

GTA | Guião de Trabalho Autónomo n.º 39

FÍSICA E QUÍMICA A 11.º ANO

Tema 3: Equilíbrio químico

Subtema 1: Aspectos quantitativos das reações químicas



PORQUÊ APRENDER SOBRE...?



O QUE VOU APRENDER?



COMO VOU APRENDER?



O QUE APRENDI?



COMO POSSO COMPLEMENTAR A
APRENDIZAGEM?



PORQUÊ APRENDER SOBRE...?

Determinação experimental do rendimento da reação

Sabias que a aspirina é um dos medicamentos mais produzidos no mundo? O composto responsável por este medicamento é o ácido acetilsalicílico. Neste guião, vais analisar a sua síntese e determinar, experimentalmente, o rendimento da reação realizada no laboratório. O cálculo do rendimento permite comparar a quantidade de produto obtida com a quantidade prevista teoricamente, avaliando assim a eficiência da síntese e a qualidade dos resultados experimentais. Estes cálculos são importantes tanto em laboratório como na indústria química e farmacêutica. O ácido acetilsalicílico foi sintetizado pela primeira vez em 1897 por Felix Hoffmann, na Bayer, e dois anos depois começou a ser comercializado com o nome Aspirina.



O QUE VOU APRENDER?

- Interpretar o significado das equações químicas em termos de quantidade de matéria.
- Compreender o conceito de reagente limitante numa reação química, usando exemplos simples da realidade industrial.
- Resolver problemas envolvendo a estequiometria de uma reação, incluindo o cálculo do rendimento, explicando as estratégias de resolução e os raciocínios demonstrativos que fundamentam uma conclusão.
- **Determinar, experimentalmente, o rendimento na síntese de um composto, avaliando os resultados obtidos.**
- Comparar reações químicas do ponto de vista da química verde, avaliando as implicações na sustentabilidade social, económica e ambiental.



COMO VOU APRENDER?

GTA 35: Estequiometria das reações

GTA 36: Reagente limitante

GTA 37: Pureza e rendimento

GTA 38: Economia atómica e Química Verde

GTA 39: Determinação experimental do rendimento da reação

Tema 3: Equilíbrio químico

Subtema 1: Aspectos quantitativos das reações químicas



GTA 39: Determinação experimental do rendimento da reação

Objetivos:

- Determinar, experimentalmente, o rendimento na síntese de um composto, avaliando os resultados obtidos.

Recursos e materiais: manual de Química, caderno diário, calculadora e *internet*.

No **GTA 37** estudaste o conceito de **rendimento de uma reação química**, que permite comparar a quantidade de produto obtida experimentalmente com a quantidade prevista teoricamente.

Neste guião vais aplicar esse conceito à **síntese do ácido acetilsalicílico (aspirina)** e determinar o rendimento da reação a partir de dados experimentais.

TAREFA 1: Recordar e responder

Na presença de ácido sulfúrico concentrado (catalisador), o ácido salicílico reage com o anidrido acético, formando ácido acetilsalicílico e ácido acético.

- **Escreve**, no teu caderno, a equação química da reação de síntese do ácido acetilsalicílico, usando as fórmulas moleculares, incluindo os estados físicos. **Indica** as massas molares de cada substância (consulta o teu manual).
- Na síntese, adicionaram-se 2,00 g de ácido salicílico a 5,00 mL de anidrido acético ($\rho = 1,08 \text{ g cm}^{-3}$). **Determina**, com cálculos, qual dos reagentes é o reagente limitante. **Regista** todos os cálculos efetuados no teu caderno.



