

AULA 7

Titulação ácido-base

OBJETIVOS

- ▶ Familiarizar com a técnica de titulação e sua funcionalidade;
- ▶ Escolher adequadamente as vidrarias volumétricas a serem utilizadas na titulação;
- ▶ Determinar quantitativamente a concentração de ácido acético e ácido clorídrico em amostras;
- ▶ Identificar o titulante e indicador adequados;
- ▶ Expressar corretamente a concentração de ácido acético no vinagre.

Corriqueiramente nos deparamos com informações tais como:

- O vinagre possui uma acidez de no mínimo 4% m/v de ácido acético e, no máximo 1% v/v de álcool (Fonte: Ministério da Agricultura – Portaria nº 745 de 24 de outubro de 1977).
- O soro fisiológico contém 0,9% m/v de cloreto de sódio.
- No Brasil, a portaria Ministério da Saúde N.º 2.914 de 14 de dezembro de 2011, estabelece o limite máximo de 500mg de CaCO_3 por litro para que a água seja admitida como potável.

Como podemos verificar se estas concentrações estão sendo rigorosamente cumpridas?

Veja os respectivos rótulos abaixo, na qual consta, dentre outras informações, a concentração exigida pela legislação.



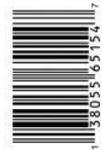
O soro fisiológico possui os seguintes usos:

- Higienização nasal: o soro fisiológico ajuda não só na limpeza e hidratação do nariz, mas também na prevenção de resfriados, gripes e nos sintomas alérgicos. A solução pode ser feita de forma caseira, com meio copo de água e uma colher de sal aplicados em um conta-gotas no nariz.
- Desidratação: para reposição de íons de sódio e cloro.
- Limpeza de ferimentos.
- Enxágue de lentes de contato.
- Em preparados para microscopia.
- Para nebulização para asma.

Produzido e Envasado por EMBAVI - Empresa Brasileira de Azeite e Vinagre Ltda.
 Rua Luiz Carlos Brunello, 197 - Chácara São Bento - CEP 13278-074 Valinhos - SP
 CNPJ 44.637.463/0001-55 - www.embavi.com.br - INDÚSTRIA BRASILEIRA
 Ingredientes: Vinagre de Alcool, Suco Concentrado de limão e Conservante INS 224
 Acidez Volátil: 4% - NÃO CONTEM GLÚTEN
 Registro do Produto MAPA nº SP-05117.00045-3
 Data da Fabricação, Validade e Lote, Vide Tampa.



DESDE 1974



750 ml



Vinagre de Álcool com
Limão



SAC (19) 2116-9600 

A determinação quantitativa de substâncias químicas em uma amostra pode ser feita através de várias técnicas analíticas, uma delas é a chamada **titulação**.

Titulação é uma técnica comum de laboratório em análise química quantitativa, usado para determinar a concentração de um reagente conhecido.

Existem vários tipos de titulação: a volumétrica, a gravimétrica e a colorimétrica.

A **titulação volumétrica**, que será abordada na aula de hoje, consiste em reagir completamente um volume conhecido de uma amostra (**analito**) com um volume determinado de um reagente de natureza e concentração conhecida (solução padrão). A técnica é baseada em uma reação entre o analito (titulado ou solução problema) e a solução padrão (**titulante**). Através da quantidade de titulante usada podemos calcular a quantidade de analito que estará presente numa amostra.

Na titulação volumétrica destaca-se a titulação ácido-base, titulação de oxidação-redução, titulação de precipitação e titulação de complexação.



Nesta aula vamos trabalhar apenas com a titulação volumétrica ácido-base

A titulação ácido-base baseia-se na reação de um ácido com uma base. O fator de controle da realização e finalização da reação é o **pH**, que representa a quantidade de íons hidrogênio $[H^+]$ ainda presente no meio reacional.

O **pH** é o símbolo para a grandeza físico-química **potencial hidrogeniônico**, que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. Os ácidos produzem os íons hidrogênio $[H^+]$, em solução aquosa.

O pH de uma solução pode ser calculado através da expressão matemática **$pH = -\log [H^+]$** , sendo que **$pOH = -\log [OH^-]$** e **$pH + pOH = 14$** .

