



Titulação ácido-base

Essencial

- Planear e realizar uma titulação ácido-base, interpretando o significado de neutralização e de ponto de equivalência.

Palavras-chave

- Titulação.
- Neutralização.
- Ponto de equivalência.



Problema!



Solução X
Concentração ?

É necessário determinar a concentração de uma de uma substância na solução (X)!

Sabe-se qual a é substância.
Desconhece-se a concentração dessa solução.

Solução?

Usar outra solução (Y), com uma substância que reaja com a primeira...



Solução Y
Concentração conhecida

Se a **concentração** desta segunda solução for **conhecida**...

Usando as informações da reação entre as substâncias nas duas soluções...

Basta fazer os cálculos, para determinar a concentração da solução inicial (X).

Definições de Titulação / Volumetria

“Uma titulação é um **procedimento para a determinação da quantidade de uma substância pela adição de uma quantidade medida de outra substância.**”

D. Reger, S. Goode, E. Mercer, “Química: Princípios e Aplicações”, 2ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, 2010, Lisboa.

“Uma volumetria envolve a **reação entre duas soluções** cujas espécies constituintes reagem entre si **até reação completa** ou próxima de completa (ponto de equivalência).

Na prática, uma volumetria, consiste na **medição de dois volumes (ou um volume e uma massa).**”

M. M. Vidal, O. Filipe, M. C. Costa, “Química no Laboratório”, 100 Luz, 2ª edição, Castro Verde, 2010.

Titulação / Volumetria com ácidos e bases

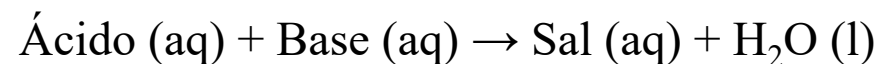
Uma reação ácido-base pode ser usada para **conhecer a concentração de uma solução** (ácida ou alcalina) **através da reação com outra solução** (alcalina ou ácida): isto é uma **titulação ácido-base**.

Numa titulação há 3 aspetos a considerar:

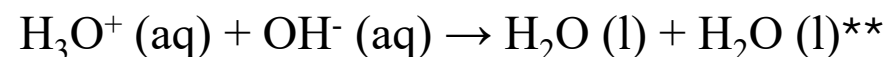
1. A **reação química deve ser bem conhecida**, ou seja, conhecer os reagentes, os produtos e a estequiometria da reação. A reação deve ser **completa e rápida**.
2. Há necessidade da **medição rigorosa de volumes** (das soluções envolvidas) **e de massas** (de substâncias a usar na preparação de soluções usadas).
3. Tem de existir a capacidade de **detetar uma alteração de uma propriedade** (física ou química) **para determinar o ponto de equivalência ou o ponto final da titulação**.

Reação bem conhecida: Neutralização

A adição de um ácido a uma base (ou vice-versa) leva a uma variação de pH através da ocorrência de uma reação de ácido-base, geralmente chamada **reação de neutralização** (embora muitas vezes não se obtenha uma solução neutra*).



Ou, de outra forma:



(em alguns casos não se obtém água***)

* Aspeto a estudar mais tarde.

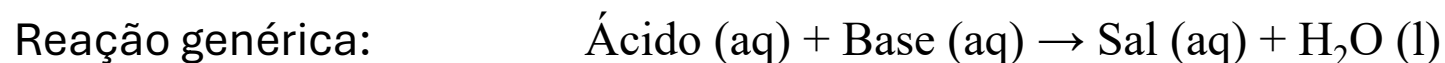
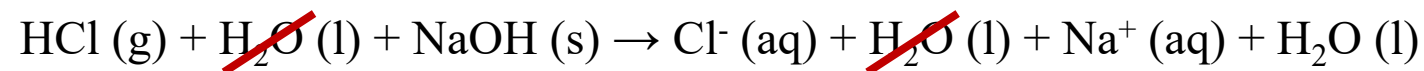
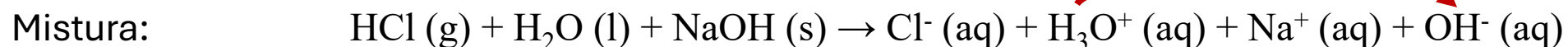
** Considera-se a reação muito extensa/praticamente completa.

*** Assunto não estudado a este nível.

Reação bem conhecida: Neutralização

Exemplo:

Neutralização de HCl com NaOH:



Curvas de titulação ácido-base

A curva de titulação ácido-base representa a **variação do pH da solução de concentração desconhecida (titulado) em função do volume adicionado da solução de concentração conhecida (titulante)** adicionado a partir da bureta.



