogênea e heterogênea;
- Separação dos componentes de uma mistura – análise imediata;
- Dispersões – Soluções verdadeiras, coloides e suspensões;
- Soluções – unidades de concentração e diluição de soluções;
- Equilíbrio químico:
  - e) Equilíbrio iônico da água – produto iônico da água;
  - f) Potencial hidrogeniônico (pH) e potencial hidroxiliônico (pOH);

#### 3) Recursos a serem utilizados – Visitação na estação de tratamento de água (ETA) da cidade de Cascavel – PR, na rua João Berlando, bairro Alto alegre.

# SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD) CONTEXTUALIZAÇÃO E ABORDAGEM DE CONCEITOS QUÍMICOS POR MEIO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA): UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA QUÍMICA

---

**Orientador:** Professor Dr. Oldair Donizeti Leite

**Autor - Orientando:** Deusdedit de Souza Bueno Filho

**Público Alvo:** Alunos do primeiro e do segundo ano de Licenciatura em Química do Instituto Federal do Paraná – Campus Cascavel

**Escola:** Instituto Federal do Paraná – Campus Cascavel

**Localidade:** Av. das Pombas, 2020 - Floresta, Cascavel - PR, 85814-800

---

## GUIA DIDÁTICO DE APOIO



Estação de Tratamento de Água de Cascavel



## MÓDULO 01

### Ciclo biogeoquímico – ciclo da água

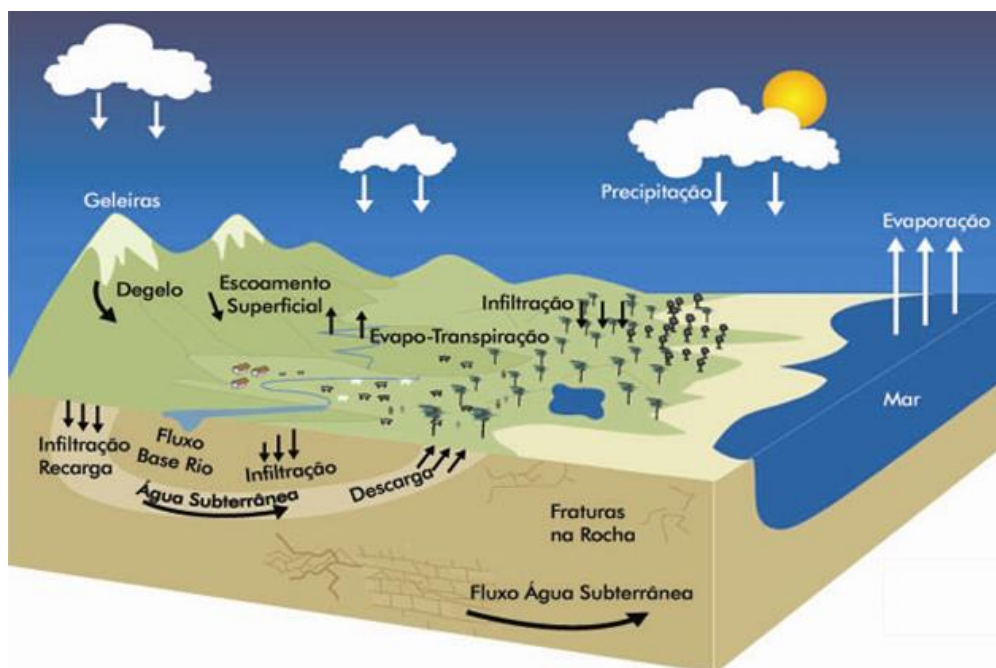
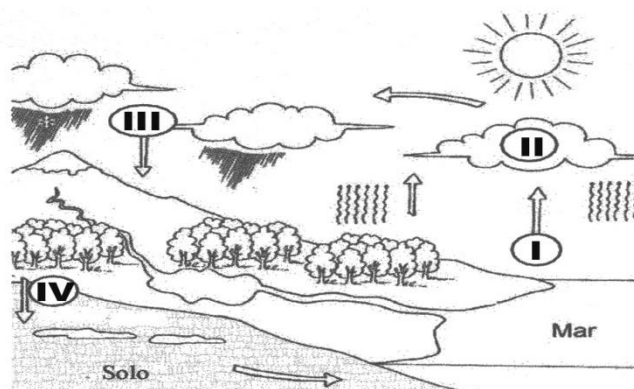


Figura 2 - Representação esquemática do Ciclo hidrológico.

Fonte: [MMA 2018](#).

#### Atividades

1- (UFTO - 2016) Considere a figura abaixo, na qual o ciclo da água está esquematizado:



Marque a alternativa CORRETA:

- a) I – evaporação; II – condensação; III – precipitação e IV – infiltração.
- b) I – condensação; II – infiltração; III – evaporação e IV – precipitação.
- c) I – infiltração; II – precipitação; III – condensação e IV – evaporação.
- d) I – precipitação; II – evaporação; III – infiltração e IV – condensação.
- e) I – evaporação; II – infiltração; III – precipitação e IV – condensação.

2- (Enem - 2017) O sol participa do ciclo da água, pois além de aquecer a superfície da Terra dando origem aos ventos, provoca a evaporação da água dos rios, lagos e mares. O vapor da água, ao se resfriar, condensa-se em minúsculas gotinhas, que se agrupam formando as nuvens, neblinas ou névoas úmidas. As nuvens podem ser levadas pelos ventos de uma região para outra. Com a condensação e, em seguida, a chuva, a água volta à superfície da Terra, caindo sobre o solo, rios, lagos e mares. Parte dessa água evapora retornando à atmosfera, outra parte escoam superficialmente ou infiltra-se no solo, indo alimentar rios e lagos. Esse processo é chamado de ciclo da água.

Considere, então, as seguintes afirmativas:

I. a evaporação é maior nos continentes, uma vez que o aquecimento ali é maior do que nos oceanos.

II. a vegetação participa do ciclo hidrológico por meio da transpiração.

III. o ciclo hidrológico condiciona processos que ocorrem na litosfera, na atmosfera e na biosfera.

IV. a energia gravitacional movimenta a água dentro do seu ciclo.

V. o ciclo hidrológico é passível de sofrer interferência humana, podendo apresentar desequilíbrios.

a) somente a afirmativa III está correta.

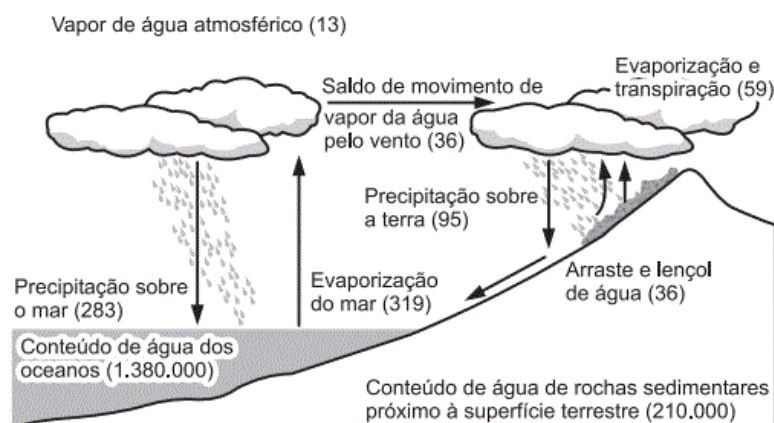
b) somente as afirmativas III e IV estão corretas

c) somente as afirmativas I, II e V estão corretas.

d) somente as afirmativas II, III, IV e V estão corretas.

e) todas as afirmativas estão corretas.

3- (Unifesp) - Observe a figura, que se refere ao ciclo da água em escala global.



*(Valores entre parênteses expressos em bilhões de bilhões de gramas [10<sup>18</sup>] e bilhões de bilhões de gramas por ano. Modificado de R. G. Barry & R. J. Chorley. Atmosphere, Weather and Climate, 1970.)*

Pela análise da figura, pode-se concluir que a quantidade de água que evapora por ano da superfície da Terra para a atmosfera ..... a quantidade precipitada. A energia ..... pela água promove sua evaporação. Posteriormente, a condensação do vapor formado ..... a energia potencial da água na forma de calor. A ..... e não a ..... determina o fluxo de água através do ecossistema.

Nesse texto, as lacunas devem ser preenchidas, respectivamente, por

- a) ... supera ... absorvida ... absorve ... precipitação ... evaporação
- b) ... supera ... liberada ... libera ... evaporação ... precipitação
- c) ... iguala ... liberada ... absorve ... precipitação ... evaporação
- d) ... iguala ... liberada ... libera ... precipitação ... evaporação
- e) ... iguala ... absorvida ... libera ... evaporação ... precipitação

4- De que maneira a água existente nos organismos vivos é eliminada para o meio ambiente?

5- A energia solar desempenha um papel importante e fundamental no ciclo da água. Explique.

## Funcionamento de uma Estação de Tratamento de Água

01) Observando a figura abaixo representada, preencha respectivamente os processos que ocorrem nas diversas etapas no tratamento de água em uma estação de tratamento de água.



Figura 3 - Etapas de uma estação de tratamento de água (ETA)

Fonte - SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

- (01) – Represa;
- (02) – Captação e bombeamento de água bruta;
- (03) – Adição de cloro (pré cloração), cal virgem (pré alcalinização) e coagulantes;
- (04) - \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_;
- (05) - \_\_\_\_\_;
- (06) - \_\_\_\_\_;
- (07) – Cloração, fluoretação e correção do pH;
- (08) – Reservatório;
- (09) – Distribuição;
- (10) – Rede de distribuição.

## MÓDULO 02

### Reação de oxirredução. Pré cloração. Atividade laboratorial.

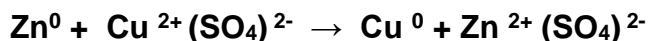
#### Conteúdo de química – Reações de oxirredução

**1- Conceito** - São reações que se caracterizam pelo envolvimento da transferência de elétrons entre as substâncias químicas durante uma reação química. Neste processo a perda de elétrons é denominada de oxidação e o ganho de elétrons denominada de redução.

Vejamos o que ocorre na atividade prática laboratorial abaixo:

a) Introduzir uma lâmina de zinco em um copo de béquer contendo uma solução aquosa de sulfato de cobre, observe e relate suas observações e faça suas conclusões:

A reação que ocorreu na atividade anterior pode ser representada da seguinte maneira:



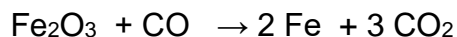
Nota-se que na reação química o zinco ao perder dois elétrons, oxida-se e o cobre ao ganhar os dois elétrons se reduz, o que caracteriza uma transferência de elétrons, portanto uma reação de oxirredução. Tal episódio justifica-se pelo simples fato do cobre apresentar uma tendência natural de se apresentar na forma reduzida por ser um metal nobre e conseqüentemente apresentar maior potencial de redução comparado ao do zinco.

#### **2- Agente oxidante e agente redutor**

- **Agente oxidante ou oxidante** – É a espécie química que promove a oxidação sendo constituída pelo componente que sofre a redução recebendo elétrons.

- **Agente redutor ou redutor** - É a espécie química que promove a redução sendo constituída pelo componente que sofre a oxidação cedendo elétrons.