TAREFA 2: Trabalho laboratorial: procedimento

Síntese do Ácido Acetilsalicílico

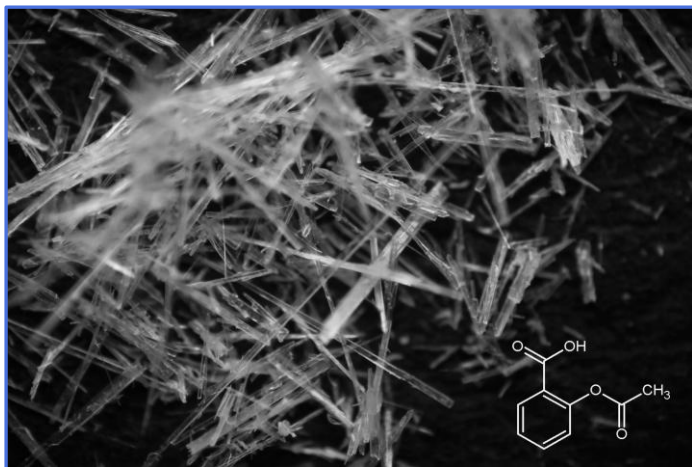


Figura 1. Macrofotografia de cristais de ácido acetilsalicílico.
Fonte: Steve Mike Neef, trabalho próprio ([Wikimedia Commons](#)).

Este guião foi concebido para que possas trabalhar os dados da atividade laboratorial mesmo que não a tenhas realizado presencialmente. Nesta tarefa, analisa o material e os procedimentos necessários.

Material utilizado:

(Consulta o teu manual para te recordares da função e aspeto de cada material. Se não reconheces algum material, consulta o manual ou pesquisa antes de prosseguir.)

- Erlenmeyer de 100 mL
- Espátula
- Funil de pós
- Pipeta de 5 mL + pipeta de 2 mL
- Pompete / macrocontrolador
- Termómetro
- Vareta de vidro
- Balança analítica
- Placa de aquecimento
- Conta-gotas
- 2 copos de precipitação de 600 mL
- Proveta de 25 mL
- Funil de Büchner + Guko
- Kitasato
- Bomba de vácuo
- Vidro de relógio
- Pinça
- Papel de filtro
- Estufa ou exsiccador



Procedimento experimental (para análise):

1. **Pesar** cerca de **2,00 g de ácido salicílico** num erlenmeyer de 100 mL.
2. **Medir 5,00 mL de anidrido acético** e **adicionar** ao erlenmeyer.
3. **Adicionar 4 gotas de ácido sulfúrico concentrado.**
4. **Aquecer** a mistura em banho de água a **50–60 °C** durante cerca de **10 minutos**, agitando até dissolver o ácido salicílico.
5. **Adicionar 2 mL de água destilada**, mantendo o aquecimento e a agitação.
6. **Retirar** o erlenmeyer do banho de água e **adicionar 20 mL de água fria.**
7. **Arrefecer** em banho de gelo para favorecer a formação de cristais de ácido acetilsalicílico.
8. **Filtrar** os cristais por **filtração a vácuo**, medindo previamente a massa do papel de filtro.
9. **Lavar** os cristais com água fria duas vezes, utilizando **5 mL de cada vez**, e **secar** por vácuo.
10. **Transferir** o papel de filtro com os cristais para um vidro de relógio previamente pesado.
11. **Secar** os cristais na estufa a 90 °C durante 15–20 minutos, ou ao ar / em exsiccador.
12. **Determinar** a massa final dos cristais obtidos

Segurança: Todo o manuseamento de anidrido acético e ácido sulfúrico deve ser feito na **hotte**. Usar bata, luvas e óculos de proteção. Em caso de contacto com a pele, lavar imediatamente com água abundante.

Assiste ao vídeo [Synthesis of Aspirin Lab](#) para rever as principais etapas da síntese do ácido acetilsalicílico analisada neste guião (podes ativar as legendas em português).



TAREFA 3: Registo e tratamento dos dados experimentais

Etapa 1: Resultados obtidos

Durante a atividade laboratorial foram obtidos os seguintes dados:

Massas registadas durante a atividade (g)				
Ácido salicílico	Anidrido acético	Ácido sulfúrico (4 gotas ≈ 0,200 mL)	Papel de filtro + vidro de relógio	Ácido acetilsalicílico + papel de filtro + vidro do relógio
2,00	5,40	0,368	36,08	37,80

Copia para o teu caderno a tabela com os resultados obtidos.



Etapa 2: Responder no caderno

1. **Calcula** a massa de ácido acetilsalicílico obtida experimentalmente.
2. **Determina** a quantidade de matéria de ácido acetilsalicílico obtida.
3. **Determina** a quantidade de matéria teórica de ácido acetilsalicílico que poderia ser obtida.
4. **Calcula** a massa teórica de ácido acetilsalicílico.
5. **Calcula** o rendimento da síntese do ácido acetilsalicílico. **Apresenta** todos os cálculos efetuados.