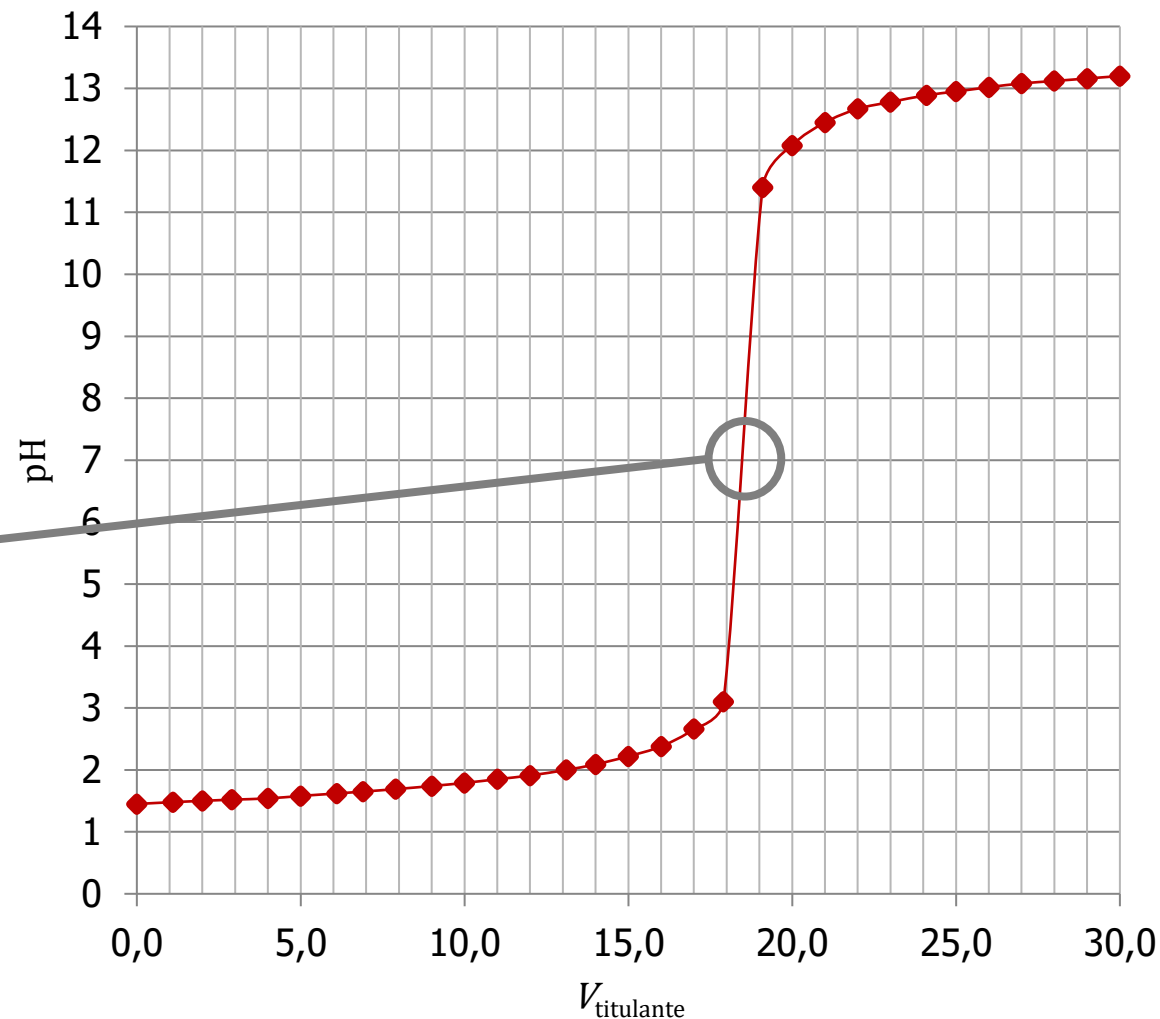
Neste exemplo a solução inicial é ácida (titulado) e o titulante é uma solução básica.

O **ponto de equivalência** é o ponto de inflexão da curva de titulação.

Diferentes combinações

ácido/base + fraco(a)/forte

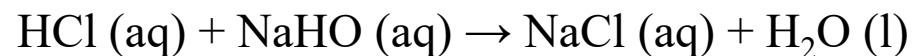
resultam em diferentes curvas de titulação.



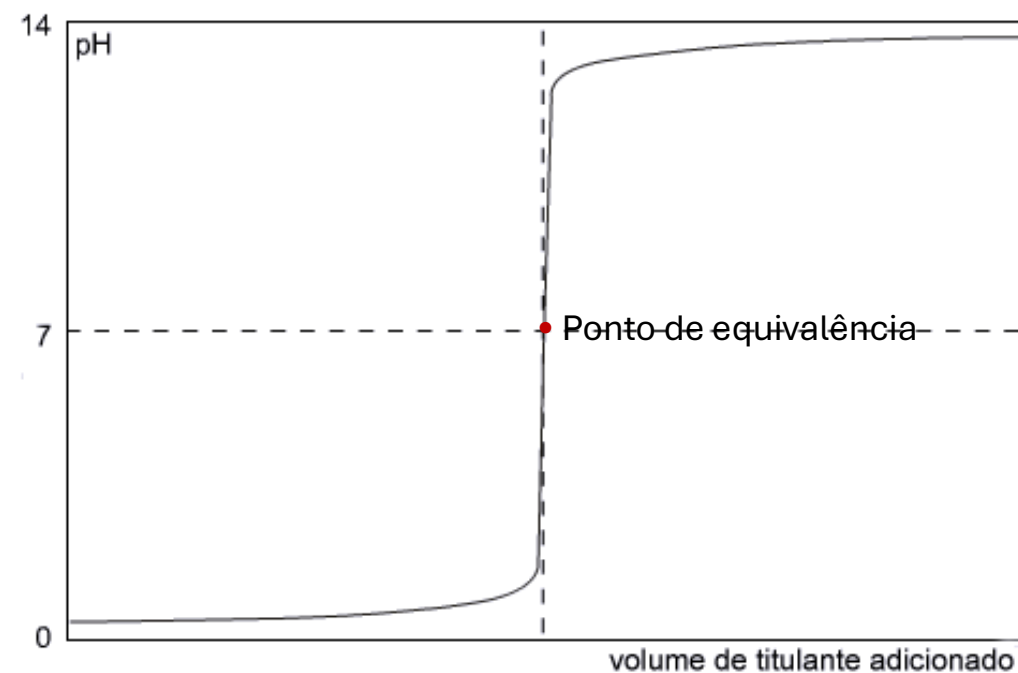
Curvas de titulação

Ácido forte – base forte

A titulação de um ácido forte com uma base forte gera um sal neutro e água.