Vejamos no exemplo:



Nota-se:

$\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ : redução, logo,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  é o agente oxidante (oxidante)

$\text{C}^{2+} \rightarrow \text{C}^{4+}$ : oxidação, logo,  $\text{CO}$  é o agente redutor (redutor)

**3- Balanceamento de reações de oxirredução** - Balancear uma reação de oxirredução é fazer com que o número total de elétrons cedidos pelo redutor seja igual ao número total de elétrons recebidos pelo oxidante. O seu procedimento pode ser executado seguindo as seguintes orientações:

- Determinar o número de oxidação de todos os elementos das substâncias reagentes e produtos da reação;

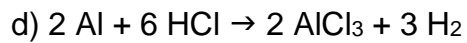
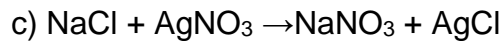
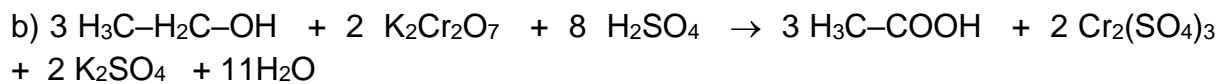
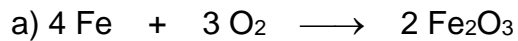
Espécie química	Condição	Número de oxidação	Exemplos
Substância simples		Zero	H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , S <sub>8</sub>
Íon	Monoatômico	Igual a carga do íon	Na <sup>1+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , F <sup>1-</sup> , O <sup>2-</sup>
Metais alcalinos e Ag	Em todos os compostos	1 +	NaCl, AgNO <sub>3</sub>
Metais alcalinos terrosos e Zn	Em todos os compostos	2 +	CaCl <sub>2</sub> , ZnO
Alumínio	Em todos os compostos	3 +	AlCl <sub>3</sub>
Flúor	Em todos os compostos	1 -	CaF <sub>2</sub>
Hidrogênio	Ligado aos não metais	1 +	H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
	Ligados aos metais constituindo hidretos metálicos	1 -	NaH, CaH <sub>2</sub>
Oxigênio	Maioria dos compostos	2 -	H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
	Formando peróxidos	Nox médio 1 -	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
	Formando peróxidos	Nox médio 1/2 -	Na <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
	Substância binária com o Flúor	2 +	OF <sub>2</sub>
Substâncias compostas	Sem carga real	A soma de todos os nox de seus elementos formadores é igual a zero	CH <sub>4</sub> , HNO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> O, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Íons compostos	Poliatômico	A soma de todos os nox de seus elementos formadores é igual a própria carga do íon	(NH <sub>4</sub> ) <sup>1+</sup> , (SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>

Tabela 1 – Regras para determinação do número de oxidação

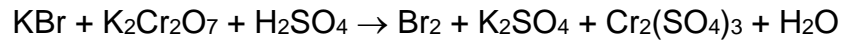
- Determinar a variação total do número de oxidação dos elementos que sofreram a oxidação e a redução. Multiplicar as variações obtidas de cada elemento pela maior atomicidade com que o elemento aparece na equação química;
- Estabelecer a variação final do elemento oxidante como coeficiente do elemento redutor e vice-versa;
- Finalizar o balanceamento da reação mantendo a igualdade de quantidade de todos os elementos das substâncias entre o primeiro e o segundo membro da reação, ou seja entre os reagentes e produtos.

#### 4- Atividades

01) Observe as reações abaixo representadas e indique quais são reações de oxirredução:



02) Na equação abaixo, não-balanceada:



Os agentes redutor e oxidante são, respectivamente:

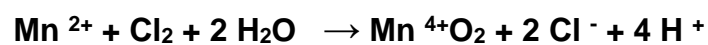
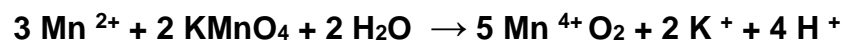
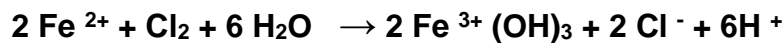
03) Balanceando a equação:  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{FeCl}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CrCl}_3 + \text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{KCl}$  a soma de todos os coeficientes, considerando os menores números inteiros possíveis, é:

### Contextualizando – Précloração

**1- Etapa da précloração na ETA** - A presença de íons ferro e manganês em águas destinadas para o nosso abastecimento, apesar de não estarem frequentemente associados a problemas sérios que possam comprometer a nossa saúde, estão geralmente associados a problemas quanto a sua aparência, apresentando uma coloração com tons que variam do amarelo ao avermelhado, responsáveis em provocar manchas em utensílios domésticos, bem como, proporcionar um sabor e odor metálico desagradáveis que causam um certo desconforto e a sua rejeição por parte das pessoas que a consomem. Podendo ainda, promover a formação de depósitos, que levam na formação de incrustações nas tubulações e canalizações, e também no desenvolvimento de bactérias ferruginosas que podem comprometer a rede de distribuição de água. Estes problemas considerados como aspectos negativos para a qualidade da água, resultam quando estes íons, uma vez, em contato com o ar, sofrem uma reação de oxidação, que resulta na formação de estruturas químicas que se precipitam e acabam comprometendo a qualidade da água. No caso do íon ferro, frequentemente encontrado na forma de bicarbonato ferroso,  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ , forma que se encontra dissolvida na água, logo, não comprometendo a sua limpidez, porém, o bicarbonato ferroso, ao sofrer oxidação, leva a formação do hidróxido férrico,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , que na sequência transforma-se em óxido férrico,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , a substância responsável em tornar a água inapropriada para o seu consumo. Portanto, o tratamento da água que apresenta concentrações apreciáveis dos íons ferro e do manganês, torna-se indispensável antes da entrada da água nos sistemas de distribuição. Este tratamento ocorre geralmente em duas etapas: a primeira etapa onde ocorre a oxidação destes íons por agentes oxidantes, como por exemplo, o oxigênio, permanganato de potássio e normalmente pelo cloro constituindo a etapa denominada nas Estações de Tratamento de Água, como a etapa da précloração, e na segunda etapa que compreende na remoção do

precipitado formado por procedimentos técnicos que visam a separação das fases líquida e sólida, pela filtração.

Vejamos abaixo as reações que demonstram a oxidação dos íons ferro e manganês pelos agentes oxidantes oxigênio, permanganato de potássio e cloro:



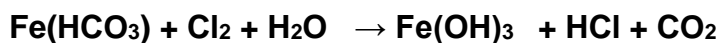
Notem que a remoção dos íons ferro e manganês ocorrem pela oxidação de ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ) na formação do  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{4+}$ , que precipitam na forma de hidróxido de ferro III e dióxido de manganês, promovendo na melhora da qualidade da água.

## 2- Atividades

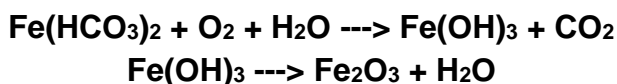
01) A água no abastecimento de uma população requer padrões de qualidade. Logo, ela não deve apresentar aspectos, como por exemplo, odor, sabor e aparência desagradáveis, bem como, não deve conter substâncias químicas e microrganismos que sejam prejudiciais à saúde humana. Um dos parâmetros que pode tornar a água desagradável para o seu consumo é a presença considerável de íons metálicos como o  $\text{Fe}^{2+}$  e o  $\text{Mn}^{2+}$ , os quais uma vez oxidados ao entrarem em contato com o ar acabam se precipitando na forma de substâncias insolúveis, o que resulta no comprometimento do sabor, coloração e odor da água. Para retirada destes compostos constituídos por estes íons metálicos, utilizam-se vários métodos em estações de tratamento de água, como por exemplo: aeração, agentes oxidantes e conseqüentemente a retirada destes precipitados por meio de filtração



ou na retenção em filtros adaptados com presença de carvão ativado. Um destes métodos convencionais de oxidação é representado pela reação química abaixo, faça o balanceamento da reação e indique quais são os agentes oxidante e redutor.



02) Um bom lugar para visitar é o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. Como quase tudo na região, as águas também apresentam certo mistério: apesar de límpidas, possuem tonalidade castanha, devido à alta concentração de óxido de ferro. A forma mais comum de apresentação do ferro solúvel, nos corpos d'água, é como bicarbonato ferroso. Águas subterrâneas profundas, limpas e incolores, em contato com o ar, ficam turvas e ocorre a sedimentação de um depósito amarelo-marrom avermelhado. As equações não balanceadas que representam essas reações são:



Considerando as reações envolvidas, faça o balanceamento das reações e indique em os aspectos que poderiam tornar a água do parque desagradável para o seu consumo.

### **Parte experimental – Reação do sulfato ferroso com o permanganato de potássio em meio ácido**

**1- Objetivo:** Observar uma reação característica de oxirredução identificando as espécies químicas que sofrem oxidação e redução, bem como, as substâncias que se comportam como agentes oxidantes e redutores.

#### **2- Considerações iniciais:**

Os íons ferrosos têm coloração verde pálida. Ao se adicionar o permanganato de potássio, o átomo  $\text{Mn}^{+7}$  do íon permanganato, que tem cor vermelho-violeta, é reduzido para o íon  $\text{Mn}^{+2}$ , que é incolor. Ao mesmo tempo os íons ferrosos são substituídos por íons férricos ( $\text{Fe}^{+3}$ ), que têm coloração marrom-alaranjados. A cada adição de uma gota de permanganato de potássio, mais íons ferrosos são oxidados, segundo a reação:



Quando todos os íons ferrosos são oxidados para íons férricos, os íons permanganato adicionados não são mais reduzidos, somente emprestando sua

coloração violeta à solução. Nesse caso, os íons permanganato agiram como oxidantes (pois receberam elétrons) e os íons ferrosos agiram como redutores (pois doaram elétrons, ou seja, reduziram os íons permanganato). Este é um exemplo de reação de Óxido-redução e ainda exotérmica devido a observação do aquecimento no tubo de ensaio, resultado da liberação de calor durante a reação.

### **3- Materiais e equipamentos:**

- Tubos de ensaio;
- Estante para tubo de ensaio;
- Pera de sucção;
- Pipetas de 10 mL (1/10);
- Pipetas de 5 mL (1/10);
- Conta gotas.

### **4- Reagentes:**

- Sulfato ferroso a 0,1 mol/L;
- Ácido sulfúrico concentrado;
- Ácido sulfúrico a 0,1 mol/L;
- Permanganato de potássio a 0,04 mol/L.

**5- Procedimento** - Em um tubo de ensaio, colocar 5ml da solução aquosa de sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ) a 0,04 mol/litro. Adicionar em seguida 3 gotas de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentrado, tornando a solução mais ácida. Após, adicionar 10 gotas, gota a gota, da solução de permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ), agitando-se o tubo.

