



Ano lectivo: 2010/2011

## Física e Química A

### 11º Ano - Química

#### AL.2.3. - Neutralização: uma reacção de ácido-base

Nomes: \_\_\_\_\_ N.ºs: \_\_\_\_\_ T.ª: \_\_\_\_\_

### PARTE I - Introdução

#### Questão - problema

*Como identificar se os resíduos são de um ácido/base forte?*

*Como neutralizar resíduos de ácidos/bases do laboratório de Química da escola?*

*Como determinar a concentração inicial em base?*

#### Objectivos

- Conhecer processos para neutralizar resíduos de ácidos/bases;
- Realizar tecnicamente uma titulação;
- Seleccionar indicadores adequados à titulação entre um ácido forte e uma base forte de acordo com a zona de viragem do indicador e a variação brusca do pH na curva de titulação;
- Determinar graficamente o ponto de equivalência e comparar com o valor teoricamente previsto;
- Identificar um ácido forte pela curva de titulação obtida usando uma base forte como titulante;
- Determinar a concentração do titulado a partir dos resultados, nomeadamente os extrapolados da curva de titulação.

#### Fundamentos Teóricos

A titulação é uma técnica que permite determinar a concentração desconhecida de um ácido ou de uma base. Na titulação adiciona-se uma solução de concentração rigorosa - o titulante, que se encontra numa bureta a uma solução contida num balão Erlenmeyer de concentração desconhecida - o titulado.

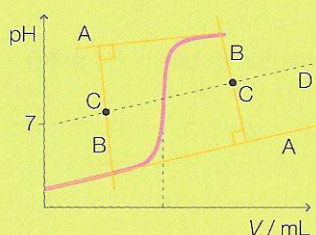
O ponto final da titulação é obtido com o auxílio de indicadores visuais (ácido-base). Estes são, em geral, ácidos ou bases orgânicos fracos, sensíveis a variações de pH de uma solução e têm a característica de apresentar, pelo menos, duas cores diferentes para diferentes valores de pH.

O ponto de equivalência de uma titulação é graficamente a partir da curva de titulação obtida (pH em função do volume de titulante adicionado).

#### Técnica

#### Determinação gráfica do ponto de equivalência

Para determinar o ponto de equivalência pode utilizar-se o seguinte método gráfico que se aplica quando a curva de titulação exhibe linhas rectas antes e depois da zona de viragem:



- As linhas rectas são prolongadas.
- São depois marcadas linhas perpendiculares a partir das linhas prolongadas.
- Determinam-se os pontos médios das linhas perpendiculares.
- Unem-se os pontos médios. A intersecção com a curva de titulação define o ponto de equivalência.

## PARTE II - Execução da actividade Experimental

### 1 - Titulação ácido forte - base forte

#### Material

- Bureta de 25 mL
- Suporte universal
- Pipeta volumétrica de 20mL
- 3 Balões Erlenmeyer de 100mL
- Proveta de 50 mL
- Pinça para buretas
- Pompete

#### Reagentes

- Solução de  $\text{HCl}$  de concentração desconhecida
- Solução padrão de  $\text{NaOH}$   $0,15 \text{ mol dm}^{-3}$
- Indicador ácido-base
- Água destilada

#### Procedimento

1. Medir rigorosamente, com uma pipeta, 3 tomas de  $20 \text{ cm}^3$  de uma solução de ácido clorídrico, para cada um dos três balões de Erlenmeyer.
2. Adicionar 3 gotas de um indicador adequado a cada balão.
3. Encher a bureta, depois de devidamente preparada (lavada com a solução de  $\text{NaOH}$ ), com solução padrão de  $\text{NaOH}$  de concentração rigorosa.
4. Registrar o volume inicial de titulante na bureta, atendendo aos algarismos significativos.
5. Proceder à adição cuidadosa de titulante até ocorrer a viragem de cor do indicador, que permaneça por agitação durante 30 s.
6. Registrar o volume final de titulante na bureta, atendendo aos algarismos significativos.
7. Repetir o ensaio até obtenção de três volumes concordantes ( $\Delta V \leq 0,10 \text{ cm}^3$ ).
8. Lavar de imediato e abundantemente a bureta com água da torneira ( $\text{NaOH}$  (aq) ataca o vidro).
9. Calcular o volume médio de titulante utilizado.
10. Calcular a concentração da solução de  $\text{HCl}$ .