Deste modo o pH do ponto de equivalência resulta da autoionização da água ($\text{pH} = 7$, a 25°C).



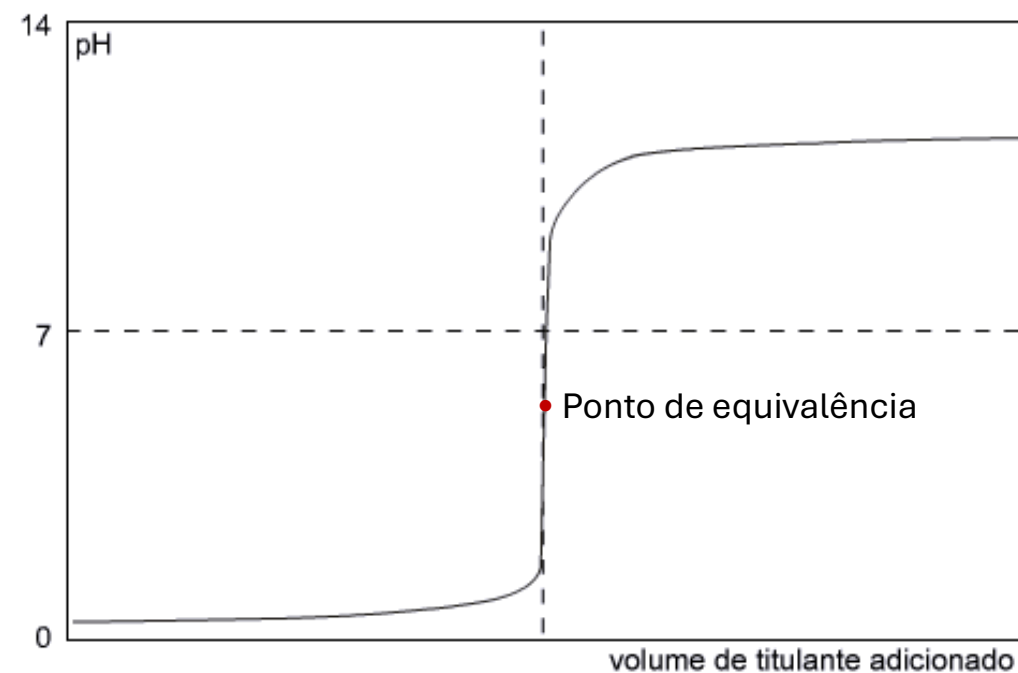
[Figura adaptada a partir da simulação [Acid-base Indicators Simulation](#)]

Curvas de titulação

Ácido forte – base fraca

Titulação de um ácido forte com uma base fraca.

O ponto de equivalência é menor que 7 (25 °C).



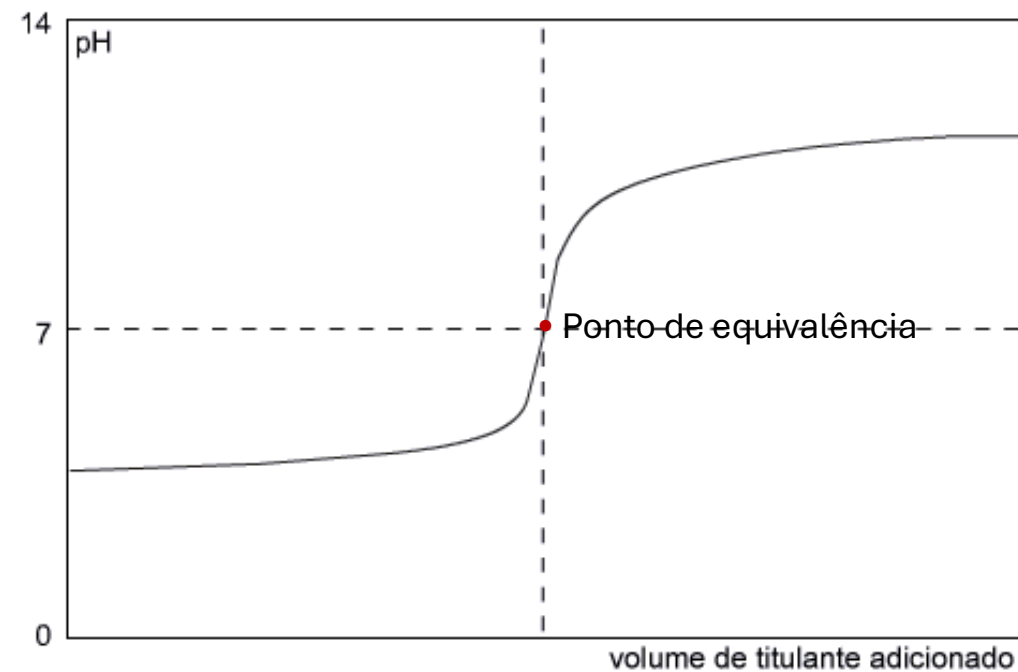
[Figura adaptada a partir da simulação [Acid-base Indicators Simulation](#)]

Curvas de titulação

Ácido fraco – base fraca

Titulação de um ácido fraco com uma base fraca.

O ponto de equivalência é igual a 7 (25 °C).