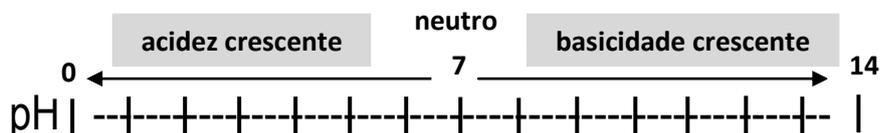
O pH aproximado de uma solução pode ser determinado experimentalmente usando-se uma variedade de corantes ou indicadores, enquanto o pH exato é medido através do equipamento chamado pHmetro (peagâmetro).

$$\begin{aligned} \text{pH do vinagre} &= -\log [1,6 \times 10^{-3} \text{ M}] = -(-2,80) = 2,80 \\ \text{pH da água pura (25}^{\circ}\text{C)} &= -\log [1,0 \times 10^{-7} \text{ M}] = -(-7,00) = 7,00 \\ \text{pH do sangue} &= -\log [4,0 \times 10^{-8} \text{ M}] = -(-7,40) = 7,40 \\ \text{pH da amônia} &= -\log [1,0 \times 10^{-11} \text{ M}] = -(-11,00) = 11,00 \end{aligned}$$

Fonte: KOTZ, V.1, 2009.

EscaLa de pH:

Na escala de pH, as substâncias cujo pH é menor que 7 são classificadas como ácidas, aquelas que apresentam pH maior que 7 são classificadas como básicas, e aquelas que apresentam pH 7 são consideradas neutras.

**Titulação volumétrica ácido-base:**

A reação entre um ácido e uma base leva a formação de um sal e água. Porém dependendo da força do ácido e da base o pH final desta reação poderá ser ácido, neutro ou básico. A reação que se verifica é denominada de neutralização.

Segundo Arrhenius esta neutralização pode ser representada como:



Nesse processo de titulação faz-se reagir um ácido com uma base até que se atinja o **ponto de equivalência**. No ponto de equivalência, o número de mols de H^+ é igual ao número de mols de OH^- . Assim:

$$\text{Número de mols de } \text{H}^+ = n_a$$

$$\text{Número de mols de } \text{OH}^- = n_b$$

$$\text{Concentração molar do ácido} = M_a$$

$$\text{Concentração molar da base} = M_b$$

$$\text{Volume do ácido} = V_a$$

$$\text{Volume da base} = V_b$$

$$M_a = n_a / V_a$$

$$M_b = n_b / V_b$$

$$N_a = M_a \cdot V_a$$

$$n_b = M_b \cdot V_b$$

Como, no ponto de equivalência, o número de mols de H^+ é igual ao número de mols de OH^- ($n_a = n_b$)

$$M_a \cdot V_a = M_b \cdot V_b$$

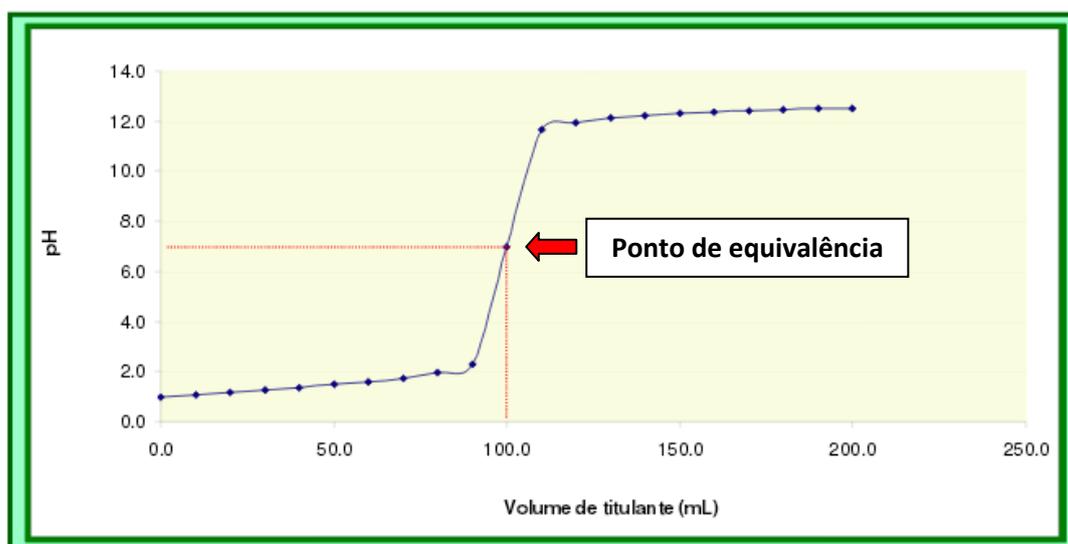
Fórmula da titulação ácido/base

O ponto de equivalência, em geral, ocorre sem nenhuma mudança visual no sistema. Por isso, para se verificar o ponto de equivalência, adiciona-se ao sistema um reagente auxiliar denominado **indicador**.