### **6 - Resultados e Discussão**

## MÓDULO 03

### Classificação da matéria. Separação de misturas.

#### Coagulação, floculação, decantação e filtração - Fases da Estação de Tratamento de Água

#### Atividade laboratorial.

#### Conteúdo de química – Classificação da matéria e separação de misturas

#### 1- Classificação da matéria quanto ao número de fases e de componentes químicos

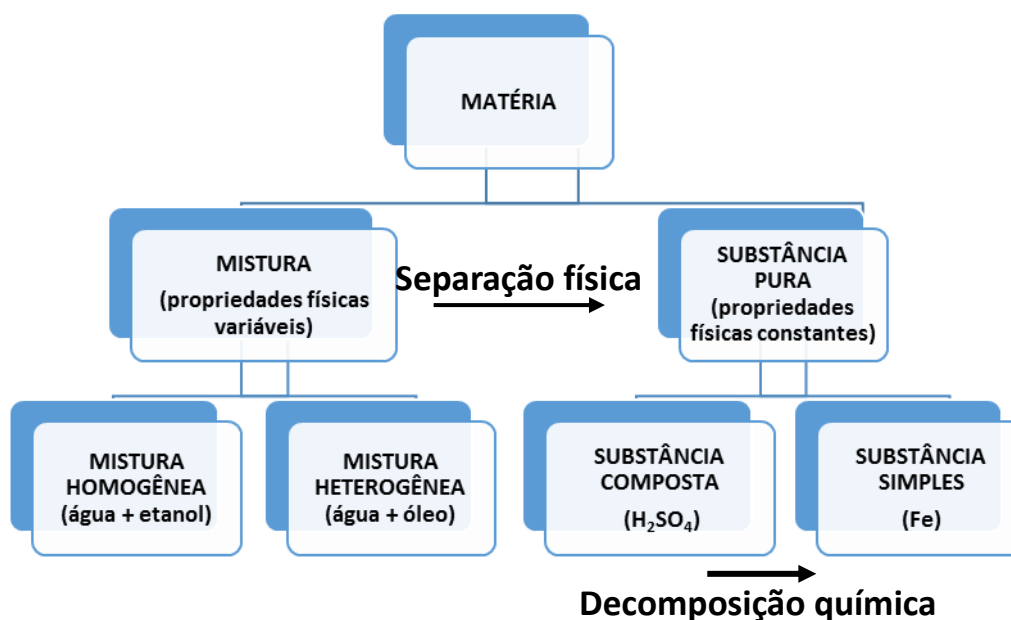


Figura 4 – Classificação da matéria  
Fonte: Próprio autor

### SUBSTÂNCIA PURA X MISTURA

IFERENÇA	COMPOSIÇÃO	FÓRMULA QUÍMICA	SEPARAÇÃO POR PROCESSOS FÍSICOS	PROPRIEDADES FÍSICAS
SUBSTÂNCIA	FIXA	APRESENTA	NÃO SEPARAM-SE	CONSTANTE
MISTURA	VARIÁVEL	NÃO APRESENTA	SEPARAM-SE	VARIÁVEIS

Tabela 2 – Diferenças entre substância pura e mistura  
Fonte: Próprio autor

PROPRIEDADES FÍSICAS	SUBSTÂNCIA PURA	MISTURA	MISTURA EUTÉTICA	MISTURA AZEOTRÓPICA
T.F.	CONSTANTE	VARIÁVEL	CONSTANTE	VARIÁVEL
T.E.	CONSTANTE	VARIÁVEL	VARIÁVEL	CONSTANTE
EXEMPLOS	ÁGUA	ÁGUA E SACAROSE	Pb (38%) + Sn (62%)	ÁLCOOL A 96%

Tabela 3 – Diferenças entre substância e misturas  
Fonte: Próprio autor

## 2- Separação das misturas

MISTURAS		HOMOGÊNEAS	
SITUAÇÃO	PROCESSO	PROPRIEDADE	EXEMPLO
Sólido + sólido	Cristalização	Evaporação do solvente	
Sólido + sólido	Destilação simples	Diferença de T.E	
Líquido + líquido	Destilação fracionada	Diferença de T.E	
Gás + gás	Liquefação fracionada	Diferença de Temperatura de liquefação	

Tabela 4 – Análise imediata de sistemas com misturas homogêneas  
Fonte: Próprio autor

MISTURAS		HETEROGÊNEAS	
SITUAÇÃO	PROCESSO	PROPRIEDADE	EXEMPLO
	Ventilação	Densidade	
	Levigação	Densidade	
	Peneiração	Granulometria	
Sólido + sólido	Flotação	Densidade	
	Separação magnética	Eletromagnetismo	
	Fusão fracionada	T.F	
	Dissolução fracionada	Solubilidade	
	Floculação	Densidade	
	Sedimentação espontânea	Densidade	
Sólido + líquido	Centrifugação	Densidade	
	Decantação	Densidade	
	Filtração		
Líquido + líquido	Decantação	Densidade	

Tabela 5 – Análise imediata de sistemas com misturas heterogêneas  
Fonte: Próprio autor

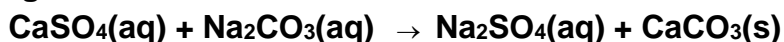
### 3- Atividades

**01) (PUC RJ) - Tem-se uma mistura heterogênea composta de água do mar e areia. Sabe-se que a água do mar é salgada e que contém, principalmente, cloreto de sódio dissolvido. Das alternativas abaixo, escolha uma que permita separar os três componentes desta mistura.**

- a) catação
- b) peneiração
- c) destilação fracionada
- d) filtração e destilação simples
- e) centrifugação e filtração

**02) (ITA SP) - Um copo contém uma mistura de água, acetona, cloreto de sódio e cloreto de prata. A água, a acetona e o cloreto de sódio estão numa mesma fase líquida, enquanto que o cloreto de prata se encontra numa fase sólida. Descreva como podemos realizar, em um laboratório de química, a separação dos componentes desta mistura. De sua descrição devem constar as etapas que você empregaria para realizar esta separação, justificando o(s) procedimento(s) utilizado(s).**

**03) (PUC PR) - A água dura é aquela que contém sulfato de cálcio dissolvido. Tal água não permite a formação de espumas por sabões e causa entupimentos em tubulações. O soluto não pode ser eliminado por fervura. A correção desta água pode ser feita usando carbonato de sódio de acordo com a equação a seguir:**



A respeito desse processo pode-se afirmar que:

- a) É uma reação de oxirredução.
- b) O fenômeno trata-se de uma síntese.
- c) O carbonato de cálcio poderá ser removido por filtração simples, visto que ele é insolúvel em água.
- d) É um processo possível porque apresenta como produto uma substância solúvel em água.
- e) O sistema formado é homogêneo.

**04) (UFPR) - O processo de destilação é importante para a separação de misturas. Assinale a alternativa correta sobre o processo de destilação da água.**

- a) Na passagem do líquido, ocorre a quebra das ligações covalentes entre os átomos de hidrogênio e de oxigênio.
- b) A temperatura de ebulição varia durante a destilação da água.
- c) A fase vapor é constituída por uma mistura dos gases hidrogênio e oxigênio.
- d) A temperatura de ebulição depende da pressão atmosférica local.

e) A temperatura de ebulição depende do tipo de equipamento utilizado no processo.

**05) (Fuvest SP) - Duas amostras de uma solução aquosa de  $\text{CuSO}_4$ , de coloração azul, foram submetidas, respectivamente, às seguintes operações:**

I. filtração através de papel de filtro;

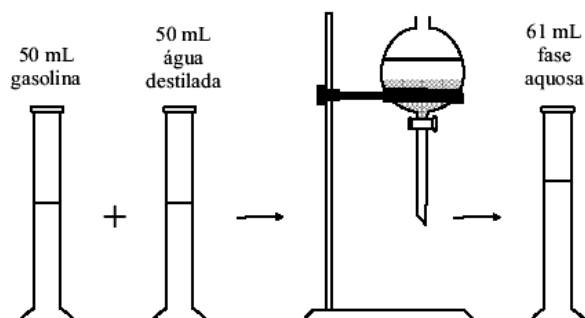
II. destilação simples.

Qual é a coloração resultante e justifique sua resposta:

a) do material que passou pelo filtro na operação I?

b) do produto condensado na operação II?

**06) (UFSCAR SP) - A figura representa o esquema de um experimento para determinação do teor de álcool na gasolina.**



Com base no experimento e considerando que não há variação de volume, pode-se afirmar que o teor de álcool, em volume, na gasolina analisada e o processo de extração utilizados são, respectivamente:

a) 11% e dissolução fracionada.

b) 22% e dissolução fracionada.

c) 11% e decantação fracionada.

d) 22% e decantação fracionada.

e) 11% e destilação fracionada.

**07) (UFJF MG) - Misturaram-se, em 3 provetas, água e tetracloreto de carbono. Na primeira, nada foi adicionado e, após agitação, observou-se a separação da mistura em duas fases incolores, sendo a superior de água. Na segunda, foi adicionado sulfato de cobre, de coloração azul e, após agitação, uma das fases tornou-se azul. Na terceira, foi adicionado bromo ( $\text{Br}_2$ ) e uma das fases tornou-se alaranjada, após agitação.**

Leia, com atenção, as afirmativas que se seguem:

I. A densidade do tetracloreto de carbono é menor do que a da água.

II. A coloração azul ficou na fase superior e a alaranjada na fase inferior.

III. O sulfato de cobre é iônico e, portanto, ficou na fase aquosa.

IV. O bromo se dissolve em água, porque sua molécula é polar.

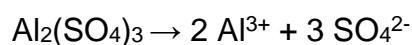
Com base no experimento apresentado e nas afirmativas acima, assinale a alternativa **CORRETA**:

- a) I e IV estão corretas.
- b) III e IV estão corretas.
- c) II e III estão corretas.
- d) I, II e III estão corretas.
- e) I, III e IV estão corretas.

### **Contextualizando - Coagulação, floculação, decantação e filtração - Fases da Estação de Tratamento de Água**

#### **(FASES DA CLARIFICAÇÃO DA ÁGUA)**

**1- Coagulação** – Nesta etapa na estação de tratamento de água, as impurezas presentes na água serão agrupadas pela ação de substâncias químicas denominadas coagulantes, como por exemplo, o sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$ ), sulfato Ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ) e o Policloreto de Alumínio. Estas substâncias ditas coagulantes, são insolúveis em água, e no meio aquoso geram íons positivos que têm por finalidade neutralizar a carga eletrostática negativa da superfície das partículas coloidais, que constituem as impurezas. Estas partículas coloidais apresentam um diâmetro médio entre 1 e 1000 nm, o que dificulta conseqüentemente sua deposição, uma vez diminuída a repulsão entre as partículas coloidais, conseqüentemente, ocorre a formação de uma aglutinação na forma de flocos de partículas de maior dimensão, precipitando-se junto com as impurezas. Nesta etapa pode-se utilizar substâncias alcalinizantes como a cal hidratada para a correção do pH para que ocorra maior efetivação dos agentes coagulantes. O agente coagulante mais empregado nas estações de tratamento de água é o sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), o qual uma vez colocado em água sofre uma dissociação:



Neste processo uma parte dos íons  $\text{Al}^{3+}$  é utilizada para neutralizar as cargas eletrostáticas negativas das partículas coloidais, e outra parte, na sua grande maioria, será utilizada para combinar com os íons hidroxilas da água, resultando na formação do hidróxido de alumínio, uma substância de aspecto gelatinosa, carregada positivamente, a qual, também ao combinar com as impurezas coloidais, resultam em flocos mais densos o que possibilita sua sedimentação junto das impurezas indesejáveis da água.



Observa-se neste processo a formação de íons  $H^+$ , o que torna conseqüentemente um meio aquoso ácido, no qual dificulta a formação do hidróxido de alumínio, por este motivo, recomenda-se correção do pH da água com agentes alcalinizantes, como por exemplo, hidróxido de cálcio, cal hidratada, e a barrilha o carbonato de sódio.