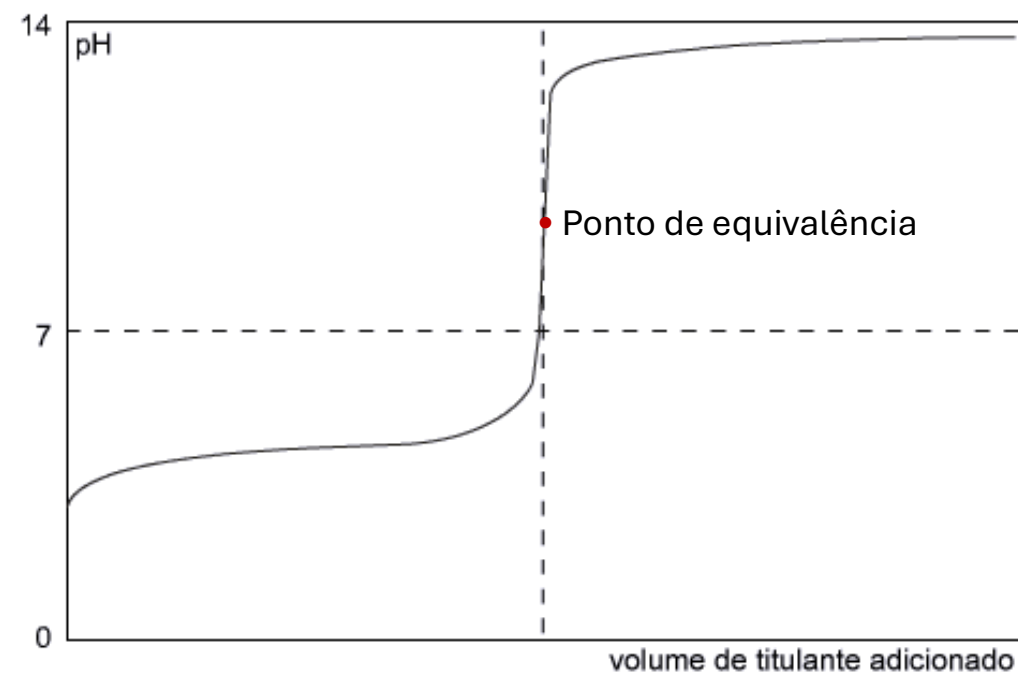
[Figura adaptada a partir da simulação [Acid-base Indicators Simulation](#)]

Curvas de titulação

Ácido fraco – base forte

Titulação de um ácido fraco com uma base forte.

O ponto de equivalência é maior que 7 (25 °C).



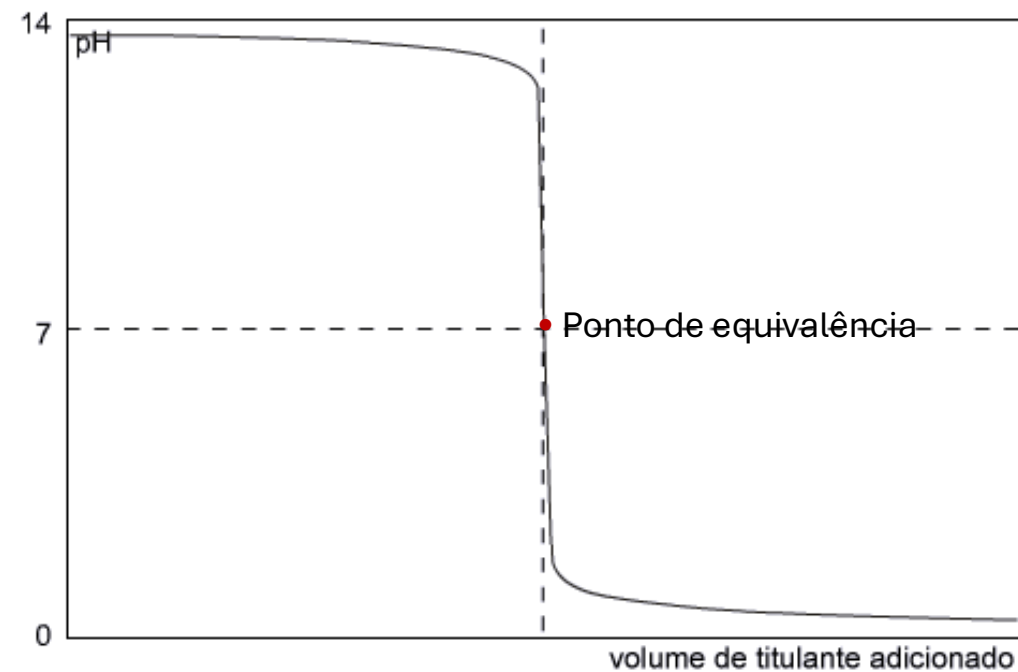
[Figura adaptada a partir da simulação [Acid-base Indicators Simulation](#)]

Curvas de titulação

Base forte – ácido forte

Titulação de uma base forte com um ácido forte.

O ponto de equivalência é igual a 7 (25 °C).



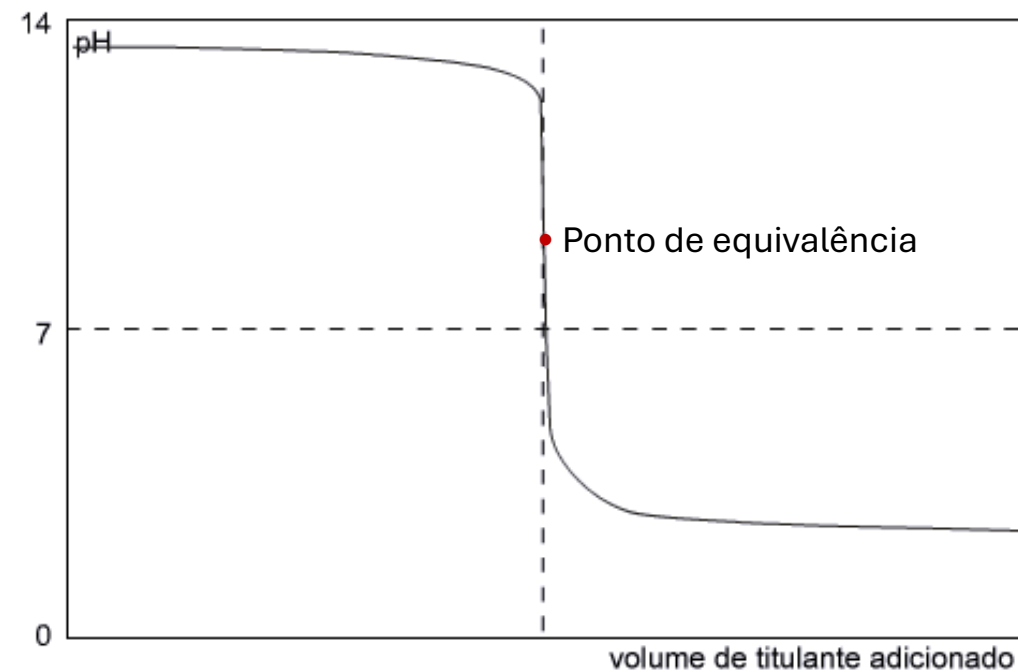
[Figura adaptada a partir da simulação [Acid-base Indicators Simulation](#)]

Curvas de titulação

Base forte – ácido fraco

Titulação de uma base forte com um ácido fraco.

O ponto de equivalência é maior que 7 (25 °C).



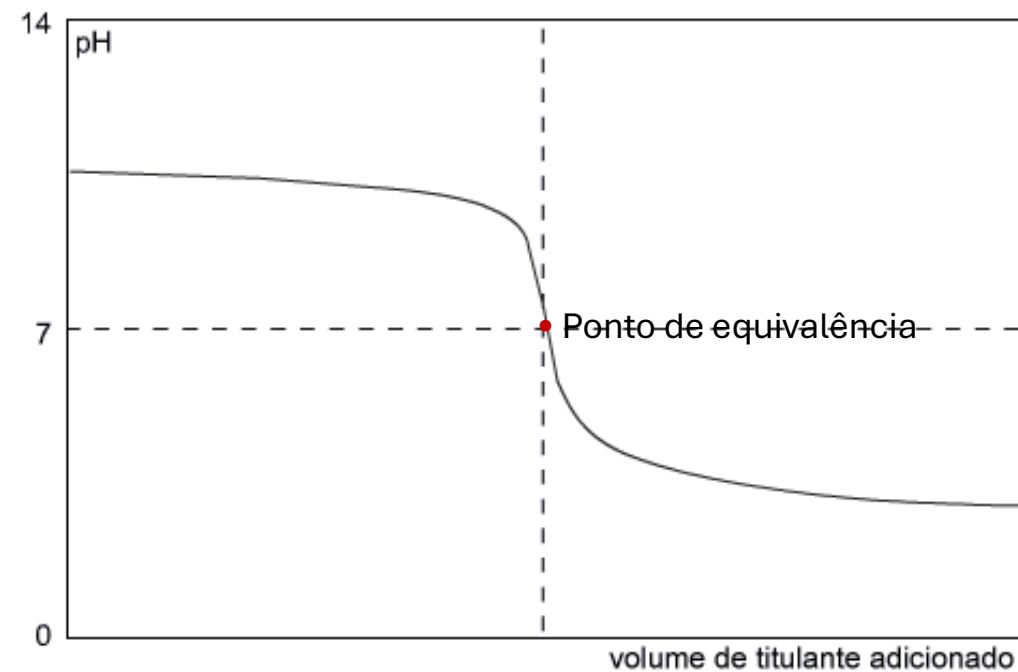
[Figura adaptada a partir da simulação [Acid-base Indicators Simulation](#)]

Curvas de titulação

Base fraca – ácido fraco

Titulação de uma base fraca com um ácido fraco.

O ponto de equivalência é igual a 7 (25 °C).



