



# Estequiometria

Lucas Grutzmacher  
Igor Augusto Schwarz de Amorim

# Assuntos da aula

- ✓ Reagente limitante e reagente em excesso
- ✓ Impurezas
- ✓ Rendimento
- ✓ Volume de um gás ideal

# Balaceamento químico

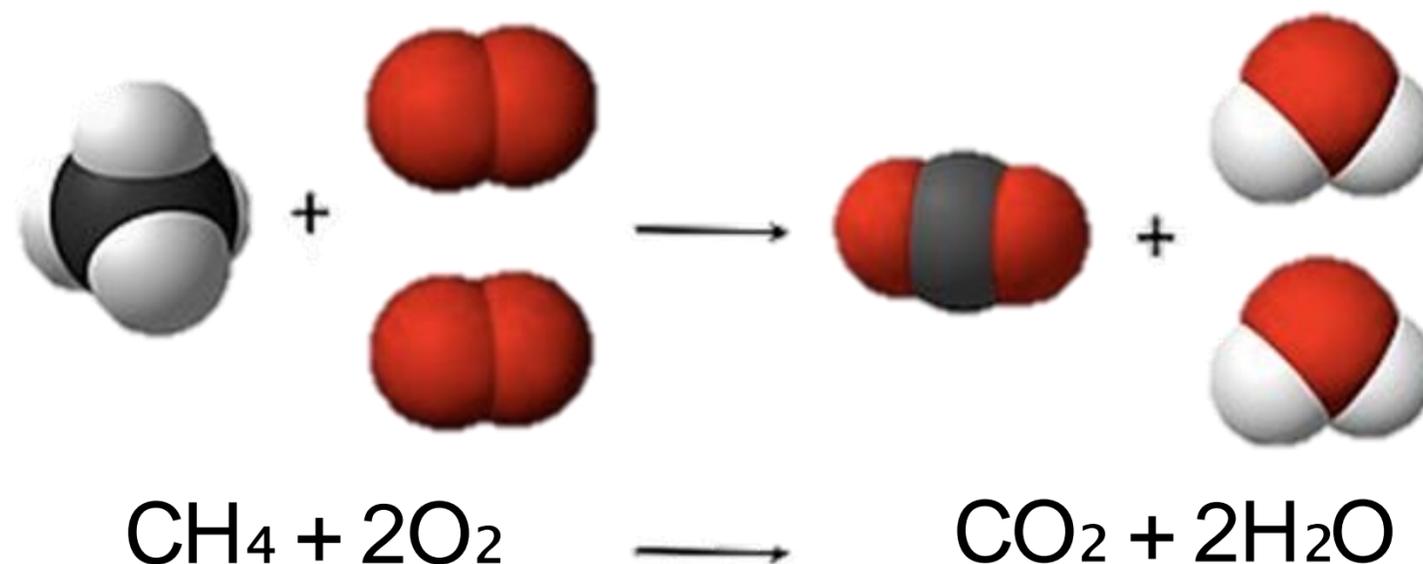


“ Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma. ”

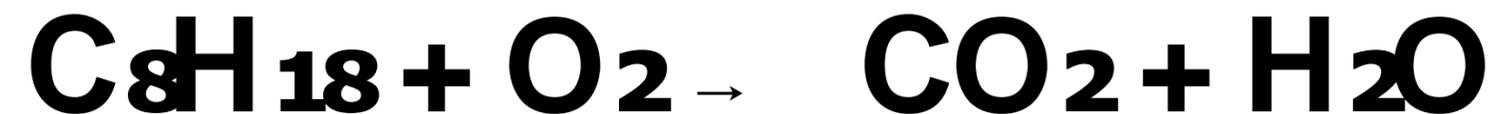
Antoine Lavoisier (1743-1794)

# Balaceamento químico

Os coeficientes estequiométricos garantem essa **proporcionalidade** entre os compostos envolvidos na reação.