Vejam os esquematicamente tal processo:

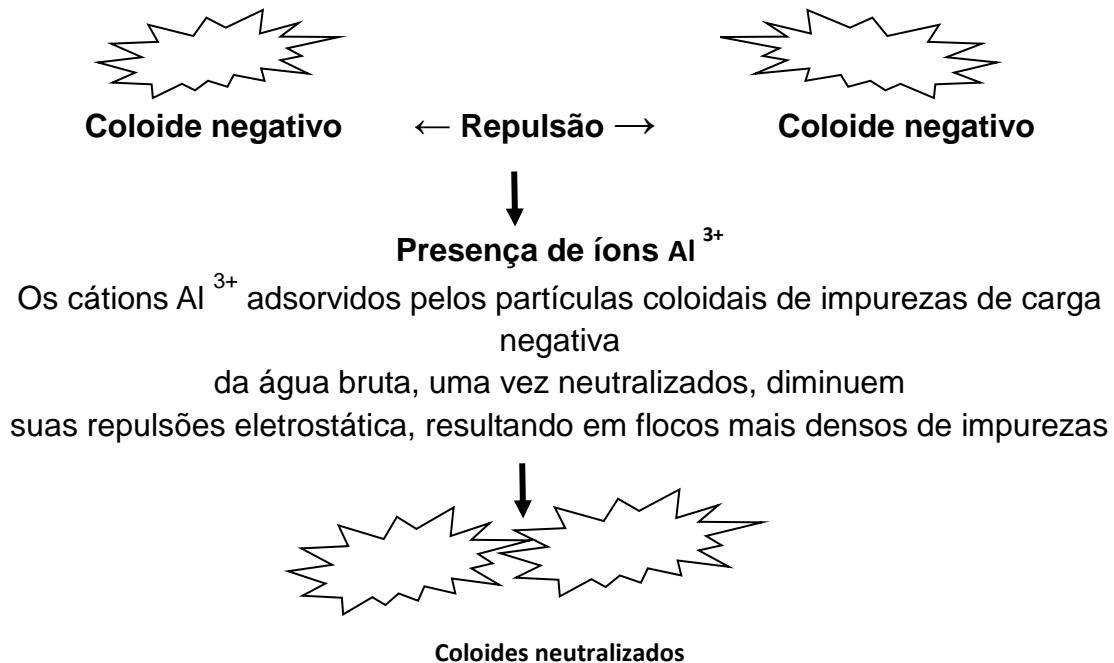


Figura 5- Representação sistemática da coagulação das partículas em suspensão  
Fonte: Próprio autor

**2- Floculação** – Nesta etapa da estação de tratamento de água, empregando-se uma agitação de velocidade lenta, as partículas coloidais neutralizadas durante a fase da coagulação se agregam e formam na sequência em flocos com auxílio de um agente floculante (polímero - catiônico, aniônico ou neutro), o qual ao se ligar aos flocos, aumentam de tamanho e de peso e conseqüentemente, sedimentam-se por ação da gravidade, que posteriormente serão separados pela decantação e filtração. Em síntese, os agentes coagulantes seriam os responsáveis pela desestabilização do equilíbrio químico e conseqüentemente formando os flocos, já os floculantes seriam os responsáveis em aumentar o tamanho e o peso dos flocos.

Exemplos dos principais agentes floculantes:

- Polímero catiônico – poliamidas;
- Polímero aniônico – tanino;
- Polímero anfótero – bentonitas;
- Compostos inorgânicos – policloreto de alumínio.



Observação: Polímeros são macromoléculas formadas através da reação dita polimerização de unidades estruturais menores que se repetem, denominadas de monômeros.

### **Do grego, poli = muitos e meros = partes**

**3- Decantação** – Nesta etapa não se adiciona nenhum agente químico, é a etapa que compreende a remoção dos flocos em tanques denominados de tanques de decantação. Existe ainda, dependendo da característica da água a ser tratada nas estações de tratamento de água, o recurso de separar os flocos por processo denominado de flotação, onde os flocos vão até a superfície da água e são removidos em seguida.

**4- Filtração** – Nesta etapa também não é adicionado nenhum produto químico, porém a água passará por tanques constituídos por camadas distintas formadas por pedras, areia, e carvão antracito, na qual serão retirados os flocos de impurezas que não foram removidos dos tanques de decantação ou na flotação.

Observação – Para registrar a filtração pode-se realizar uma atividade laboratorial muito simples que é constituir um sistema de filtração que simule a filtração da estação de tratamento de água, com uma garrafa de plástico tipo PET, formadas de camadas de pedra, areia e carvão mineral. Para constituir o filtro, deve-se cortar a garrafa ao meio e inverte-la, adaptando-a junto com a base da garrafa restante, tendo o cuidado de vedar a boca da garrafa com gaze, para não escoar o sistema de filtração constituído de pedras, areia e carvão.

## **5 – Atividades**

**01) (UNIFICADO RJ) - Numa das etapas do tratamento da água que abastece uma cidade, a água é mantida durante um certo tempo em tanques para que os sólidos em suspensão se depositem no fundo. A essa operação denominamos:**

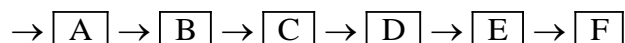
- a) filtração
- b) sedimentação
- c) sifonação
- d) centrifugação
- e) cristalização

**02) (UFTM MG) - O tratamento da água é um processo custoso, envolvendo diversas etapas. O cloro e o sulfato de alumínio são usados, respectivamente, como agentes:**

- a) dispersante e espessante.
- b) redutor e espessante.
- c) tensoativo e dispersante.

- d) floculante e tensoativo.
- e) oxidante e floculante.

**03) (FUVEST SP) - A obtenção de água doce de boa qualidade está se tornando cada vez mais difícil devido ao adensamento populacional, às mudanças climáticas, à expansão da atividade industrial e à poluição. A água, uma vez captada, precisa ser purificada, o que é feito nas estações de tratamento. Um esquema do processo de purificação é:**



**Em que as etapas B, D e F são:**

**B – Adição de sulfato de alumínio e óxido de cálcio,**

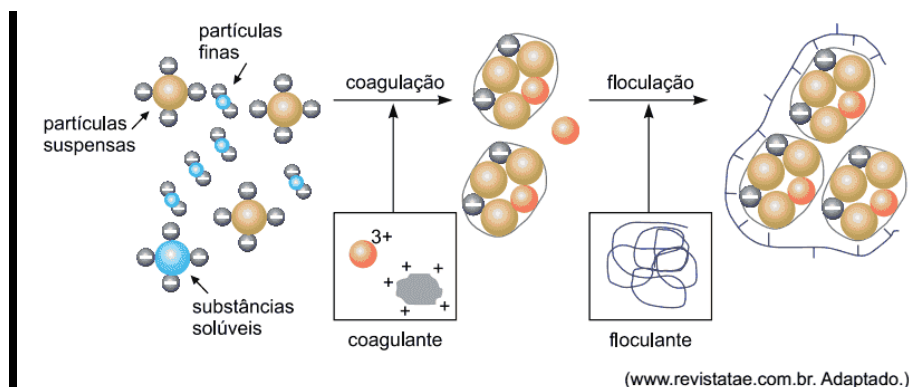
**D – Filtração em areia,**

**F – Fluoretação.**

**Assim sendo, as etapas A, C e E devem ser, respectivamente:**

- a) filtração grosseira, decantação e cloração.
- b) decantação, cloração e filtração grosseira.
- c) cloração, neutralização e filtração grosseira.
- d) filtração grosseira, neutralização e decantação.
- e) neutralização, cloração e decantação.

**04) (USCS- 2017) - Um grupo de estudantes realizou um experimento para simular o tratamento de água para o consumo da população. Nesse experimento, uma amostra de água com terra é filtrada e, a seguir, adicionam-se, na sequência, uma mistura coagulante e uma floculante. A figura mostra o processo de coagulação e posterior floculação das impurezas presentes na água.**



**Assinale a alternativa que apresenta substâncias que são utilizadas no processo de coagulação/ floculação.**

- a) Sais de magnésio e potássio.
- b) Sais de sódio e ferro.
- c) Hidróxidos de cálcio e de lítio.
- d) Óxidos de cálcio e de sódio.
- e) Sais de alumínio e de ferro.

## Parte experimental – 1º Opção

### Ensaio do Jar test

**Considerações iniciais** – O ensaio do Jar Test ou ensaio dos jarros, é um procedimento laboratorial utilizado nas estações de tratamento de água nos ensaios de floculação, que visa determinar uma dosagem apropriada dos agentes coagulantes - sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) e sulfato férrico ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ), bem como o pH ideal para o agente coagulante para a clarificação da água. Neste teste determina-se diferentes dosagens do coagulante, por comparação, onde seleciona-se aquele que clarificar melhor a água. O Ensaio basicamente ocorre em três momentos: uma agitação inicial intensa, para garantir a mistura satisfatória entre o agente coagulante e a água a ser analisada, uma outra com velocidade lenta ou moderada para garantir a constituição dos flocos e a agregação das impurezas encontradas na água (floculação) e o terceiro momento verifica-se, sem qualquer agitação, a decantação ou sedimentação dos flocos. A quantidade apropriada do agente coagulante e o pH mais adequado para a clarificação da água, será determinado pela adição crescente do coagulante nos respectivos jarros em um determinado pH.

Basicamente sua operacionalidade consiste em:

- Acrescentar uma determinada quantidade de água bruta a ser analisada, geralmente 2 litros, nos respectivos jarros, e simultaneamente adicionar diferentes dosagens de coagulantes, sob uma agitação máxima de 350 rpm por exatamente um minuto;
- Após o procedimento anterior, que permitiu a dispersão adequada do coagulante, os jarros serão agora agitados de maneira moderada, com uma velocidade cerca de 40 rpm;
- E por fim, desligar o aparelho e deixar em repouso para a decantação dos flocos e em seguida fazer a interpretação da decantabilidade dos flocos de forma qualitativa, escolhendo como parâmetro final o jarro que apresentar mais claro e com a menor dosagem do coagulante na remoção da turbidez da amostra analisada.



**Figura 6 – Aparelho de Jar Test 203 MILAN**  
Fonte – Próprio autor

### **Procedimento laboratorial**

**1- Objetivo** - Determinar o pH ideal e a dosagem adequada do agente coagulante sulfato de alumínio para a clarificação da água (coagulação, floculação e decantação), utilizando o procedimento do Jar Test, que visa a simulação a nível de bancada de uma estação de tratamento de água, na mistura rápida, mistura lenta e a decantação em seus respectivos tempos.

### **2- Materiais**

- Equipamento Jar-Test;
- Jarros;
- Papel absorvente macio;
- Medidor de pH (Phmetro);
- Tubos de ensaios;
- Pipetas de 5 e 10 mL;

### **3- Reagentes**

- Água bruta;
- Água destilada;
- Solução de ácido sulfúrico
- Solução aquosa de hidróxido de cálcio a 0,5 %;
- Solução Coagulante de sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) a 1%.

### **4- Procedimento técnico**

#### **4.1 – Determinação da concentração adequada do coagulante**

- a) Colocar 2 litros de água a ser analisada nos seis jarros respectivamente e manter sob agitação branda os jarros, para permitir uma dispersão homogênea nas amostras;
- b) Em seguida através da alavanca que contém os tubos de ensaios providos da solução de sulfato de alumínio a 1% (10 g/L ou 10<sup>4</sup> mg/L), despejar os respectivos volumes abaixo, destacados pela tabela abaixo, de forma simultânea para permitir dosagens diferentes do coagulante, em seguida estabelecer por um minuto uma agitação vigorosa de aproximadamente de velocidade a 100 rpm;

JARRO	1	2	3	4	5	6
VOLUME DA SOLUÇÃO COAGULANTE (mL)	1	2	3	4	5	6
CONCENTRAÇÃO DA SOLUÇÃO COAGULANTE (mg/L)	5	10	15	20	25	30

- c) Após 1 minuto de agitação vigorosa, reduzir a agitação dos jarros a uma velocidade de cerca de 30 rpm por aproximadamente 30 minutos.
- d) Após o procedimento anterior, desligar o aparelho e aguardar por volta de 15 a 20 minutos sem qualquer agitação para permitir a decantação dos flocos formados;
- e) Após o término da decantação fazer a interpretação dos resultados por comparação dos respectivos jarros verificando o qual melhor apresentar a remoção da turbidez com a menor dosagem do sulfato de alumínio.

Observação: Para águas ácidas corrigir o pH antes do ensaio para a faixa de 6,0 a 7,0 ou coagulante que atue numa ampla faixa de pH.