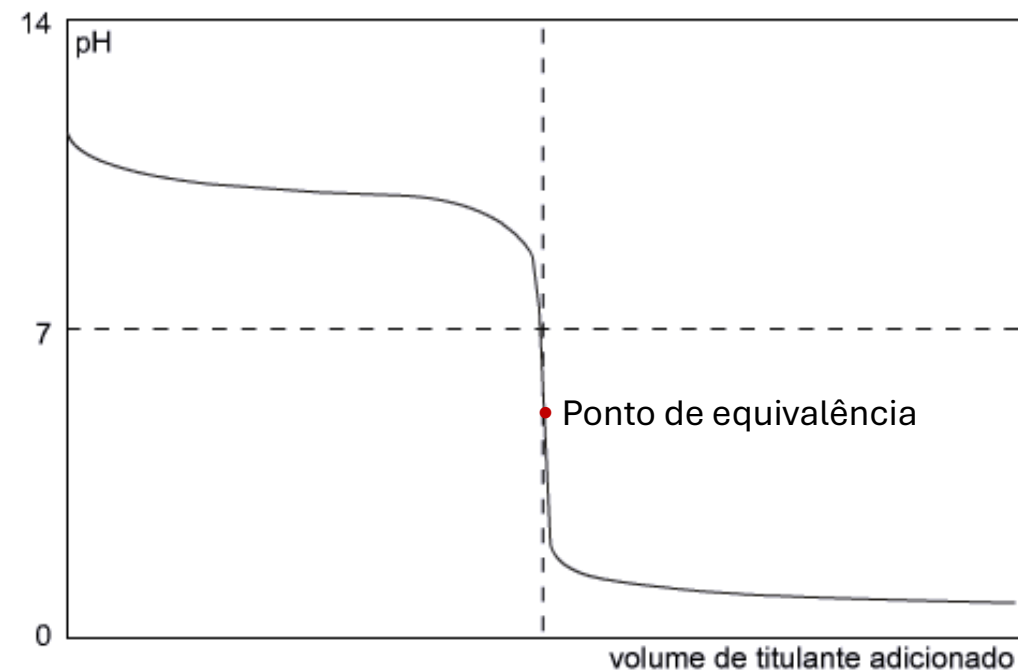
[Figura adaptada a partir da simulação [Acid-base Indicators Simulation](#)]

Curvas de titulação

Base fraca – ácido forte

Titulação de uma base fraca com um ácido forte.

O ponto de equivalência é menor que 7 (25 °C).



[Figura adaptada a partir da simulação [Acid-base Indicators Simulation](#)]

Ponto final

Na prática, **é difícil detetar exatamente o ponto de equivalência, sendo detetado o ponto final** através de uma **variação brusca de uma propriedade física ou química da solução resultante.**

(Erro de titulação: é a menor diferença possível entre o ponto de equivalência e o ponto final)

A deteção do ponto final pode ser realizado através:

Indicador colorimétrico de ácido-base.



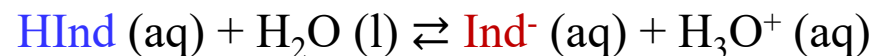
Medidor de pH – método potenciométrico.



Indicadores ácido-base

Indicador ácido-base

Um indicador ácido-base é uma substância que em solução aquosa apresenta duas formas em equilíbrio, HInd e Ind^- , com cores diferentes.



Cor 1

Cor 2

Neste exemplo:

A adição de ácido (provocando o aumento da $[\text{H}_3\text{O}^+]$) à solução onde o indicador se encontra, favorece a reação no sentido inverso (Princípio de Le Châtelier), aumentando a cor azul.

A adição de base (provocando a diminuição da $[\text{H}_3\text{O}^+]$) à solução onde o indicador se encontra, favorece a reação no sentido direto (Princípio de Le Châtelier), aumentando a cor vermelha.

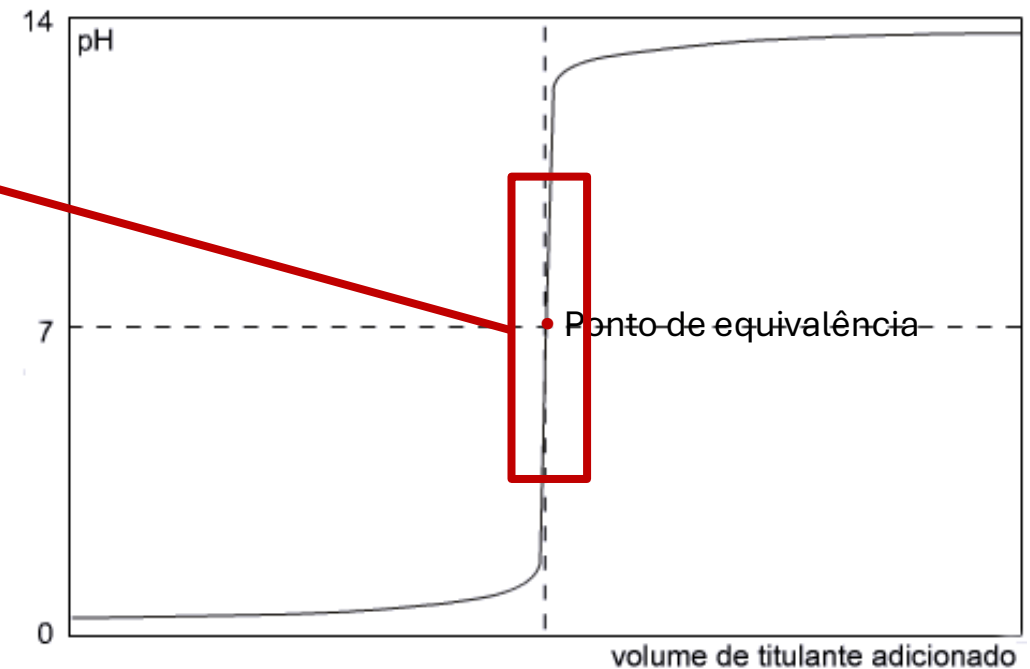
[Indicadores ácido-base]

Seleção de um indicador

A zona de viragem do indicador (zona de pH em que há alteração da sua cor) **deve estar na zona de variação brusca do pH que ocorre perto do ponto de equivalência.**

Normalmente, o **indicador adequado é aquele cuja zona de viragem contém o ponto de equivalência.**

Quanto mais estreita for a zona de viragem de um indicador, mais adequada é a sua utilização.