### 2 - Determinação do ponto de equivalência através de uma curva de titulação

#### Material

- Bureta de 25 mL e suporte universal
- Pipeta volumétrica de 20mL
- Balão Erlenmeyer de 250mL
- Proveta de 50 mL
- Pompete
- Sensor de pH, máquina de calcular gráfica e CBL
- Papel milimétrico

#### Reagentes

- Solução de  $\text{HCl}$  de concentração desconhecida
- Solução padrão de  $\text{NaOH}$   $0,15 \text{ mol dm}^{-3}$
- Indicador ácido-base (azul de bromotimol)
- Água destilada

#### Procedimento

1. Medir rigorosamente com uma pipeta uma toma de  $20 \text{ cm}^3$  de solução de ácido clorídrico para um balão Erlenmeyer.
2. Encher a bureta depois de devidamente preparada, com solução padrão de  $\text{NaOH}$  de concentração rigorosa.
3. Registrar o volume inicial de titulante na bureta, atendendo aos algarismos significativos.
4. Configurar a máquina de calcular para se recolher medições do pH associadas ao volume de titulante adicionado:
  - No ecrã de configuração mover o cursor 4 para MODE e pressionar **Enter**
  - No ecrã SELECT MODE seleccionar 3: EVENTS WITH ENTRY. Em seguida, seleccionar 1: OK.
  - Pressionar 2: START para iniciar a recolha de dados. Após a estabilização do valor do pH, pressionar **Enter** e introduzir o valor 0 (zero) para o volume de titulante adicionado.
  - Iniciar a titulação com adições sucessivas de 2 mL de titulante, fazendo registos de valores de volume até um total de 9 mL (aproximadamente). Nota: registar o valor de pH após cada adição com agitação.
  - Continuar a titulação com adições de 0,5 mL de titulante, até ao total de 11,5 mL, depois 0,1 mL, até cerca de 15 mL, e continuar até cerca 30 mL com adições sucessivas de 2 mL.

- Para terminar, pressionar a tecla **STO**

5. Lavar de imediato e abundantemente a bureta com água da torneira (NaOH (aq) ataca o vidro).
6. Traçar a curva de titulação em papel milimétrico / na folha de Excel .
7. Determinar graficamente o pH no ponto de equivalência e o volume de titulante usado.
8. Comparar com o valor teórico previsto.
9. Calcular a concentração da solução de NaOH.

Menor valor da divisão da escala = 0,05 mL  
Incerteza absoluta de leitura = 0,03 mL

### Parte III - Registo e Tratamento dos resultados

#### 1 - Titulação ácido forte - base forte

| Ensaio | Medição de Volume de Titulante   |                                |                                         | Incerteza numa série de medições                         | Incerteza relativa       |
|--------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------|
|        | Leitura inicial<br>( $V_i$ / mL) | Leitura Final<br>( $V_f$ / mL) | Volume Utilizado<br>( $V_f - V_i$ / mL) | $d_i =  V_i - V_{\text{médio}} $<br>desvio absoluto (ml) | $d_i / V_{\text{médio}}$ |
| 1      | 0,00                             | 13,85                          | 13,85                                   | 0,10                                                     | 0,10/13,95               |
| 2      | 0,00                             | 14,05                          | 14,05                                   | 0,10                                                     | 0,10/13,95               |
| 3      | 0,00                             | 13,95                          | 13,95                                   | 0,10                                                     | 0,10/13,95               |
| Média  | 0,00                             | 13,95                          | 13,95                                   | 0,10                                                     | 0,007                    |

Valor da grandeza = valor mais provável  $\pm$  incerteza absoluta  
= (13,95  $\pm$  0,10 ) mL

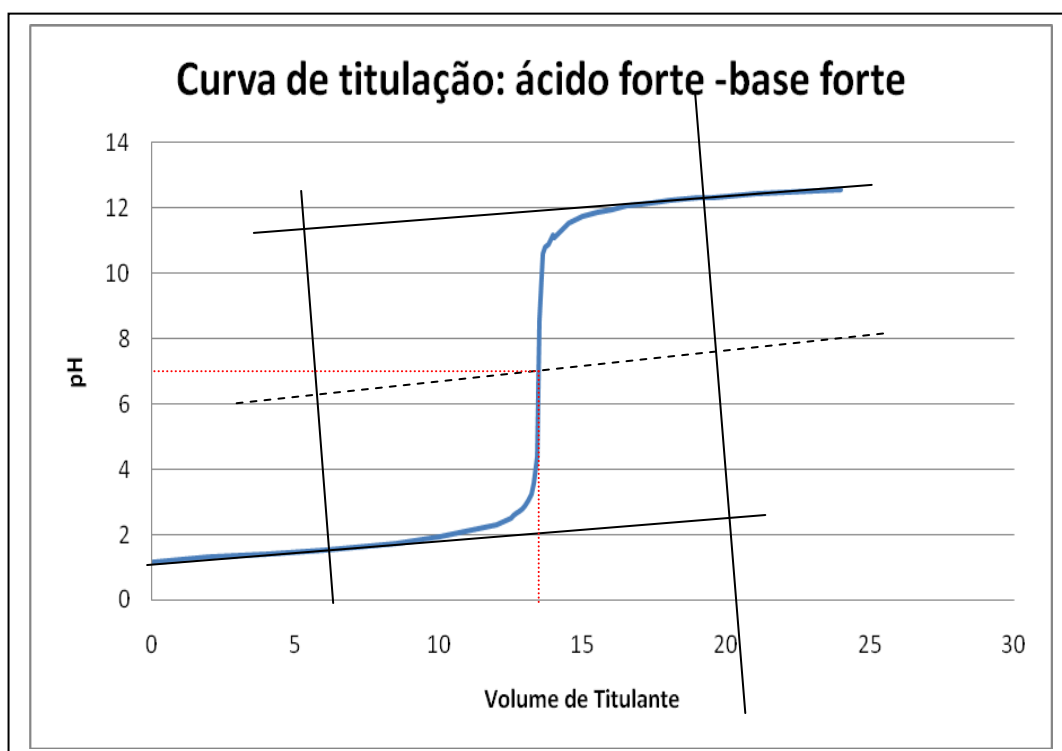
- 1- Calcular o volume médio (valor mais provável) de titulante.  
 $V_{\text{médio}} = 13,95$  mL (ver tabela)
- 2- Determinar a incerteza absoluta e a incerteza relativa.  
Incerteza absoluta = 0,10 mL  
Incerteza relativa = 0,007 (ver tabela)
- 3- Calcular a concentração do titulado atendendo à estequiometria da reacção.  
 $\text{NaHO (aq)} + \text{HCl (aq)} \rightarrow \text{NaCl (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)}$   
 $n_{\text{ácido}} = n_{\text{base}}$   
 $C_a V_a = C_b V_b$   
 $C_a \times 0,020 = 0,15 \times 0,01395$   
 $C_a = 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$