#### 4.2 – Verificando o pH ótimo para a coagulação/floculação

Após ter determinado a dosagem ótima da agente coagulante para a coagulação e floculação das partículas de impurezas encontradas na água, recomenda-se realizar um ensaio para determinar pH ótimo para a floculação. Para tanto deve-se seguir a seguinte metodologia:

- a) Montar os jarros com 2 litros de água, porém todos com a concentração adequada determinada no experimento anterior, sendo que agora o primeiro jarro somente terá a água sem o coagulante, ou seja, será o branco do ensaio em questão;
- b) Ajustar o pH dos jarros para diversos valores de pH com o auxílio das soluções aquosas de ácido sulfúrico a 0,02 mol/L e da solução aquosa de hidróxido de cálcio a 0,5%, nos respectivos jarros, seguindo o esquema proposto pela tabela abaixo:

<b>JARRO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>pH</b>	----	<b>5,0</b>	<b>6,0</b>	<b>7,0</b>	<b>8,0</b>	<b>9,0</b>

- c) Agitar as amostras nos respectivos jarros de floculação a 250 rpm durante 2 minutos e em seguida a 70 rpm por 15 minutos;
- d) Após estes procedimentos anteriores desligar o aparelho do Jar Test e deixar as amostras descansarem por 15 minutos;
- e) Observar os jarros e selecionar aquele que apresentar maior sedimentação com a diminuição da turbidez da amostra, o qual representará o pH ótimo de coagulação e floculação;

## **5- Conclusões**

- Com este procedimento experimental do ensaio do Jar Test, além de apresentar uma simples execução, ele proporciona uma previsão adequada de produtos coagulantes que uma vez em uma estação de tratamento de água sendo utilizados em grandes proporções, possibilita, portanto, desperdícios de reagentes e maior eficiência na clarificação da água bruta;
- Ao analisar os resultados obtidos durante o ensaio de maneira comparativa deve-se considerar o jarro que tiver a maior remoção com a menor concentração de coagulante, estabelecendo assim, a dosagem mais adequada considerando a relação custo/eficiência para o tratamento de água em uma estação de tratamento de água;

## **6- Resultados e Discussão**

Apresente todos os resultados obtidos no ensaio realizado, discuta com os demais alunos as observações e resultados obtidos de maneira pertinentes durante o ensaio e conclua indicando o jarro que apresenta a menor turbidez com a menor concentração do agente coagulante.

## **7 - Atividades**

- a) Qual é o objetivo principal do ensaio do Jar Test?
- b) Descreva resumidamente como funciona o ensaio do Jar Test.
- c) Qual a função do agente coagulante? Escreva as reações químicas que ocorrem com o coagulante sulfato de alumínio no processo de coagulação e floculação das impurezas encontradas dispersas na água.

d) Descreva ou comente como você prepararia a solução de sulfato de alumínio 1%? Qual seria sua concentração em mol/L?

## Parte experimental – 2º Opção

### Determinação da dosagem mais adequada do agente coagulante sulfato de alumínio para a remoção da turbidez da água bruta

**Considerações iniciais** – Caso da impossibilidade do ensaio do Jar Test, por não ter em mãos o aparelho para o ensaio, recomenda-se adaptar o experimento de verificação da clarificação da água, utilizando-se do procedimento em destaque abaixo.

**1- Objetivo** - Verificação do processo de coagulação e floculação de uma amostra de água pela ação de um agente coagulante.

#### 2 – Materiais

- Quatro copos de Becker de 500 mL;
- Uma pipeta graduada de 5 mL;
- 4 bastões de vidro;
- Cronômetro;

#### 3 – Reagentes

- Sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) a 1%;
- Água turva;

#### 4 – Procedimento técnico

- Colocar 500 mL de água turva nos quatro copos de Becker;
- Adicionar em todos os copos de Becker a solução de sulfato de alumínio a 1% em diferentes quantidades, como indica a tabela abaixo:

Becker	1	2	3	4
Volume em mL da solução coagulante a 1%	1,0	1,5	2,0	---
Concentração da solução coagulante (mg/L)	10,0	30,0	40,0	---

**Observação** – No quarto Becker não adiciona a solução coagulante para que ela seja o branco da análise para a comparação de turbidez.

c) Agitar vigorosamente os quatros Becker durante aproximadamente 1 a 2 minutos com os bastões de vidro, tendo o cuidado para não espirrar os sistemas constituídos nos copos de Becker;

d) Após o procedimento anterior agitar os sistemas dos quatros Becker moderadamente por aproximadamente 3 minutos;

e) Após o procedimento anterior deixar em repouso os sistemas em análise por aproximadamente por quinze minutos para que ocorra devidamente a decantação dos flocos formados;

f) Após o término da decantação registre o ensaio tirando uma foto e faça a interpretação dos resultados por comparação dos respectivos Becker, verificando o qual melhor apresentar a remoção da turbidez com a menor dosagem do sulfato de alumínio.



**Figura 7 – Início da clarificação manual da água**  
Fonte – Próprio autor



**Figura 8 – Término da clarificação manual da água**  
Fonte – Próprio autor

## **5- Resultados e Discussão**

Apresente todos os resultados obtidos no ensaio realizado, discuta com os demais alunos as observações e resultados obtidos de maneira pertinentes durante o ensaio e conclua indicando o Becker que apresenta a menor turbidez com a menor concentração do agente coagulante.



## MÓDULO 04

**Estudo das Soluções – unidades de concentração e diluição.  
Etapas da estação de tratamento de água: Cloração e fluoretação.  
Atividade laboratorial: Dosagem do teor de cloro livre da água pelo Kit Estojo  
Teste Medidor de pH e Cloro**

### Estudo das Soluções – unidades de concentração e diluição

#### 1 – Introdução



Figura 9 – Produtos comerciais e suas especificações de unidades de concentração  
Fonte – Próprio autor

#### 1- Soluções

**1.1- Conceito** – Solução é um sistema constituído por uma mistura de substâncias que se encontram de forma monofásica ou homogênea. As soluções são formadas por soluto e solvente, onde o solvente é a substância que geralmente se apresenta em maior quantidade de matéria no sistema, portanto, é a substância responsável em dispersar ou solubilizar a substância dita como o soluto da solução. Exemplos de soluções:

- água mineral – solvente (água) + soluto (sais minerais);
- vinagre – solvente (água) + soluto (ácido acético);

c) ouro 18 quilates – solvente (ouro) + soluto (cobre);

**1.2 - Unidades de concentração** – As unidades de concentração são formas de se representar matematicamente a relação existente entre as quantidades do soluto, solvente na solução. Para que não haja confusão entre as várias grandezas utilizadas para as unidades de concentração, vamos convencionar o índice “1” para o soluto e o índice “2” para o solvente, e quando não houver índice precedido da grandeza, irá se referir a solução.

Assim teremos:

$m_1$  = massa do soluto

$m_2$  = massa do solvente

$m$  = massa da solução

$M_1$  = massa molar do soluto

$n_1$  = número de mols de moléculas do soluto

$n_2$  = número de mols de moléculas do solvente

$n$  = número de mols de moléculas da solução

Vejam na sequência as principais unidades de concentração químicas frequentemente utilizadas:

**1.2.1- Concentração Comum (C)** – Unidade que indica a quantidade de massa do soluto em gramas existente em um litro de solução.

$$C = \frac{m_1}{V}$$

**Onde:**

$C$  = concentração comum (g/L)

$m_1$  = massa do soluto (g)

$V$  = volume da solução (L)

**1.2.2- Densidade da solução (d)** - Unidade que expressa a razão estabelecida entre a massa da solução ( $m$ ) e o volume ( $V$ ) dessa solução, que geralmente é dada em g/mL.

$$d = \frac{m}{V} \quad m = m_1 + m_2$$

**Onde:**

$d$  = densidade da solução (g/mL);

$m$  = massa da solução (g);

$V$  = volume da solução (mL);

**1.2.3 – Título em Massa (T)** - Unidade que expressa a razão estabelecida entre a massa do soluto pela massa da solução.

$$T = \frac{m_1}{m} \quad m = m_1 + m_2$$

**Onde:**

T = Título em massa;

m1 = massa do soluto (g);

m2 = massa do solvente (g);

m = massa da solução (g);

**1.2.4 - Título em Volume (Tv)** - Unidade que expressa a razão estabelecida entre o volume do soluto pelo volume da solução.

$$T_v = \frac{V_1}{V} \quad V = V_1 + V_2$$

**Onde:**

Tv = Título em volume;

v1 = volume do soluto (mL);

v = Volume da solução (mL);

Observação: O título em massa e o título em volume serão sempre representados por um valor numérico maior que zero e menor que um.

**1.2.5 – Porcentagem** - Unidade que expressa a participação percentual do soluto na solução, que pode ser expressada em:

**% em massa** = (massa do soluto / massa da solução) x 100%

**% em volume** = (volume do soluto / volume da solução) x 100%

**% em massa/volume** = (massa do soluto/ volume da solução) x 100%

Vejamos:

- **% em massa** - Solução de álcool etanol a 70% = representa 70 gramas de etanol para cada 100 gramas de solução;
- **% em volume** – Solução de soro fisiológico a 0,9% = representa 0,9 gramas de NaCl em 100 mL de solução;
- **% em massa/volume** - Solução de vinagre a 4% de ácido acético = 4 gramas de ácido acético para cada 100 mL de vinagre;

Você já deve ter visto nas prateleiras de farmácias e de supermercados o produto comercial água oxigenada, onde em suas embalagens vem as indicações 10 volumes e 20 volumes.



Figura 10 – Água oxigenada e suas concentrações  
Fonte – Próprio autor

Mas você já pensou o que estas especificações nos rótulos significam?

Antes devemos ressaltar que a expressão “água oxigenada” não é propriamente o peróxido de hidrogênio “ $H_2O_2$ ”. O Peróxido de hidrogênio é um composto, já o produto comercial água oxigenada é uma solução de peróxido de hidrogênio que apresentam concentrações por volta de 3% (m/v) e 6% (m/v), correspondentes respectivamente as concentrações dos produtos comerciais 10 e 20 volumes. Já o termo peróxido se refere ao composto puro.

O peróxido de hidrogênio dependendo das suas concentrações apresenta diversas aplicações. Vejamos alguns exemplos:

- Concentrações menores que 8% (m/v), são aplicados em creme dental com 0,5% (m/v), em soluções para limpeza de lentes de contato cuja a concentração fica por volta de 2% (m/v), já as de concentrações 5% (m/v) utilizados como agentes branqueadores no caso para clareamento dos cabelos utilizam-se produtos comerciais com concentração equivalente a 7,5% (m/v);
- No cotidiano a água oxigenada 10 volumes é utilizada para limpar ferimentos, portanto apresentando uma ação desinfetante para bactérias do tipo anaeróbicas. Já a água oxigenada 20 volumes é geralmente utilizada para descolorir pelos do corpo e cabelos;

Suas especificações de 10 e de 20 volumes, estão relacionadas em função do volume de oxigênio ( $O_2$ ) liberado por unidade de volume da solução, ou seja, ao número de litros de gás oxigênio, medidos nas condições normais de temperatura e pressão ( $0^\circ C$  e 1 atm), obtidos durante sua decomposição contida em 1 litro de solução.

Vejamos:



**1 mol de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (34 g/mol) ----- ½ mol de O<sub>2</sub> (11,2 litros)**

Logo uma solução de água oxigenada que tenha 1 mol de peróxido de oxigênio dissolvidos em 1 litro de solução, irá liberar, nas CNTP, 11,2 Litros de oxigênio, portanto é uma solução de água oxigenada 11,2 volumes. Portanto:

- Água oxigenada de concentração 10 volumes indica que a decomposição do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, presente em 1 litro de solução desprenderá 10 litros de O<sub>2</sub>, nas CNTP;
- Água oxigenada de concentração 20 volumes indica que a decomposição do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, presente em 1 litro de solução desprenderá 20 litros de O<sub>2</sub>, nas CNTP;

**1.2.6 – Partes por milhão (ppm)** – Unidade que expressa a concentração do soluto, quando este, encontra-se em quantidades extremamente pequenas na solução. Esta unidade de concentração indica quantas partes do soluto, em massa ou em volume, existentes em um milhão de partes da solução, em massa ou em volume. Portanto:

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ parte do soluto em } 10^6 \text{ partes da solução}$$

Exemplos:

- 1 ppm = 1 grama de soluto em 1 tonelada de solução;
- 1 ppm = 1 mg de soluto em 1 Kg de solução;
- 1 ppm = 1 mL de soluto em 1 m<sup>3</sup> de solução;
- 1 ppm = 1 litro de soluto em 1000 m<sup>3</sup> de solução.

Pode-se também relacionar a massa do soluto em um volume da solução, vejamos:

- 1 ppm = 1 grama de soluto em 1000 L de solução;
- 1 ppm = 1 mg de soluto em 1L de solução;
- 1 ppm = 1 µL de soluto em 1 mL de solução;

**Uma situação interessante:** Notem nas embalagens abaixo de álcool etílico hidratado, produto muito utilizado como utensílio doméstico, em seus rótulos observa-se formas diferentes de apresentar a concentração de etanol no produto comercial.



Figura 11 – Álcool de uso doméstico e suas devidas concentrações

A graduação alcoólica dos produtos que contém álcool, aqui no Brasil, pode vir representada de três maneiras diferentes: %V, ° GL e INPM.

**a) GRAU GL (°GL) – Onde a sigla GL significa Gay Lussac.**

O grau GL representa a fração em volume ou a porcentagem em volume do etanol existente em um volume da mistura.

**b) GRAU INPM (°INPM) – INSTITUTO NACIONAL DE PESOS E MEDIDAS**

O grau GL INPM representa a fração em massa ou a porcentagem em massa do etanol existente na mistura.

**Curiosidade** – Por que o utilizamos o álcool 70% como germicida e não um álcool com maior teor alcoólico ou até mesmo o álcool absoluto?

Pesquisas realizadas chegaram a esta concentração devido o álcool a 70% não desidratar por imediato a membrana do microrganismo e não se volatilizar por imediato, podendo assim, entrar no citoplasma do microrganismo para promover a desnaturação das proteínas, precipitando-as, bem como, promover a coagulação de enzimas com atividades essenciais para determinadas reações bioquímicas para o desenvolvimento e multiplicação dos microrganismos patogênicos. Caso ao contrário, caso o álcool estivesse com concentrações abaixo ou acima da concentração eficaz, não teríamos sua ação germicida.

**Observação:** Pode-se também expressar a relação do soluto na solução, quando o soluto se encontra extremamente em menor proporção na solução, em partes por bilhão, vejamos:

$$1 \text{ ppb} = \frac{1 \text{ parte de soluto}}{10^9 \text{ partes de solução}}$$

## 1.2.7 – Fração em mol

**1.2.7.1 - Fração Molar do Solute ( $x_1$ ):** é a razão entre o número de mol de moléculas do soluto ( $n_1$ ) pelo número de mols de moléculas da solução ( $n$ ).

$$X_1 = \frac{n_1}{n} \quad n = n_1 + n_2$$

**1.2.7.2 - Fração Molar do Solvente ( $x_2$ ):** é a razão entre o número de mols de moléculas do solvente ( $n_2$ ) pelo número de mols de moléculas da solução ( $n$ ).

$$X_2 = \frac{n_2}{n} \quad n = n_1 + n_2$$

**Observação:** A soma das frações molares de todos os componentes de uma solução deve ser igual a 1.

**1.2.8 - Concentração Molar ou Molaridade (M)** – É a unidade de concentração que expressa a quantidade de matéria, número de mol, do soluto existente em cada 1 litro de solução.

$$M = \frac{n_1}{V} \quad n_1 = \frac{m_1}{M_1} \quad M = \frac{m_1}{M_1 \cdot V}$$

**Onde:**

M = molaridade (mol/L);

$n_1$  = número de mols do soluto (mol);

V = volume da solução (L);

$m_1$  = massa do soluto em gramas;

$M_1$  = massa molar do soluto em g/mol;

**1.2.9 - Concentração Molal ou molalidade (W):** É a unidade de concentração que expressa a quantidade de matéria, número de mol, do soluto existente em cada 1 quilograma de solvente.

$$W = \frac{n_1}{m_2 \text{ (Kg)}} \quad n_1 = \frac{m_1}{M_1} \quad W = \frac{m_1}{M_1 \cdot m_2 \text{ (Kg)}}$$

**Onde:**

W = molalidade (mol/Kg);

$n_1$  = número de mols do soluto (mol);

$m_2$  = massa do solvente (Kg);

$m_1$  = massa do soluto em gramas;

$M_1$  = massa molar do soluto em g/mol;

## Relações entre a concentração, o título, a densidade e a molaridade:

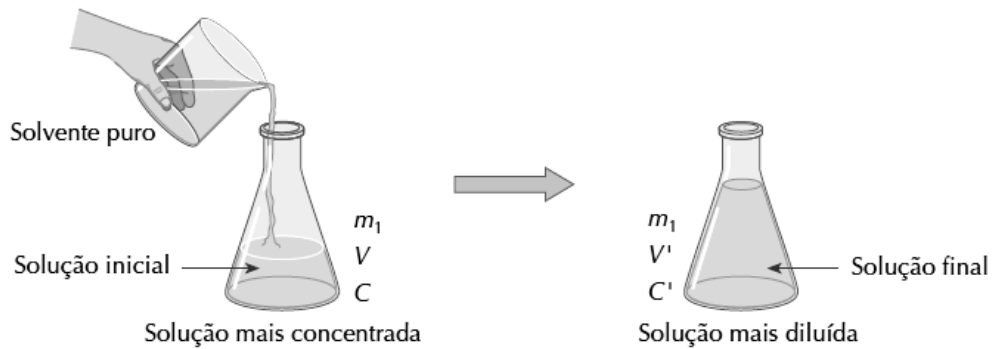
$$C = Mr \cdot MM_1 = T \cdot d \cdot 1000$$

### Atividades de unidades de concentração

- 1) Tem-se um frasco de soro glicosado, a 5%. Para preparar 1 kg desse soro, quantos gramas de glicose devem ser dissolvidos em água?
- 2) Em um frasco de laboratório de ácido sulfúrico comercial encontra-se as seguintes informações: 95% de pureza (em massa) e densidade de 1,86 g/mL. Qual a concentração deste ácido em mol/L? (Dados: H = 1; S = 32; O = 16)
- 3) Qual é a massa, em gramas, de hidróxido de sódio necessária para se preparar 500 mL de uma solução aquosa 2,0 mol/L? (Dados: H = 1u; Na = 23u; O = 16u)
- 4) A concentração do ácido acético (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>) em uma certa amostra de vinagre foi determinada, encontrando-se o valor de 0,80 mol/L. A massa de ácido acético, em gramas, em um litro desse vinagre é: (Dados: H = 1u; C = 12u; O = 16u)
- 5) A contaminação de águas e solos por metais pesados tem recebido grande atenção dos ambientalistas, devido à toxicidade desses metais ao meio aquático, às plantas, aos animais e à vida humana. Dentre os metais pesados há o chumbo, que é um elemento relativamente abundante na crosta terrestre, tendo uma concentração ao redor de 20 ppm (partes por milhão). Uma amostra de 100 g da crosta terrestre contém um valor médio, em mg de chumbo, igual a:
- 6) É comum, nos noticiários atuais, encontrarmos reportagens sobre os altos índices de contaminação e poluição ambiental. Uma água contaminada com mercúrio contém 0,01% em massa dessa substância. Qual é a quantidade de mercúrio nessa água, em ppm (partes por milhão)?



**3 – Diluição de soluções** - Procedimento em que consiste adicionar mais solvente aumentando o volume da solução, porém mantendo a mesma quantidade do soluto, resultando uma solução com uma menor concentração do soluto na solução. Vejamos no esquema abaixo:



**Demonstração do processo de diluição de uma solução.**

Fonte: Universo da Química

Solução inicial (i)		Procedimento		Solução final (f)
$n_1 (i)$				$n_1 (i) = n_1 (f)$
$V(i)$		Volume de H <sub>2</sub> O	→	$v (f) = v (i) + v_{H_2O}$
$Mr(i)$				$Mr (i) > Mr (f)$

Levando-se em conta:  $Mr = n_1 / V$  e  $n_1 = Mr \cdot V$

$$n_{1(i)} = n_{1(f)}$$

Logo:

$$Mr (i) \cdot V (i) = Mr (f) \cdot V (f)$$

### Atividades de diluição de soluções

- 1) Um estudante de química deseja preparar 250 mL de uma solução de sacarose na concentração de 0,10 mol/L, mas dispõe apenas de uma solução estoque do mesmo composto na concentração de 0,25 mol/L. Qual deve ser o volume de água a ser completado para que o estudante obtenha a solução desejada?
- 2) Um frasco no laboratório contém uma solução comercial de HCl de densidade de 1,18g/cm<sup>3</sup> e de 36,5% em peso. Descreva como se deve proceder na prática laboratorial para preparar 1L de solução 0,1 mol/L deste ácido. Dados: H = 1; Cl = 35,5
- 3) Na preparação de 750mL de solução aquosa de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de concentração igual a 3,00 mol/L a partir de uma solução-estoque de concentração igual a 18,0 mol/L, é necessário utilizar um volume da solução-estoque, expresso, em mL, igual a:
- 4) Na preparação de 200 mL de uma solução aquosa 1M de ácido clorídrico, um estudante dispõe de uma solução aquosa 5M desse ácido. Qual o volume da solução inicial que será utilizado?

## Etapas da estação de tratamento de água: Cloração e fluoretação.

### 1 – Cloração

A portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, estabelece que toda água para o consumo humano, obrigatoriamente, deve passar pelo procedimento de desinfecção denominado como etapa na estação de tratamento de água como cloração. A cloração é uma etapa que visa a inativação dos micro-organismos causadores de diversas doenças patológicas ao ser humano. Vejamos abaixo exemplos de doenças que são veiculadas pela água e seus agentes:

DOENÇAS CAUSADAS POR BACTÉRIAS	AGENTES PATOGÊNICOS
Febre tifoide e paratifoide	Salmonella typhi Salmonella paratyphi A e B
Disenteria bacilar	Shigella sp
Cólera	Vibrio Cholerae
Gastroenterites agudas e diarreias	Escherichia coli enterotóxica Campilobacter Yersinia enterocolítica Salmonella sp Shigella sp
DOENÇAS CAUSADAS POR VÍRUS	AGENTES PATOGÊNICOS
Hepatite A e E	Vírus da hepatite A e E
Poliomielite	Vírus da poliomielite
Gastroenterites agudas e crônicas	Rotavirus Enterovirus Adenovirus
DOENÇAS CAUSADAS POR PARASITAS	AGENTES PATOGÊNICOS
Disenteria amebiana	Entamoeba histolytica
Gastroenterites	Giardia lamblia Cryptosporidium

**Tabela 6 – Relação de doenças veiculadas da água**  
**Fonte: Manual de cloração de água em pequenas comunidades**  
**Fundação Nacional de Saúde**

Os principais produtos do cloro utilizados para esta etapa da desinfecção da água são:

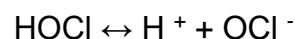
- Cloro gasoso;
- Cal clorada;
- Hipoclorito de sódio;
- Hipoclorito de cálcio.

O cloro (Cl<sub>2</sub>) é o agente desinfetante mais utilizado nas estações de tratamento de água, podendo se apresentar na forma líquida, sólida e gasosa. O principal mecanismo deste agente desinfetante e dos demais produtos contendo cloro, para a inativação dos agentes patológicos, é de promover a destruição ou desarranjo na estrutura celular dos patógenos, promovendo interferências em seus metabolismos energéticos, e em seus processos bioquímicos de crescimento e desenvolvimento. A portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da

Saúde, estabelece em seu Art. 34: “É obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede)”.