[[Indicadores ácido-base](#)]

[Figura adaptada a partir da simulação [Acid-base Indicators Simulation](#)]

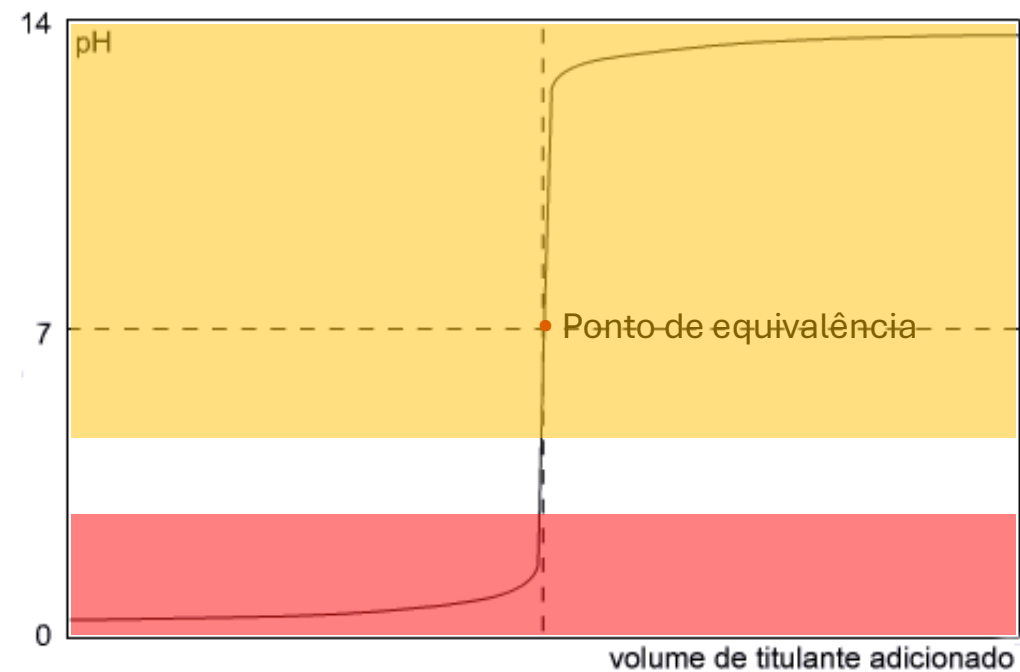
Seleção de um indicador

Indicador: Amarelo de metilo

Zona de viragem

Vermelha 2,9 – 4,0 Amarela

Não é adequado!



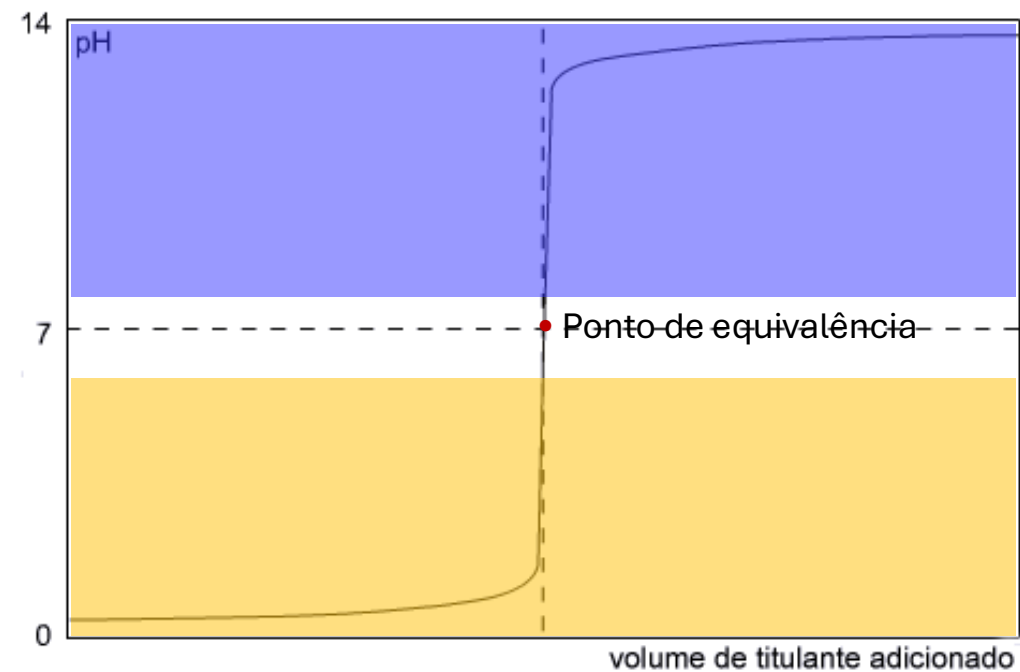
Seleção de um indicador

Indicador: Azul de bromotimol

Zona de viragem

Amarelo 6,0 – 7,6 Azul

É adequado!



Titulação

Material

- 1 Balão volumétrico (para preparação do **titulante**)
- 2 Suporte universal
- 3 Suporte para buretas
- 4 Bureta (para o **titulante**)
- 5 Funil (para transferir o titulante para a bureta)
- 6 Erlenmeyer / 7 Gobelé (para o **titulado**)
- 8 Pipeta para medir o volume de titulado a usar
- 9 Indicador ácido-base / 10 Medidor de pH

Também poderá ser necessário uma balança na preparação da solução de titulante, se esta for preparada a partir de uma substância sólida.