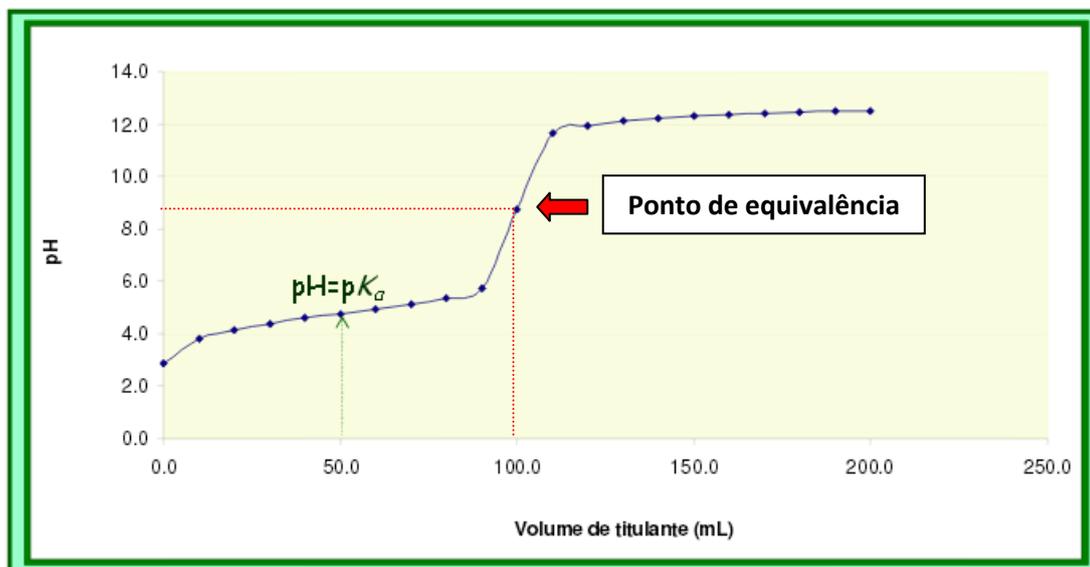
À medida que é adicionado o titulante ao titulado, o pH da solução (titulante+titulado) vai variar, sendo possível construir um gráfico desta variação, ao qual se dá o nome de **curva de titulação**. A curva de titulação é um gráfico de pH em função do volume do titulante adicionado. A forma da curva varia em função da força dos ácidos e bases que irão reagir. A curva de titulação é usada para determinar o pH no ponto de equivalência para poder escolher o indicador adequado.