### Reações dos principais produtos à base de cloro com a água:

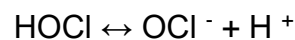
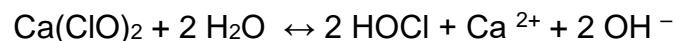
#### a) Cloro gasoso



#### b) Hipoclorito de sódio



#### c) Hipoclorito de cálcio



Nota-se que nestes produtos da família do cloro, todos na presença da água formam o ácido hipocloroso (HOCl), o qual uma vez formado dependendo do pH da água pode ionizar-se formando o íon hipoclorito (OCl<sup>-</sup>), onde, caso a água esteja com um pH ácido permanece na forma principalmente de ácido hipocloroso e em um pH alcalino na forma do íon hipoclorito, constituindo o que é denominado de cloro residual livre da água.

Existem vários métodos para se determinar a concentração de cloro residual da água como por exemplo:

**a) Método do DPD (N,N-dietil-para-fenileno diamina)** – Onde pastilhas de DPD dissolvidas na amostra de água a ser analisada reagem com o cloro produzindo uma coloração rosa, na qual sua intensidade é relacionada a concentração de cloro existente na amostra.



Figura 12 - Teste para cloro livre e total Mcolortest  
Fonte: casalab.com

**b) Método da ortotolidina** – Este método consiste na reação do composto ortotolidina com o cloro promovendo uma coloração amarela característica, na qual, sua intensidade é relacionada a concentração do cloro na amostra de água analisada. Este método é muito utilizado para determinar a concentração de cloro de águas de piscinas.



Figura 13 - Kit de teste de cloro e de pH  
Fonte: zanotellialvorada.com

## 2 – Fluoretação

A fluoretação em água de abastecimento público, em uma Estação de Tratamento de Água, é uma medida que tem por finalidade fazer a prevenção da cárie dental, a qual segundo últimas pesquisas chegam a afirmar a prevalência de cárie dental entre 50% e 65% da população. A cárie dental é uma doença infectocontagiosa, crônico-degenerativa e açúcar dependente dos tecidos dentários, um problema causado pela ação de enzimas liberadas por certas bactérias na cavidade bucal (*Streptococcus mutans* e *Lactobacillus acidófilus*), as quais uma vez se utilizando de restos de alimentos açucarados, fermenta-os resultando em um ácido que é responsável pela desmineralização do esmalte dos dentes, permitindo que o mesmo fique vulnerável a cavitação. O flúor torna-se um importante auxiliar na prevenção da cárie, pois o mesmo previne a desmineralização dos dentes e conseqüentemente favorece a remineralização dentária, impedindo a cavitação.

A portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre as normas e padrão de potabilidade da água para consumo humano, estabelece que o valor máximo permitido de fluoretos seja de 1,5 mg/L. Abaixo deste valor sua eficácia fica comprometida, e acima, pode provocar toxicidade aguda ou crônica. Na toxicidade crônica resulta em quadro chamado de fluorose, o qual evidencia pela presença de formação de manchas esbranquiçadas no esmalte do dente.

Os principais compostos de Flúor normalmente utilizados são:

- Fluoreto de Cálcio ou Fluorita ( $\text{CaF}_2$ );
- Fluossilicato de Sódio ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ );
- Fluoreto de sódio ( $\text{NaF}$ );
- Ácido Fluossilícico ( $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ).

Nas estações de tratamento de água no Brasil, geralmente utilizam para a etapa da fluoretação, os produtos químicos fluossilicato de sódio e o ácido fluossilícico.

### **Atividades de cloração e fluoretação**

**1) (ENEM) - Uma empresa especializada em conservação de piscinas utiliza um produto para tratamento da água cujas especificações técnicas sugerem que seja adicionado 1,5 ml desse produto para cada 1000 l de água da piscina. Essa empresa foi contratada para cuidar de uma piscina de base retangular, de profundidade constante igual a 1,7 m, com largura e comprimento iguais a 3 m e 5 m, respectivamente. O nível da lâmina d'água dessa piscina é mantido a 50 cm da borda da piscina. A quantidade desse produto, em mililitro, que deve ser adicionada a essa piscina de modo a atender às suas especificações técnicas é:**

- a) 11,25
- b) 27,00
- c) 28,80
- d) 32,25
- e) 49,50

**2) Considerando que o produto comercial, cloro para piscina, garante teor de cloro livre de aproximadamente 65% e que o teor recomendado de cloro ativo está na faixa de 1,0 a 3,0 mg/L, responda: sobre a adição de 160 g de cloro (produto comercial) numa piscina de 40 m<sup>3</sup> de água, podemos afirmar que:**

- a) a quantidade é insuficiente para atingir os níveis desejáveis de cloro ativo;
- b) a quantidade é superior à recomendada;
- c) a concentração resultante é exatamente de 5,2 mg/L de cloro ativo;
- d) a quantidade está adequada à recomendação;
- e) a quantidade exata de cloro ativo na solução é de 2,6 mg/L.

3) A fluoretação de águas é utilizada para diminuir a incidência de cáries na população. Um dos compostos utilizados para esse fim é o fluoreto de sódio (NaF). Sabe-se que a água para consumo apresenta, aproximadamente, uma concentração de íon fluoreto igual a 1 mg/L. Assinale a massa, em gramas, de fluoreto de sódio necessária para fluoretar 38.000 litros de água para consumo.

- a) 8,4.
- b) 16,8.
- c) 84,0.
- d) 168,0.

4) (ENCE-UERJ-Cefet-UFRJ) Para a prevenção de cáries, em substituição à aplicação local de flúor nos dentes, recomenda-se o consumo de "água fluoretada". Sabendo que a porcentagem, em massa, de fluoreto de sódio na água é de  $2 \cdot 10^{-4}\%$ , um indivíduo que bebe 1 litro dessa água, diariamente, terá ingerido uma massa desse sal igual a: (densidade da água fluoretada: 1,0 g/mL).

- a)  $2 \cdot 10^{-3}$  g.    b)  $3 \cdot 10^{-3}$  g.    c)  $4 \cdot 10^{-3}$  g.    d)  $5 \cdot 10^{-3}$  g.    e)  $6 \cdot 10^{-3}$  g.

5) (UFSCar-2002) O flúor tem um papel importante na prevenção e controle da cárie dentária. Estudos demonstram que, após a fluoretação da água, os índices de cáries nas populações têm diminuído. O flúor também é adicionado a produtos e materiais odontológicos. Suponha que o teor de flúor em determinada água de consumo seja 0,9 ppm (partes por milhão) em massa. Considerando a densidade da água 1 g/mL, a quantidade, em miligramas, de flúor que um adulto ingere ao tomar 2 litros dessa água, durante um dia, é igual a:

Resolução:

6) (PUC – RS-2006) O Ministério da Saúde recomenda, para prevenir as cáries dentárias, 1,5 ppm (mg/L) como limite máximo de fluoreto em água potável. Em estações de tratamento de água de pequeno porte, o fluoreto é adicionado sob forma do sal flúor silicato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ; MM = 188g/mol). Se um químico necessita fazer o tratamento de 10000 L de água, a quantidade do sal, em gramas, que ele deverá adicionar para obter a concentração de fluoreto indicada pela legislação será, aproximadamente, de:

Resolução:

### **Atividade laboratorial:**

#### **1º Procedimento - Dosagem do teor de cloro livre da água pelo Kit Estojo Teste Medidor de pH e Cloro**

Sabe-se que tudo que consome o cloro de produtos comerciais, como por exemplo, hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio, em uma piscina, inclusive os microrganismos e a matéria orgânica, constituem o que chamamos de demanda de cloro. O que sobra de cloro depois desta demanda é denominado de cloro residual livre. Para que a piscina possa estar em condições desejáveis para o seu uso é necessário que esteja com um teor de cloro residual livre em um intervalo compreendido entre 1 a 3 ppm, pois esta concentração garante e assegura a destruição contínua dos microrganismos.

Levando-se em considerações o texto acima descrito, determine a quantidade necessária de hipoclorito de sódio (12% de teor de cloro) e de hipoclorito de cálcio (65% de teor de cloro), para atender as especificações recomendadas do uso adequado de uma piscina, utilizando-se para tal um volume de 1000 mL de água destilada, em seguida dosar o teor de cloro livre pelo método da ortotulidina pelo Kit Estojo Teste Medidor de pH e de cloro.

#### **Materiais e reagentes**

- Balança analítica;
- Espátula;
- Copo de Béquer de 1000 mL;
- Bastão de vidro;
- Conta gotas;
- Kit Estojo Teste Medidor de pH e de cloro;
- Hipoclorito de sódio a 12% de cloro;
- Hipoclorito de cálcio a 65% de cloro;
- Água destilada;



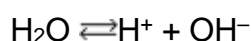
## MÓDULO 05

### Equilíbrio químico iônico da água: pH e pOH

Etapa da estação de tratamento de água: Correção do pH

Atividade laboratorial: Determinação do pH da água

### EQUILÍBRIO IÔNICO DA ÁGUA



A constante de ionização da água pode ser determinada pela equação:

$$K_i = [\text{H}^+].[\text{OH}^-] / [\text{H}_2\text{O}]$$

$$K.[\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}^+].[\text{OH}^-]$$

$$K_w = [\text{H}^+].[\text{OH}^-]$$

O produto iônico da água,  $K_w$ , tem valor igual a  $10^{-14}$  a 25 °C.  $K_w$  é uma constante de equilíbrio e como tal não é afetada pela variação na concentração de  $\text{H}^+$  ou  $\text{OH}^-$ , mas varia com a temperatura.

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$K_w = (10^{-7}) \cdot (10^{-7})$$

$$K_w = 10^{-14}$$

- Para soluções ácidas:  $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$
- Para soluções básicas:  $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$
- Para soluções neutras (ou água pura):  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$

A 25 °C podemos afirmar que:

### Soluções ácidas

$$[\text{H}^+] > 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$[\text{OH}^-] < 10^{-7} \text{ mol/L}$$

## Soluções Básicas ou alcalinas

$$[H^+] < 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$[OH^-] > 10^{-7} \text{ mol/L}$$

## Soluções neutras

$$[H^+] = [OH^-]$$

$$[H^+] = 10^{-7} \text{ mol/L e } [OH^-] = 10^{-7} \text{ mol/L}$$

## Potencial hidrogeniônico (pH) e Potencial hidroxiliônico (pOH)

$$pH = -\log[H^+]$$

$$pOH = -\log[OH^-]$$

## Variação do pH e do pOH em função das concentrações de H<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup>, a 25 °C

Solução ácida: pH < 7 e pOH > 7

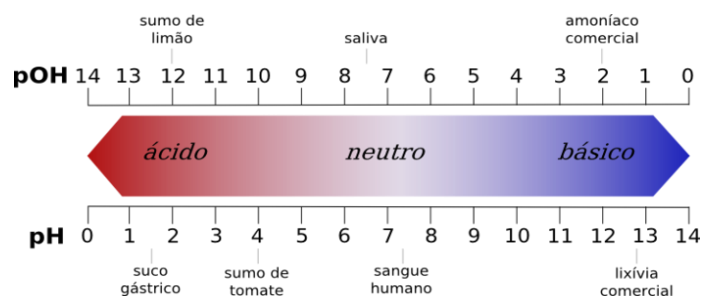
Solução básica: pH > 7 e pOH < 7

Solução neutra: pH = 7 e pOH = 7

## Relação entre pH e pOH (25 °C)

$$pH + pOH = 14$$

## Escala de pH e pOH A 25°C



Fonte: pH – Wikipédia, enciclopédia livre.