Titulação

Para realizar a titulação é necessário:

A solução titulada

(colocada no erlenmeyer ou gobelé)
(o volume é medido com pipeta);

A solução titulante,

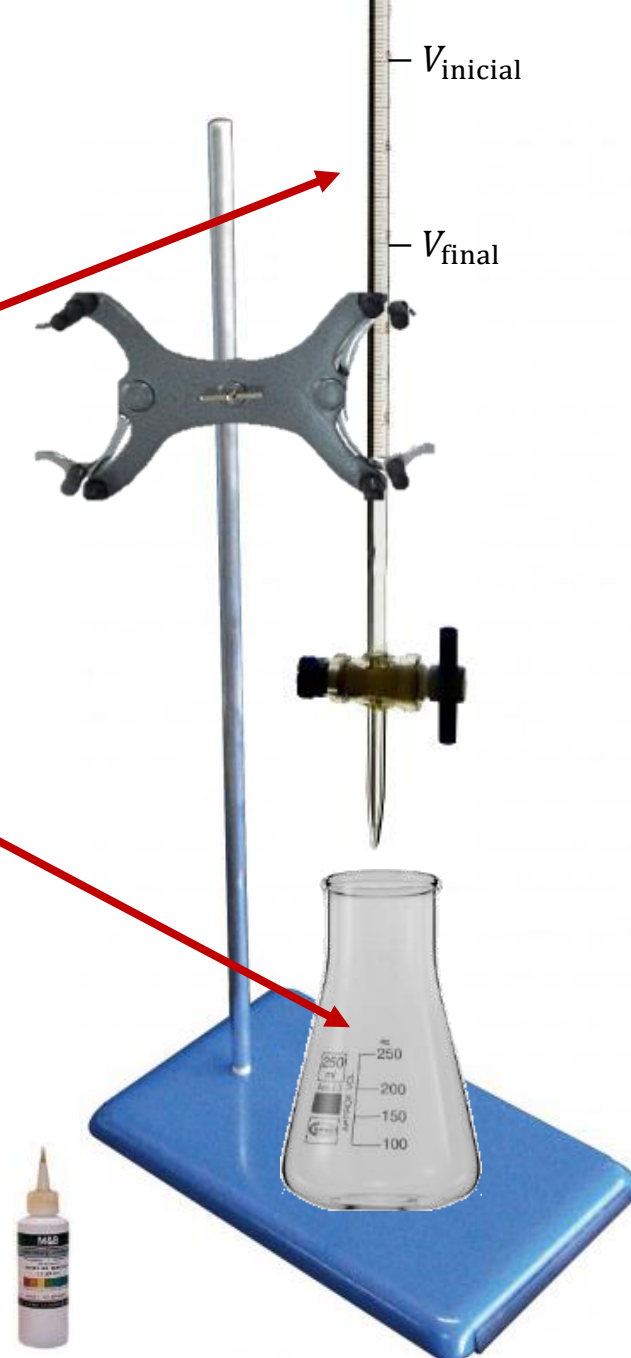
de concentração conhecida

(é transferida para a bureta)
(o volume usado irá ser medido no final: $V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}}$);

Um método de saber que se atingiu o ponto de equivalência

(um indicador ácido-base, por exemplo).

A mistura que se obtém após a adição do titulante deve ser permanentemente homogeneizada por agitação (pode ser usado um agitador magnético).

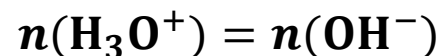


Titulação

Adiciona-se a solução **titulante** (na bureta) à solução do **titulado** (no erlenmeyer) até se atingir o **ponto de equivalência**.

Ponto de equivalência

O ponto de equivalência atinge-se quando as quantidades de ácido e de base estão nas proporções estequiométricas:



Para ácidos e bases monoproticos pode-se escrever simplesmente

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

[Titrations]



Cálculos

Objetivo: calcular $c_{\text{ácido}}$ (o titulado)

O que sabemos do titulado:

$V_{\text{ácido}}$ a titular no erlenmeyer

O que sabemos do titulante:

c_{base} preparada por nós

V_{base} gasta até ao **ponto final***

Por isso sabemos n_{base} gasta

$$n_{\text{base}} = c_{\text{base}} V_{\text{base}}$$

Como a titulação foi concluída no **ponto final**** : $n_{\text{ácido}} = n_{\text{base}}$

Então é possível calcular

$$c_{\text{ácido}} = \frac{n_{\text{ácido}}}{V_{\text{ácido}}}$$

* O ponto final não é o ponto de equivalência, mas é o valor experimental determinado.

** Este cálculo é para uma estequiometria ácido monoprótico-base monoprótica.

[No caso de ser um ácido a titular uma base, a lógica de resolução será semelhante.]



Essencial

- Planear e realizar uma titulação ácido-base, interpretando o significado de neutralização e de ponto de equivalência.

Palavras-chave

- Titulação.
- Neutralização.
- Ponto de equivalência.

Bibliografia

- “Aprendizagens Essenciais – Física e Química A – 11º ano”, Ministério da Educação, 2018.
- D. Reger, S. Goode, E. Mercer, “Química: Princípios e Aplicações”, 2ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, 2010, Lisboa.
- M. M. Vidal, O. Filipe, M. C. Costa, “Química no Laboratório”, 100luz, 2ª edição, Castro Verde, 2010.
- J. Paiva, M. G. Matos, C. Morais, C. Fiolhais, “11 Q – Física e Química A – Química”, Texto Editores, Lisboa, 2022.
- C. C. Silva, C. Cunha, “Química em Reação 11”, Porto Editora, Porto, 2022.

Ligações

- [Indicadores ácido-base](#), 24/04/2018.
- [Titrations](#), 13/04/2018.
- [Titration Simulation](#), 13/04/2018.
- [Determination of the Molarity of an Acid or Base solution](#), 13/04/2018.