Exemplos de Curva de titulação

- Ácido forte x Base forte: 100 mL de HCl 0,1 mol/L com NaOH 0,1 mol/L



- **Ácido fraco x Base forte:** 100 mL de CH_3COOH 0,1 mol/L com NaOH 0,1 mol/L

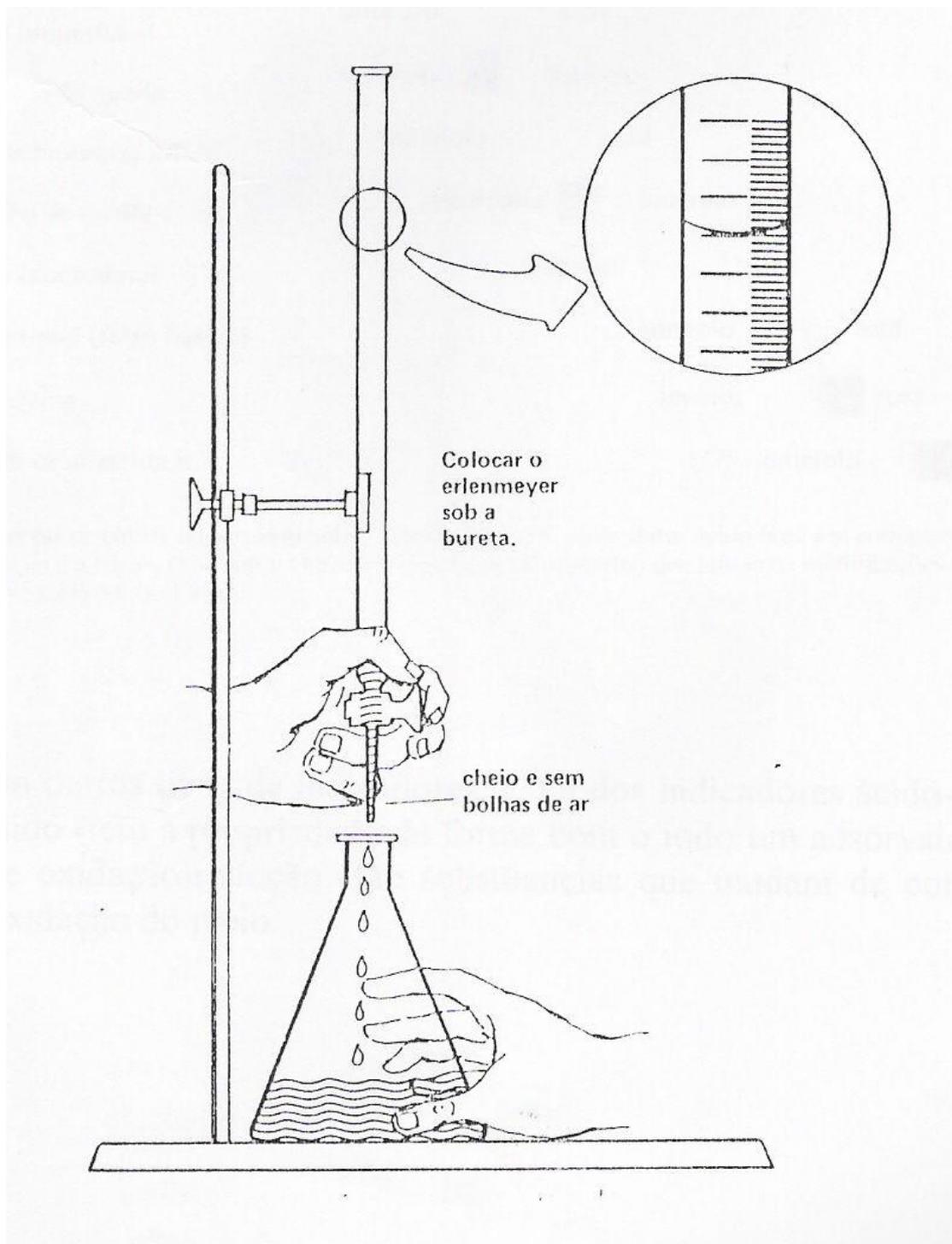


Indicadores ácido-base:

Os indicadores ácido-base são substâncias de caráter fracamente ácido ou básico que sofrem mudanças visíveis (mudança de cor) devido às variações de $[\text{H}^+]$ nas proximidades do ponto de equivalência. O ponto em que ocorre esta mudança de cor denomina-se **ponto final da titulação**. Assim podemos dizer que um indicador ácido-base é uma substância que apresenta uma variação de cor dentro de uma região determinada de pH, conhecida como zona de viragem ou zona de transição. O ponto final não coincide necessariamente com o ponto de equivalência. A diferença entre estes dois pontos constitui o erro da titulação. Esse erro é tanto menor quanto mais o ponto final se aproxima do ponto de equivalência. A proximidade entre o ponto final e o ponto de equivalência depende do indicador utilizado. Por esta razão é de grande importância para precisão do método titulométrico a escolha conveniente do indicador. A escolha adequada do indicador é feita através das curvas de titulação.

Na aula 6 (ver o roteiro da aula) foram representados vários indicadores ácido-base e as respectivas faixas de pH em que ocorre a mudança de cor, na Tabela 1. A Fenolftaleína, utilizada nas práticas de hoje como indicador ácido-base, possui ponto de viragem na região de pH de 8,2 a 10, sendo incolor para $\text{pH} < 8,2$ e rosa para $\text{pH} > 10$.

Esquema usado em uma titulação:



Bureta: Titulante

Erlenmeyer: Analito (ou titulado) + indicador

PARTE PRÁTICA

Procedimento 1: Determinação da concentração exata da solução de HCl 0,1 mol/L preparada na aula 5

- Lavar uma bureta de 25 mL com água destilada e, em seguida, duas vezes com pequenas porções de aproximadamente 3 mL de uma solução padrão de NaOH 0,1 mol/L (concentração conhecida – solução padrão). Desprezar as lavagens. Prender a bureta a um suporte apropriado.
- Com o auxílio de um funil, encher a bureta com a solução padrão de NaOH 0,1 mol/L até um pouco acima do traço que indica zero mL. Retirar as bolhas de ar que possam ter ficado no bico da bureta ou aderidas às suas paredes internas. Abrindo a torneira da bureta, deixe escoar a solução até que a parte inferior do menisco coincida com a referência do zero mL.
- Colocar em um erlenmeyer de 125 mL, 10 mL de uma solução de HCl 0,1 mol/L preparada em aula anterior (concentração aproximada).
- Adicionar à solução do erlenmeyer 3 gotas de solução alcoólica a 1% de fenolftaleína e agitar em seguida.
- Deixar escoar, lentamente, a solução da bureta sobre a solução do erlenmeyer, agitando-o sempre, até que persista uma coloração levemente rósea. Anotar o volume de NaOH 0,1 mol/L adicionado e calcular a concentração exata da solução de HCl utilizada.