# Balanceamento: exemplo



|                                      |  |                                       |   |  |  |                                       |   |  |   |   |   |                                      |  |  |   |  |   |
|--------------------------------------|--|---------------------------------------|---|--|--|---------------------------------------|---|--|---|---|---|--------------------------------------|--|--|---|--|---|
| 1<br><b>H</b><br>hidrogênio<br>1,008 |  |                                       |   |  |  |                                       |   |  |   |   |   |                                      |  |  |   |  | 2<br><b>He</b><br>hélio<br>4,0026         |
| 3<br><b>Li</b><br>lítio<br>6,94      | 4<br><b>Be</b><br>berílio<br>9,0122    |                                       |   |  |  |                                       |   |  |   |   |   |                                      |  |  |   |  |   |
| 11<br><b>Na</b><br>sódio<br>22,990   | 12<br><b>Mg</b><br>magnésio<br>24,305  |                                       |   |  |  |                                       |   |  |   |   |   |                                      |  |  |   |  |   |
| 19<br><b>K</b><br>potássio<br>39,098 | 20<br><b>Ca</b><br>cálcio<br>40,078(4) | 21<br><b>Sc</b><br>escândio<br>44,956 | 22<br><b>Ti</b><br>titânio<br>47,867      | 23<br><b>V</b><br>vanádio<br>50,942      | 24<br><b>Cr</b><br>crômio<br>51,996    | 25<br><b>Mn</b><br>manganês<br>54,938 | 26<br><b>Fe</b><br>ferro<br>55,845(2)   | 27<br><b>Co</b><br>cobalto<br>58,933   | 28<br><b>Ni</b><br>níquel<br>58,693       | 29<br><b>Cu</b><br>cobre<br>63,546(3)   | 30<br><b>Zn</b><br>zinco<br>65,38(2)    | 31<br><b>Ga</b><br>gálio<br>69,723   | 32<br><b>Ge</b><br>germânio<br>72,630(8) | 33<br><b>As</b><br>arsênio<br>74,922   | 34<br><b>Se</b><br>selênio<br>78,971(8) | 35<br><b>Br</b><br>bromo<br>79,904     | 36<br><b>Kr</b><br>criptônio<br>83,798(2) |
| 37<br><b>Rb</b><br>rubídio<br>85,468 | 38<br><b>Sr</b><br>estrôncio<br>87,62  | 39<br><b>Y</b><br>ítrio<br>88,906     | 40<br><b>Zr</b><br>zircônio<br>91,224(2)  | 41<br><b>Nb</b><br>nióbio<br>92,906      | 42<br><b>Mo</b><br>molibdênio<br>95,95 | 43<br><b>Tc</b><br>tecnécio<br>[98]   | 44<br><b>Ru</b><br>rutênio<br>101,07(2) | 45<br><b>Rh</b><br>ródio<br>102,91     | 46<br><b>Pd</b><br>paládio<br>106,42      | 47<br><b>Ag</b><br>prata<br>107,87      | 48<br><b>Cd</b><br>cádmio<br>112,41     | 49<br><b>In</b><br>índio<br>114,82   | 50<br><b>Sn</b><br>estanho<br>118,71     | 51<br><b>Sb</b><br>antimônio<br>121,76 | 52<br><b>Te</b><br>telúrio<br>127,60(3) | 53<br><b>I</b><br>iodo<br>126,90       | 54<br><b>Xe</b><br>xenônio<br>131,29      |
| 55<br><b>Cs</b><br>césio<br>132,91   | 56<br><b>Ba</b><br>bário<br>137,33     | 57 - 71                               | 72<br><b>Hf</b><br>háfnio<br>178,49(2)    | 73<br><b>Ta</b><br>tântalo<br>180,95     | 74<br><b>W</b><br>tungstênio<br>183,84 | 75<br><b>Re</b><br>rênio<br>186,21    | 76<br><b>Os</b><br>ósmio<br>190,23(3)   | 77<br><b>Ir</b><br>irídio<br>192,22    | 78<br><b>Pt</b><br>platina<br>195,08      | 79<br><b>Au</b><br>ouro<br>196,97       | 80<br><b>Hg</b><br>mercúrio<br>200,59   | 81<br><b>Tl</b><br>tálio<br>204,38   | 82<br><b>Pb</b><br>chumbo<br>207,2       | 83<br><b>Bi</b><br>bismuto<br>208,98   | 84<br><b>Po</b><br>polônio<br>[209]     | 85<br><b>At</b><br>astato<br>[210]     | 86<br><b>Rn</b><br>radônio<br>[222]       |
| 87<br><b>Fr</b><br>frâncio<br>[223]  | 88<br><b>Ra</b><br>rádio<br>[226]      | 89-103                                | 104<br><b>Rf</b><br>rutherfordio<br>[267] | 105<br><b>Db</b><br>dúbnio<br>[268]      | 106<br><b>Sg</b><br>seabórgio<br>[269] | 107<br><b>Bh</b><br>bóhrio<br>[270]   | 108<br><b>Hs</b><br>hássio<br>[269]     | 109<br><b>Mt</b><br>meitnério<br>[278] | 110<br><b>Ds</b><br>darmstádio<br>[281]   | 111<br><b>Rg</b><br>roentgênio<br>[281] | 112<br><b>Cn</b><br>copernício<br>[285] | 113<br><b>Nh</b><br>nihônio<br>[286] | 114<br><b>Fl</b><br>fleróvio<br>[289]    | 115<br><b>Mc</b><br>moscóvio<br>[288]  | 116<br><b>Lv</b><br>livermório<br>[293] | 117<br><b>Ts</b><br>tenessino<br>[294] | 118<br><b>Og</b><br>oganesônio<br>[294]   |
|                                      |  | 57<br><b>La</b><br>lantânio<br>138,91 | 58<br><b>Ce</b><br>cério<br>140,12        | 59<br><b>Pr</b><br>praseodímio<br>140,91 | 60<br><b>Nd</b><br>neodímio<br>144,24  | 61<br><b>Pm</b><br>promécio<br>[145]  | 62<br><b>Sm</b><br>samário<br>150,36(2) | 63<br><b>Eu</b><br>europio<br>151,96   | 64<br><b>Gd</b><br>gadolínio<br>157,25(3) | 65<br><b>Tb</b><br>térbio<br>158,93     | 66<br><b>Dy</b><br>disprósio<br>162,50  | 67<br><b>Ho</b><br>hólmio<br>164,93  | 68<br><b>Er</b><br>érbio<br>167,26       | 69<br><b>Tm</b><br>túlio<br>168,93     | 70<br><b>Yb</b><br>itérbio<br>173,05    | 71<br><b>Lu</b><br>lutécio<br>174,97   |   |