TAREFA 4: Análise crítica dos resultados

- O que se pode concluir se os cristais obtidos apresentarem cheiro a vinagre?
- Interpreta o valor do rendimento obtido. O rendimento poderia melhorar se os cristais fossem lavados com água mais fria ou mais quente? **Justifica**.

TAREFA 5: Síntese e Química Verde

Consulta o teu manual e identifica os pictogramas de perigo associados aos reagentes utilizados na síntese do ácido acetilsalicílico (ácido salicílico, anidrido acético e ácido sulfúrico). Com base nessa informação, **avalia** qualitativamente a síntese realizada do ponto de vista da Química Verde, considerando a toxicidade dos reagentes utilizados.

TAREFA 6: Consolidação de conhecimentos

Resolve os exercícios propostos no teu manual sobre a síntese do ácido acetilsalicílico.

Compara as tuas respostas com as soluções e com as respostas dos teus colegas.

Regista dúvidas e **revê** os conceitos, se necessário.

Estuda com um colega.

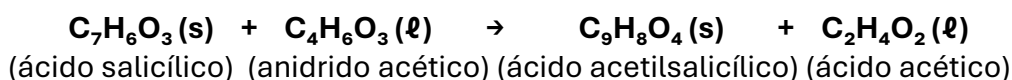


PROPOSTA DE RESOLUÇÃO

TAREFA 1

Na presença de ácido sulfúrico concentrado (catalisador), o ácido salicílico reage com o anidrido acético, formando ácido acetilsalicílico e ácido acético.

Escreve, no teu caderno, a equação química da reação de síntese do ácido acetilsalicílico, usando as fórmulas moleculares, incluindo os estados físicos. Indica as massas molares de cada substância (consulta o teu manual).



$$M(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3) = 138,13 \text{ g mol}^{-1} \quad | \quad M(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3) = 102,10 \text{ g mol}^{-1}$$
$$M(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) = 180,17 \text{ g mol}^{-1} \quad | \quad M(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2) = 60,06 \text{ g mol}^{-1}$$

Na síntese, adicionaram-se 2,00 g de ácido salicílico a 5,00 mL de anidrido acético ($\rho = 1,08 \text{ g cm}^{-3}$). Determina, com cálculos, qual dos reagentes é o reagente limitante. Regista todos os cálculos efetuados no teu caderno.

Ácido salicílico: $n(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3) = 2,00 / 138,13 = 0,01448 \text{ mol}$

Anidrido acético: $m = \rho \times V = 1,08 \times 5,00 = 5,40 \text{ g} \rightarrow n(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3) = 5,40 / 102,10 = 0,0529 \text{ mol}$

Como a proporção estequiométrica é **1 : 1** e $n(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3) < n(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3)$, o **ácido salicílico é o reagente limitante**.

TAREFA 3:

Etapa 2

1. Calcula a massa de ácido acetilsalicílico obtida experimentalmente.

Massa de ácido acetilsalicílico obtida

Massa do conjunto (Ácido acetilsalicílico + papel + vidro de relógio) = **37,80 g**

Massa do conjunto (papel + vidro de relógio) = **36,08 g**

$$m(\text{ácido acetilsalicílico obtido}) = 37,80 - 36,08 = 1,72 \text{ g}$$



PROPOSTA DE RESOLUÇÃO

TAREFA 3:

(continuação)

2. Determina a quantidade de matéria de ácido acetilsalicílico obtida.

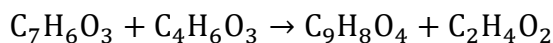
$$n = \frac{m}{M}$$

$$n(\text{ácido acetilsalicílico}) = \frac{1,72}{180,17}$$

$$n(\text{ácido acetilsalicílico}) = 0,00955 \text{ mol}$$

3. Determina a quantidade de matéria teórica de ácido acetilsalicílico que poderia ser obtida.

A reação é:



A proporção é **1 : 1**

Logo:

$$n_{\text{teórico}}(\text{ácido acetilsalicílico}) = 0,01448 \text{ mol}$$

4. Calcula a massa teórica de ácido acetilsalicílico.

$$m = n \times M$$

$$m = 0,01448 \times 180,17$$

$$m = 2,61 \text{ g}$$

Massa teórica de ácido acetilsalicílico = 2,61 g

5. Calcula o rendimento da síntese do ácido acetilsalicílico.

Fórmula do rendimento:

$$\eta (\%) = (n_{\text{real}} / n_{\text{previsto}}) \times 100$$

Sabendo que:

$$n(\text{ácido acetilsalicílico}) \text{ obtido} = 0,00955 \text{ mol}$$

$$n(\text{ácido acetilsalicílico}) \text{ teórico} = 0,01448 \text{ mol}$$

tem-se:

$$\eta = \frac{0,00955}{0,01448} \times 100$$
$$\eta = 65,9\%$$

O rendimento da síntese do ácido acetilsalicílico é 65,9 %.



TAREFA 4

- **O que se pode concluir se os cristais obtidos apresentarem cheiro a vinagre?**

O cheiro a vinagre é característico do ácido acético (subproduto da reação). A sua presença nos cristais indica que a lavagem foi insuficiente e que restam impurezas de ácido acético no produto final.

- **Interpreta o valor do rendimento obtido. O rendimento poderia melhorar se os cristais fossem lavados com água mais fria ou mais quente? Justifica.**

O valor obtido mostra que a quantidade de ácido acetilsalicílico produzida experimentalmente corresponde a 65,9 % da quantidade que seria teoricamente possível obter.

Isto significa que ocorreu perdas de produto ou outras limitações durante o procedimento experimental, como por exemplo:

- Perdas de reagentes durante a medição e transferência para o erlenmeyer.
- Controlo deficiente da temperatura durante o aquecimento.
- Perdas de produto durante a filtração, lavagem e transferência para o vidro de relógio.

O ácido acetilsalicílico é menos solúvel em água fria do que em água quente. Se se utilizasse água mais quente, parte do produto formado poderia dissolver-se durante a lavagem, originando perdas de produto e diminuindo o rendimento da síntese. Ao lavar com água fria, minimiza-se a dissolução dos cristais, reduzindo as perdas de produto.

TAREFA 5

Consulta o teu manual e identifica os pictogramas de perigo associados aos reagentes utilizados na síntese do ácido acetilsalicílico (ácido salicílico, anidrido acético e ácido sulfúrico). Com base nessa informação, avalia qualitativamente a síntese realizada do ponto de vista da Química Verde, considerando a toxicidade dos reagentes utilizados.

Na síntese do ácido acetilsalicílico são utilizados reagentes com alguma perigosidade. O ácido salicílico é nocivo por ingestão e pode provocar irritação ocular. O anidrido acético é inflamável e pode causar irritação e queimaduras. O ácido sulfúrico concentrado é fortemente corrosivo e pode provocar queimaduras graves. Do ponto de vista da Química Verde, esta síntese apresenta algumas limitações, pois utiliza reagentes tóxicos ou perigosos, não sendo totalmente sustentável.



O QUE APRENDI?

Já sabes determinar, a partir de dados experimentais, o rendimento de uma reação química?

És capaz de...

- calcular a massa e a quantidade de matéria de um produto obtido experimentalmente?
- interpretar possíveis causas para um rendimento inferior a 100 %?
- avaliar os resultados obtidos numa síntese química?
- relacionar novos conceitos com anteriores?
- perceber quando precisas de ajuda e pedir orientação?

Sugestões:

Analisa as propostas de resolução dos exercícios. Se necessário, **repete** as tarefas.

Estuda com um ou mais colegas de turma, para reforçares as aprendizagens e, se possível, esclarece as tuas dúvidas.

Pratica, resolvendo os exercícios do teu manual escolar.



COMO POSSO COMPLEMENTAR A APRENDIZAGEM?

Explora outros recursos:

[Screening experiment with aspirin](#)



[Reagentes, Produtos e Excesso - Reações Químicas | Reagentes Limitantes - Simulações Interativas PhET](#)



[Aspirina: uma história com cinco mil anos – Observador](#)