OBS: normalmente este procedimento é feito em triplicata e a média dos volumes do titulante, nas 3 titulações, é a que é usada nos cálculos da concentração exata.

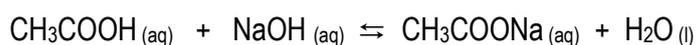
Apresente, abaixo, o cálculo da concentração exata da solução de HCl 0,1 mol/L preparada na aula 5.

Procedimento 2: Determinação da concentração de ácido acético em uma amostra de vinagre

- Utilizar a bureta de 25 mL usada no experimento anterior.
- Com o auxílio de um funil, encher a bureta com a solução de NaOH 0,1 mol/L.
- Transferir uma alíquota de 1,0 mL da amostra de vinagre para um erlenmeyer de 125 mL, com o auxílio de uma pipeta volumétrica. Adicione aproximadamente 10 mL de água destilada ao erlenmeyer (essa diluição

diminui a concentração de ácido acético em solução, porém não muda o número de mols desse reagente, não afetando o resultado final da titulação).

- Adicionar à solução do erlenmeyer 3 gotas de solução alcoólica a 1% de fenolftaleína e agitar em seguida.
- Titular com solução padrão de NaOH 0,1 mol/L até o aparecimento de uma leve coloração rósea, que persista por 30 segundos. Anotar o volume.
- Fazer a determinação em duplicata.



Apresente, abaixo, o cálculo da concentração de ácido acético na uma amostra de vinagre.

O ácido acético é um líquido incolor, de cheiro penetrante e sabor azedo. Este apresenta ponto de ebulição igual a 118 °C e é solúvel em água, éter e álcool. Quando puro e anidro, o ácido acético congela a 16,5 °C, tomando o aspecto de gelo. Por esta razão o ácido acético puro é conhecido como ácido acético glacial ($d = 1,053 \text{ g/cm}^3$ e 99,8 % m/m).



Consulte o rótulo:

Marca do vinagre:

Teor de acidez:

Cálculo em mol/L (valor teórico):

Cálculo em mol/L (valor experimental):

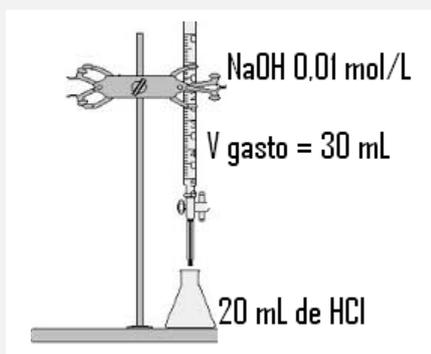
Cálculo em % m/v:

Referências Bibliográficas:

1. Kotz, J.C.; Treichel, P.Jr.; Química e Reações Químicas, 3ª Edição, LTC Editora, Rio de Janeiro - RJ, V.2, 1998.
2. Kotz, J.C.; Treichel, P.M.; Química Geral e Reações Químicas, Tradução da 6ª edição norte-americana, Cengage Learning, V.1, 2009,
3. <http://www.ufjf.br/nupis/files/2011/04/aula-4-Volumetria-de-Neutraliza%C3%A7%C3%A3o-alunos-2011.12.pdf> (acessado em 20/05/2014)

AUTO-AVALIAÇÃO

1. Relacione as vidrarias utilizadas na técnica de titulação volumétrica.
2. Qual outro indicador poderia se usar na determinação de ácido acético em vinagre?
3. A figura abaixo representa o esquema de uma titulação ácido-base.



De acordo com as informações apresentadas, calcule:

- a. A concentração do ácido presente no erlenmeyer.
 - b. O pH da solução contida na bureta.
4. Cerca de 10 mL de ácido clorídrico concentrado foram transferidos para um recipiente com capacidade de 1,0 L. Completou-se o volume do recipiente com água destilada. Quando essa solução foi utilizada para titular uma amostra de carbonato de sódio puro de massa 0,3054 g, gastou-se 35,09 mL para a sua completa neutralização. Tendo em vista o que foi informado acima, pede-se:
 - a) escreva a equação química balanceada representativa da reação;
 - b) calcule a molaridade da solução do HCl.