Converta os valores de pH encontrados abaixo em:  $[H^+]$ ,  $[OH^-]$  e  $pOH$ .

Solução 01 – Bicarbonato de sódio – pH 7

Solução 02 – refrigerante – pH 5

Solução 03 – Hidróxido de magnésio – pH 12

Solução 04 – Limão – pH 2

Solução 05 – Hidróxido de sódio 0,1 mol/l

### **Variação do pH com a diluição**

#### **1) Diluição de uma solução ácida: O potencial hidrogeniônico aumenta.**

- Diluir de 1/10 de uma solução ácida – aumenta o pH em uma unidade;
- Diluir de 1/100 de uma solução ácida – aumenta o pH em duas unidades;

#### **2) Diluição de uma solução básica: O potencial hidrogeniônico diminui.**

- Diluir de 1/10 de uma solução básica – diminui o pH em uma unidade;
- Diluir de 1/100 de uma solução básica – diminui o pH em duas unidades;

### **.ATIVIDADES**

01) Calcular o pH de um meio cuja concentração hidrogeniônica é 0,01 mol/L.

02) Qual é o pH de uma solução cuja concentração hidroxiliônica é de 0,1 mol/L?

03) Foi preparada uma solução 0,04M de ácido clorídrico (HCl). Determine o seu pOH.

04) Foi preparada uma solução 0,8M de hidróxido de sódio (NaOH). Qual o seu pH?

05) A 45°C o produto iônico da água é igual a  $4 \times 10^{-14}$ . A essa temperatura o valor de  $[H^+]$  de uma solução aquosa neutra é:

- a)  $6 \times 10^{-7}$
- b)  $2 \times 10^{-7}$
- c)  $4 \times 10^{-7}$
- d)  $2 \times 10^{-14}$
- e)  $4 \times 10^{-14}$

06) Um estudante, visitando um laboratório, depara-se com dois frascos, 1 e 2.

• Frasco 1:  $\text{HNO}_3$  de concentração 0,01 mol/L.

• Frasco 2:  $\text{KOH}$  de concentração 0,1 mol/L.

Os valores de pH, a  $25^\circ\text{C}$ , para as soluções contidas nos frascos 1 e 2, são, respectivamente:

a) 2 e 1.

b) 0,01 e 0,1.

c) 12 e 1.

d) 2 e 13.

e) 0 e 14.

07) Uma solução de um monoácido fraco de concentração igual a 0,25 mol/L apresenta grau de ionização igual a 0,4%. O pH desta solução é igual a:

08) O pH de uma solução aquosa 0,002 mol/L de hidróxido de bário, 100% dissociado, a  $25^\circ\text{C}$ , é: Dado:  $\log 2 = 0,3$

09) 50  $\text{cm}^3$  de uma solução aquosa de uma monobase (MOH) 0,3 mol/L, são diluídos com água destilada até completar o volume de 150  $\text{cm}^3$ , à temperatura ambiente. Calcule o pH da solução obtida, sabendo que nesta temperatura este soluto se encontra 40% dissociado.

10) Na temperatura ambiente, o pH de um certo refrigerante, saturado com gás carbônico, quando em garrafa fechada, vale 4. Ao abrir-se a garrafa, ocorre escape de gás carbônico. Qual deve ser o valor do pH do refrigerante depois de a garrafa ser aberta?

a) pH = 4.

b)  $0 < \text{pH} < 4$ .

c)  $4 < \text{pH} < 7$ .

d) pH = 7.

e)  $7 < \text{pH} < 14$ .

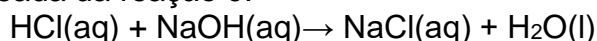
11) Quando a 1,0 L de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,04 mol.L<sup>-1</sup> se adicionam 3,0 L de  $\text{NaOH}$  0,04 mol.L<sup>-1</sup>, a solução resultante terá pH:

12) Qual o pH de uma solução de  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,02 M que está 0,5% ionizada?

13) A operação na qual se adiciona a solução padrão, gota a gota, à solução problema, chama-se titulação. Este tipo de análise é muito importante e pode ser usado inclusive para determinação de pureza. Titulou-se 10 mL de uma solução aquosa de  $\text{HCl}$  gastando-se 20 mL de  $\text{NaOH}$  de concentração igual a 0,1 mol/L. Sobre esse procedimento, assinale a alternativa FALSA:

a) Como houve neutralização total, a solução resultante terá pH = 7.

b) A equação balanceada da reação é:

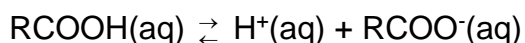


c) O pH da solução padrão ( $\text{NaOH}$ ) é igual a 1.

d) A concentração do HCl em g/L é 7,3.

e) Na titulação, o término da reação pode ser evidenciado com o uso de indicadores.

14) Um ácido carboxílico RCOOH se dissocia em solução aquosa segundo a reação abaixo.



Se uma solução  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  desse ácido é 10% dissociada, qual o valor do pH da solução?

15) A concentração do ácido acético ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ) em uma solução foi determinada, encontrando-se o valor de  $5 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ . Considerando a constante de equilíbrio ( $K_a$ ) do ácido acético igual a  $2 \times 10^{-5}$ , o pH dessa solução é:

16) Considere um béquer contendo 1,0 L de uma solução  $0,20 \text{ mol/L}$  de ácido clorídrico (HCl). A esta solução foram adicionados 4,0 g de hidróxido de sódio sólido (NaOH), agitando-se até sua completa dissolução. Considerando que nenhuma variação significativa de volume ocorreu e que o experimento foi realizado a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , assinale a afirmativa CORRETA:

- a) A solução resultante será neutra e terá pH igual a 7.
- b) A solução resultante será básica e terá pH igual a 13.
- c) A solução resultante será ácida e terá pH igual a 2.
- d) A solução resultante será ácida e terá pH igual a 1.
- e) A solução resultante será básica e terá pH igual a 12.

### Atividade laboratorial- Parte experimental

#### a) Construção da escala de pH e pOH;

**1- Objetivo:** Constituir uma escala de pH apropriando-se do conceito de diluição de soluções, a qual, por comparação, determinar aproximadamente o caráter ácido – básico de utensílios domésticos.

#### 2- Materiais e equipamentos:

- Tubos de ensaio;
- Estante para tubo de ensaio;
- Pera de sucção;
- Pipetas de 10 mL (1/10);
- Pipetas de 5 mL (1/10);
- Conta gotas.
- Equipamento de proteção individual;

### 3- Reagentes:

- Solução concentrada de ácido clorídrico;
- Solução concentrada de hidróxido de sódio;
- Água destilada;
- Indicadores ácido – básico;
- Ácido sulfúrico a 0,1 mol/L;
- Permanganato de potássio a 0,04 mol/L.

**4- Procedimento** - A partir de soluções concentradas de ácido clorídrico (33% a 37 % m/v) e de hidróxido de sódio P.A ou de 97% de pureza, realizar diluições (1/10) em tubos de ensaios para que se possa obter várias soluções de pH 0 a 6 e 8 a 14. Para o tubo de ensaio de pH 7, utilizar água destilada. Em seguida nos respectivos tubos de ensaios, colocar um indicador ácido - base apropriado, e constituir uma escala de pH, para conseguir determinar o caráter acidobásico, de diversos utensílios domésticos, como por exemplo: vinagre, suco de limão, shampoo, detergente, leite, água sanitária, água de torneira, águas minerais, etc.

### 5 - Resultados e Discussão

Apresente todos os resultados obtidos no ensaio realizado, discuta com os demais alunos as observações e resultados obtidos de maneira pertinentes durante o ensaio e faça as suas conclusões.

#### **b) Determinação do pH da água residencial e de várias marcas comerciais:**

**1- Objetivo:** Determinar o pH de várias amostras de água de procedência doméstica e comercial, para a verificação da conformidade do artigo 39 da Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

#### **2- Materiais e equipamentos:**

- Copos e Becker;
- pHMetro digital ;
- pHMetro de Bancada;
- Tira de pH-fix 0 – 14;
- Equipamento de proteção individual;

### **3- Reagentes:**

- Amostras de água;
- Água destilada;

**4- Procedimento** - Determinar o pH da água da água residencial e de várias marcas comerciais através das escalas de pH constituídas nas atividades anteriores e pelo método potenciométrico, utilizando o pHMetro digital, pHMetro de Bancada e pela tira de pH-fix 0 – 14, para verificação da conformidade do artigo 39 da Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que trata das conformidades organoléptica de potabilidade da água quanto ao seu pH.

### **5 - Resultados e Discussão**

Apresente todos os resultados obtidos no ensaio realizado, discuta com os demais alunos as observações e resultados obtidos de maneira pertinentes durante o ensaio e faça as suas conclusões.

## **MÓDULO 06**

### **Visita a Estação de Tratamento de Água**

Monte um mapa conceitual representando as etapas existentes em uma estação de tratamento de água e em seguida descreva resumidamente cada etapa existente.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- ATKINS, P.; JONES, L.; **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**, 3a ed., Bookman: Porto Alegre, 2006.
- 2- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília/DF, 14 dez. 2011.
- 3- BRASIL. **Fundação Nacional de Saúde. Manual de fluoretação da água para consumo humano / Fundação Nacional de Saúde**. – Brasília: Funasa, 2012.
- 4- BRASIL. **Fundação Nacional de Saúde. Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa / Fundação Nacional de Saúde**. – Brasília: Funasa, 2014.
- 5- BROWN, T. L.; LEMEY Jr., H. E.; BURTEN, B. E.; BURD-GE, J. R. **Química: a ciência central**. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- 6- Colombo. Apostila da Prática de floculação Jar Test em água. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, 2010.
- 7- DANTAS, C. A. F.; MORGADO, A. F.; PEREIRA, N. C.; CAMPREGHER, N. **Teste dos Jarros. Prática viabilizada pelo Projeto Fungrad 2003- processo no 322/2003** – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- 8- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2005.
- 9- KOTZ, J. C.; TREICHEL, Jr. P. M. **Química e Reações Químicas**, 5ª. ed., Pioneira Thomson: São Paulo, 2005, vol. 1.
- 10- LENZI, E.; LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B. **Introdução a Química da água / Ciência, vida e sobrevivência**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- 11- LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.
- 12- OHLWEILER, O. A. **Química Analítica Quantitativa**, 3ª ed., Livros Técnicos e Científicos: Rio de Janeiro, 1981, vol. 2.
- 13-RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamentos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

- 14- ROCHA, J.C.; ROSA, A.H.; CARDOSO, A.A. **Introdução à Química Ambiental**. Editora Bookman, 2004.
- 15-RUSSEL, J. B. 2ª ed. São Paulo: Makron Books, 1994. Volume 1.
- 16-SILVA, J. S. **Análise das diretrizes do plano nacional de recursos hídricos no contexto internacional de governança da água**. UFSC, Florianópolis, 2008.
- 17-SOUZA, M. H. S. **Guia Prático para Curso de Laboratório**. São Paulo: Scipione, 2002.
- 18- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ CENTRO DE TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL. **Relatório sobre pH, Alcalinidade, Cor, Turbidez e Jarrest**.
- 19- VALADARES, E. C.(2001): **“Propostas de experimentos de baixo custo centradas no aluno e na comunidade”**, in: Química Nova na Escola, n.º 13, pp. 38-40.
- 20- VIEGAS, A. R.; VIEGAS, I.; CASTELLANOS, R. A. **Fluoretação da água de abastecimento público**. **Revista da Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas**. São Paulo, v. 41, n. 4, p.2002-2004.
- 21- VOGEL, A. I. **Análise Quantitativa Inorgânica**. 5ª ed., Livros Técnicos e Científicos: Rio de Janeiro, 1992.