

# GTA | Guião de Trabalho Autónomo n.º 38

## 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...?

### **Economia atômica e Química Verde**

Compreender como comparar reações químicas do ponto de vista da química verde permite avaliar o impacto dos processos químicos na sociedade e no ambiente. Atualmente, a indústria química procura desenvolver métodos mais sustentáveis, que reduzam a produção de resíduos e o consumo de recursos. Analisar a eficiência das reações ajuda a identificar processos mais seguros, econômicos e ambientalmente responsáveis. Estes conhecimentos são fundamentais para promover um desenvolvimento científico e tecnológico sustentável. Assim, a química contribui para melhorar a qualidade de vida e proteger o planeta.



## 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, econômica e ambiental.



## COMO VOU APRENDER?

GTA 35: Estequiometria das reações

GTA 36: Reagente limitante

GTA 37: Pureza e rendimento

**GTA 38: Economia atômica e Química Verde**

GTA 39: Determinação experimental do rendimento da reação

## Tema 3: Equilíbrio químico

## Subtema 1: Aspectos quantitativos das reações químicas



## GTA 38: Economia atómica e Química Verde

**Objetivos:**

- Comparar reações químicas do ponto de vista da química verde, avaliando as implicações na sustentabilidade social, económica e ambiental.

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

**TAREFA 1: Explorar o conceito de economia atómica****Etapa 1: Vídeo**

**Assiste** ao vídeo [Química verde](#).



O vídeo mostra que a economia atómica é uma medida utilizada na química verde para avaliar a eficiência e sustentabilidade das reações químicas. Permite comparar diferentes processos e identificar quais produzem menos resíduos. No vídeo são apresentadas duas reações para produzir propanol. Na primeira reação formam-se subprodutos, o que significa que nem todos os átomos dos reagentes são aproveitados. Na segunda reação todos os átomos são incorporados no produto final, apresentando uma economia atómica de 100%.

**Etapa 2: Responde no caderno**

Depois de veres o vídeo, **responde** no caderno:

- O que se entende por economia atómica?
- Para que serve a economia atómica na comparação de diferentes processos químicos?
- No vídeo são apresentadas duas reações para produzir propanol. Qual delas apresenta economia atómica de 100 % e porquê?



## TAREFA 2: Pesquisar e responder

Em 2019, a União Europeia publicou o Pacto Ecológico Europeu. Uma das metas é tornar a indústria química mais sustentável. Com base no teu manual, **explica** o que é a Química Verde e de que forma pode contribuir para esse objetivo.

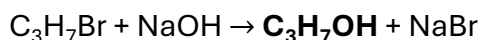
**Escreve** a expressão que permite calcular a economia atómica percentual de uma reação química.

## TAREFA 3: Exercícios resolvidos

**Analisa** os exemplos seguintes e acompanha a resolução.

### Exercício 1

**Calcula** a economia atómica percentual da reação seguinte:



**Resolução:**

Produto desejado: **propanol**

Massas molares:

$\text{C}_3\text{H}_7\text{Br} = 123 \text{ g/mol}$

$\text{NaOH} = 40 \text{ g/mol}$

$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} = 60 \text{ g/mol}$

**Resolução:**

$$EA(\%) = \frac{M(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})}{M(\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}) + M(\text{NaOH})} \times 100$$

$$EA(\%) = \frac{60}{123 + 40} \times 100$$

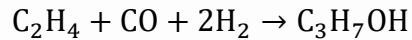
$$EA = 36,8\%$$

Nesta reação forma-se **NaBr**, um subproduto.  
Por isso, a economia atómica é relativamente baixa.