#### 2- Determinação do ponto de equivalência através de uma curva de titulação

| Volume de titulante<br>$\text{cm}^3$ | pH    | Volume de titulante<br>$\text{cm}^3$ | pH     |
|--------------------------------------|-------|--------------------------------------|--------|
| 0                                    | 1,171 | 13,8                                 | 10,865 |
| 2                                    | 1,302 | 13,95                                | 11,15  |
| 4                                    | 1,396 | 14                                   | 11,094 |
| 6                                    | 1,527 | 14,5                                 | 11,544 |
| 8,5                                  | 1,733 | 15                                   | 11,732 |
| 10                                   | 1,921 | 15,5                                 | 11,844 |
| 12                                   | 2,315 | 16                                   | 11,957 |

|      |        |      |        |
|------|--------|------|--------|
| 12,5 | 2,521  | 16,5 | 12,051 |
| 12,6 | 2,577  | 17   | 12,107 |
| 12,7 | 2,671  | 17,7 | 12,201 |
| 12,8 | 2,709  | 18   | 12,219 |
| 12,9 | 2,784  | 18,5 | 12,257 |
| 13   | 2,878  | 19   | 12,294 |
| 13,1 | 3,028  | 19,5 | 12,313 |
| 13,2 | 3,253  | 20   | 12,351 |
| 13,3 | 3,553  | 21   | 12,426 |
| 13,4 | 4,397  | 22   | 12,463 |
| 13,5 | 8,554  | 23   | 12,501 |
| 13,6 | 10,587 | 24   | 12,538 |
| 13,7 | 10,794 |      |        |

- 1- Representar graficamente (em papel milimétrico / folha de excel) a curva de titulação (  $\text{pH} = f(V)$  )

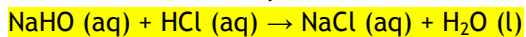


- 2- Determinar graficamente o valor de pH no ponto de equivalência e o volume de titulante usado.

$$\text{pH} = 7$$

$$V = 13,45 \text{ mL}$$

- 3- Calcular a concentração do titulado atendendo à estequiometria da reação.



$$n_{\text{ácido}} = n_{\text{base}}$$

$$C_a V_a = C_b V_b$$

$$C_a \times 0,020 = 0,15 \times 0,01345$$

$$C_a = 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$$

#### Parte IV - Questões pós-laboratoriais

- 1- Responde às questões-problema.

Como identificar se os resíduos são de um ácido/base forte? Fazendo uma titulação com uma base ou um ácido forte, respectivamente. O pH do ponto de equivalência indicará se o resíduo é de um ácido forte ou fraco. Se o

resíduo for de um ácido ou de uma base forte, ao ser titulado com uma base ou um ácido forte, respectivamente o pH do ponto de equivalência será igual a 7. Caso o pH do ponto de equivalência se afaste do valor 7 (a 25°C), então conclui-se que não é forte.

Como neutralizar resíduos de ácidos/bases do laboratório de Química da escola? Adicionando uma base ou um ácido, respectivamente, até que todo o resíduo reaja.

Como determinar a concentração inicial em base/ácido? Através de uma titulação. Pode-se utilizar um indicador universal para identificar o ponto final ou esboçar a curva de titulação (utilizando um medidor ou sensor de pH). Conhecendo a concentração e o volume de titulante gasto e o volume de titulado é possível calcular a concentração inicial, neste caso, do ácido clorídrico.

- 2- Compara o valor de pH obtido no procedimento 2 com o valor teoricamente previsto.

São iguais, pH do ponto de equivalência é 7 (a 25°C).

- 3- Porque é que a concentração do titulante tem de ser rigorosamente conhecida e não deve ser usada uma solução previamente preparada no laboratório da escola a partir da substância sólida?

Para conhecer a concentração da solução titulada é necessário conhecer rigorosamente a concentração da solução titulante, isto é, esta deve ser uma solução-padrão. As soluções de hidróxido de sódio não podem ser preparadas a partir do reagente sólido porque este costuma estar contaminado pelo dióxido de carbono da atmosfera:

