



# Química verde

## Química verde

O crescente uso da indústria química na sociedade atual levantou problemas de aparecimento de:

Aparecimento de **resíduos**;

Lançamento de **poluentes** para o ambiente;

**Consumo de recursos.**



## Química verde

A **química verde** aparece como tentativa de minimizar o impacto da indústria química, pretendendo:

**Redução de resíduos** (produtos não desejados);

**Redução das emissões de poluentes;**

**Redução de consumo energético;**

**Redução do consumo de recursos** materiais;

Substituição de reagentes por **reagentes renováveis;**

**Redução da perigosidade** dos métodos de produção e dos produtos.

# Química verde

## Princípios

- 1. Prevenção** – É mais barato evitar a formação de resíduos tóxicos do que tratá-los depois de serem produzidos;
- 2. Economia de átomos** – As metodologias sintéticas devem ser desenvolvidas de modo a incorporar o maior número possível de átomos dos reagentes no produto final;
- 3. Síntese segura** – Deve-se desenvolver metodologias sintéticas que utilizem e gerem substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente;
- 4. Desenvolvimento de produtos seguros** – Deve-se projetar o desenvolvimento de produtos que após realizarem a função desejada, não causem danos ao ambiente;

# Química verde

## Princípios

- 5. Uso de solventes e auxiliares seguros** – A utilização de substâncias auxiliares como solventes, agentes de purificação e secantes precisa ser evitada ao máximo; quando inevitável a sua utilização, estas substâncias devem ser inócuas ou facilmente reutilizadas;
- 6. Busca pela eficiência de energia** – Os impactos ambientais e económicos causados pela geração da energia utilizada em um processo químico precisam de ser considerados. É necessário o desenvolvimento de processos que ocorram à temperatura e pressão ambiente;
- 7. Uso de fontes de matéria-prima renováveis** – O uso de biomassa como matéria-prima deve ser incentivado no desenvolvimento de novas tecnologias e processos;
- 8. Evitar a formação de derivados** – Processos que envolvem intermediários com grupos bloqueadores, proteção/desproteção, ou qualquer modificação temporária da molécula por processos físicos e/ou químicos devem ser evitados;

## Química verde

### Princípios

9. **Catálise** – O uso de catalisadores (tão seletivos quanto possível) deve ser escolhido em substituição aos reagentes estequiométricos;
10. **Produtos degradáveis** – Os produtos químicos precisam ser projetados para a biocompatibilidade. Após sua utilização não deve permanecer no ambiente, degradando-se em produtos inócuos;
11. **Análise em tempo real para a prevenção da poluição** – A monitorização e controle em tempo real, dentro do processo, deverá ser viabilizado. A possibilidade de formação de substâncias tóxicas deverá ser detetada antes de sua geração;
12. **Química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes** – A escolha das substâncias, bem como sua utilização em um processo químico, devem procurar a minimização do risco de acidentes, como vazamentos, incêndios e explosões.

## Química verde

***"...invenção, desenvolvimento e aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas."***

IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)

***"...a química verde é uma área de química e engenharia química focada na concepção de produtos e processos que minimizam o uso e a geração de substâncias perigosas."***

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Qu%C3%ADmica\\_verde](https://pt.wikipedia.org/wiki/Qu%C3%ADmica_verde)

## Economia atômica percentual ((%)EA)

Um dos princípios da química verde é a **redução de resíduos** (produtos indesejados/desnecessários)!

A **economia atômica percentual**, (%)*EA*, mede o grau de incorporação dos átomos dos reagentes no produtos da reação:

$$(\%)EA = \frac{m_{\text{produto desejado}}}{m_{\text{reagentes}}} \times 100$$

Ou, em função da estequiometria da reação  $aA + bB \rightarrow cC + dD$ , em que o produto desejado é o C:

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

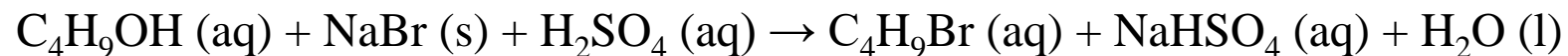
Se o valor de (%)*EA* for **igual a 100%** isso indica que todos os reagentes se transformaram num único produto – **a economia atômica é máxima!** Neste caso **não há produção de resíduos**.



## Aplicar...

$$(\%)EA = \frac{m_{\text{produto}}}{m_{\text{reagentes}}} \times 100$$

■ Considere a reação de formação do composto 1-bromobutano traduzida pela seguinte equação química



Calcule a economia atômica teórica da reação.

## Resolução

Massas molares:  $M(\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}) = 74,14 \text{ g mol}^{-1}$

$M(\text{NaBr}) = 102,89 \text{ g mol}^{-1}$

$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,09 \text{ g mol}^{-1}$

Massa de reagentes:  $m_{\text{reagentes}} = 275,21 \text{ g}$

Massa de átomos incorporados no produto (4C+9H+Br):  $m_{\text{produto desejado}} = 137,03 \text{ g}$

Economia atômica:  $EA(\%) = 49,8\%$

---

## Bibliografia

- J. Paiva, A. J. Ferreira, M. G. Matos, C. Morais, C. Fiolhais, "Novo 11Q", Texto Editores, Lisboa, 2016.
- D. Reiger, S. Goode, E. Mercer, "Química: Princípios e Aplicações", 2ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, 2010, Lisboa.
- M. A. F. A. C. Ramos, "Química Verde – potencialidades e dificuldades da sua introdução no ensino básico e secundário", Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2009.
- [https://pt.wikipedia.org/wiki/Qu%C3%ADmica\\_verde](https://pt.wikipedia.org/wiki/Qu%C3%ADmica_verde), 06/02/2018.
- <https://www.epa.gov/greenchemistry>, 06/02/2018.