## Exercício 2

**Calcula** a economia atómica percentual da reação seguinte:



### Resolução:

Produto desejado: **propanol (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH)**

Massas molares:

$M(\text{C}_2\text{H}_4) = 28 \text{ g/mol}$

$M(\text{CO}) = 28 \text{ g/mol}$

$M(\text{H}_2) = 2 \text{ g/mol}$

$M(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 60 \text{ g/mol}$

$$EA(\%) = \frac{M(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})}{M(\text{C}_2\text{H}_4) + M(\text{CO}) + 2 \times M(\text{H}_2)} \times 100$$

$$EA(\%) = \frac{60}{28 + 28 + (2 \times 2)} \times 100$$

$$EA(\%) = \frac{60}{60} \times 100$$

$$EA(\%) = 100\%$$

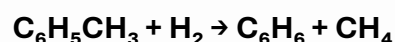
Todos os átomos dos reagentes são incorporados no produto desejado, não havendo formação de subprodutos. Por isso, a reação apresenta **economia atómica de 100 %**.

## TAREFA 4: Aplica

### Etapa 1: Resolve os exercícios

#### Exercício 1:

O benzeno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>,  $M = 78,12 \text{ g/mol}$ ) pode ser obtido a partir do tolueno (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>,  $M = 92,15 \text{ g/mol}$ ) e do hidrogénio (H<sub>2</sub>,  $M = 2,02 \text{ g/mol}$ ):



1. **Calcula** a economia atómica percentual desta reação.
2. **Explica** em que medida esta reação é, ou não, eficiente do ponto de vista da Química Verde.



**Etapa 2: Resolve** os exercícios propostos no teu manual sobre economia atómica e química verde.

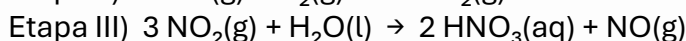
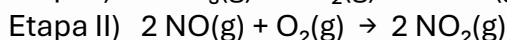
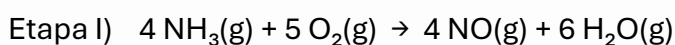
**Compara** as tuas respostas com as soluções e com as respostas dos teus colegas.

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

**Estuda** com um colega.

### TAREFA 5: Verifica o que aprendeste

O ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$  (aq) ( $M = 63,02 \text{ g mol}^{-1}$ ), é preparado industrialmente pelo processo de Ostwald, em três etapas sequenciais:



De acordo com os princípios da química verde, que apela à sustentabilidade dos processos químicos industriais, na obtenção de  $\text{HNO}_3$  pelo processo de Ostwald, seria vantajoso reutilizar o NO resultante da

- (A) etapa III na etapa I.      (B) etapa III na etapa II.  
(C) etapa I na etapa II.      (D) etapa I na etapa III.

(Retirado de Exame Final Nacional de Física e Química A, 1.ª fase, 2023, item 6.4, IAVE)



## PROPOSTA DE RESOLUÇÃO

### TAREFA 1

#### Etapa 2:

- **O que se entende por economia atómica?**

A economia atómica é uma medida utilizada na química verde que indica a percentagem de átomos dos reagentes que é incorporada no produto desejado de uma reação química.



## PROPOSTA DE RESOLUÇÃO

### TAREFA 1

(continuação)

- **Para que serve a economia atômica na comparação de diferentes processos químicos?**

Serve para comparar a eficiência de diferentes reações químicas e avaliar qual delas produz menos resíduos e aproveita melhor os átomos dos reagentes.

- **No vídeo são apresentadas duas reações para produzir propanol. Qual delas apresenta economia atômica de 100% e porquê?**

A segunda reação apresenta economia atômica de 100%, porque todos os átomos dos reagentes são incorporados no produto final, não havendo formação de subprodutos ou resíduos.

### TAREFA 2:

**Etapa 1:**

**Em 2019, a União Europeia publicou o Pacto Ecológico Europeu. Uma das metas é tornar a indústria química mais sustentável. Com base no teu manual, explica o que é a Química Verde e de que forma pode contribuir para esse objetivo.**

A química verde é uma abordagem da química associada ao desenvolvimento sustentável que procura conceber e desenvolver produtos e processos químicos que reduzam ou eliminem o uso e a produção de substâncias perigosas para a saúde humana e para o ambiente.

Os principais objetivos da química verde são reduzir a produção de resíduos e poluentes, diminuir os riscos associados às substâncias químicas utilizadas ou produzidas e reduzir o consumo de energia e de matérias-primas, privilegiando recursos renováveis.

- **Escreve a expressão que permite calcular a economia atômica percentual de uma reação química.**

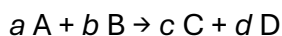
**Economia atômica percentual** é a razão entre a massa de átomos de reagentes incorporados no produto desejado e a massa total de átomos nos reagentes, expressa em percentagem:

$$EA(\%) = \frac{\text{massa do produto desejado}}{\text{massa total dos reagentes}} \times 100$$



## PROPOSTA DE RESOLUÇÃO

Também se pode calcular a economia atómica percentual a partir da estequiometria da reacção e das massas molares das espécies envolvidas.



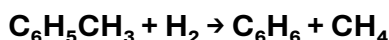
Economia atómica percentual, **EA**, de **C**

$$EA(\%) = \frac{c \times M(C)}{a \times M(A) + b \times M(B)} \times 100$$

### TAREFA 4:

#### Exercício 1:

O benzeno ( $C_6H_6$ ,  $M = 78,12$  g/mol) pode ser obtido a partir do tolueno ( $C_6H_5CH_3$ ,  $M = 92,15$  g/mol) e do hidrogénio ( $H_2$ ,  $M = 2,02$  g/mol):



1. Calcula a economia atómica percentual desta reacção.

$$EA(\%) = \frac{M(C_6H_6)}{M(C_6H_5CH_3) + M(H_2)} \times 100$$

$$EA(\%) = \frac{78,12}{92,15 + 2,02} \times 100$$

$$EA(\%) = 83\%$$

2. Explica em que medida esta reacção é, ou não, eficiente do ponto de vista da Química Verde.

A economia atómica é 83%, o que significa que cerca de 17% da massa dos reagentes não é incorporada no produto desejado, formando-se metano ( $CH_4$ ) como subproduto.

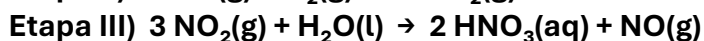
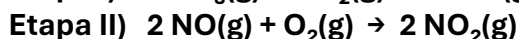
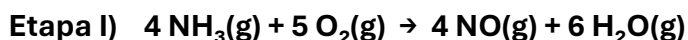
Assim, a reacção apresenta uma eficiência relativamente elevada, mas não é ideal do ponto de vista da Química Verde, uma vez que há formação de um subproduto.



## PROPOSTA DE RESOLUÇÃO

### TAREFA 5

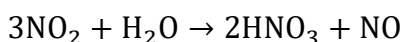
O ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$  (aq) ( $M = 63,02 \text{ g mol}^{-1}$ ), é preparado industrialmente pelo processo de Ostwald, em três etapas sequenciais:



De acordo com os princípios da química verde, que apela à sustentabilidade dos processos químicos industriais, na obtenção de  $\text{HNO}_3$  pelo processo de Ostwald, seria vantajoso reutilizar o  $\text{NO}$  resultante da

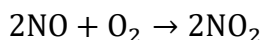
- (A) etapa III na etapa I.      (B) etapa III na etapa II.  
(C) etapa I na etapa II.      (D) etapa I na etapa III.

Na **etapa III** forma-se  $\text{NO}$  como produto da reação:



Observando as equações das etapas anteriores, verifica-se que:

**Na etapa II o  $\text{NO}$  é um reagente**



Assim, o  **$\text{NO}$  produzido na etapa III pode ser reutilizado na etapa II**, evitando desperdício de reagentes e tornando o processo mais eficiente.

Este procedimento está de acordo com os princípios da **Química Verde**, que defendem a redução de resíduos e o reaproveitamento de substâncias nos processos industriais.

**Resposta correta: opção (B)**



## O QUE APRENDI?

Já **sabes** explicar o conceito de química verde?

És **capaz de...**

- definir economia atómica?
- calcular a economia atómica de uma reação?
- comparar reações químicas do ponto de vista da sustentabilidade?
- relacionar química verde com impactos ambientais, económicos e sociais?
- 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?

**Assiste** à videoaula [Economia atómica e química verde | Estudo Autónomo](#)



**Explora outros recursos:**

[Química Verde | Estudo Autónomo](#)



[Heidi Bialk: The Beauty of Green Chemistry | TED Talk](#)