|                 |
|-----------------|
| 3               |
| <b>Li</b>       |
| lítio           |
| [6,938 - 6,997] |

número atômico  
símbolo químico  
nome  
peso atômico  
(ou número de massa do isótopo mais estável)

# Número de Mols



Amedeo Avogadro (1776 - 1856)

$$N_A = 6,023 \times 10^{23} \left. \vphantom{N_A} \right\} 1 \text{ mol} = 6,023 \times 10^{23} \text{ unidades} \\ \text{átomos, moléculas, íons...}$$

$$N = \frac{m}{M} \quad \begin{array}{l} m = \text{massa} \\ M = \text{massa molar} \end{array}$$



# Número de Mols: exemplo 1

**Quantos átomos de Germânio (Ge)  
temos em 15,4 mg de Ge??**



# Número de Mols: exemplo 1

**Quantos átomos de Germânio (Ge)  
temos em 15,4 mg de Ge??**

✓ Resposta:  $1,28 \times 10^{20}$  átomos de Ge

# Número de Mols: exemplo 2

**Quantos mols do gás hidrogênio são necessários para a formação de amônia ( $\text{NH}_3$ ), sabendo que a quantidade do gás nitrogênio é de 4 mols?**



# Número de Mols: exemplo 2

**Quantos mols do gás hidrogênio são necessários para a formação de amônia ( $\text{NH}_3$ ), sabendo que a quantidade do gás nitrogênio é de 4 mols?**

✓ Resposta: 12 mols de gás hidrogênio

# Número de Mols: exemplo 3

**Quanto gramas de gás hidrogênio reagem com 5 mols de oxigênio para formar água?**



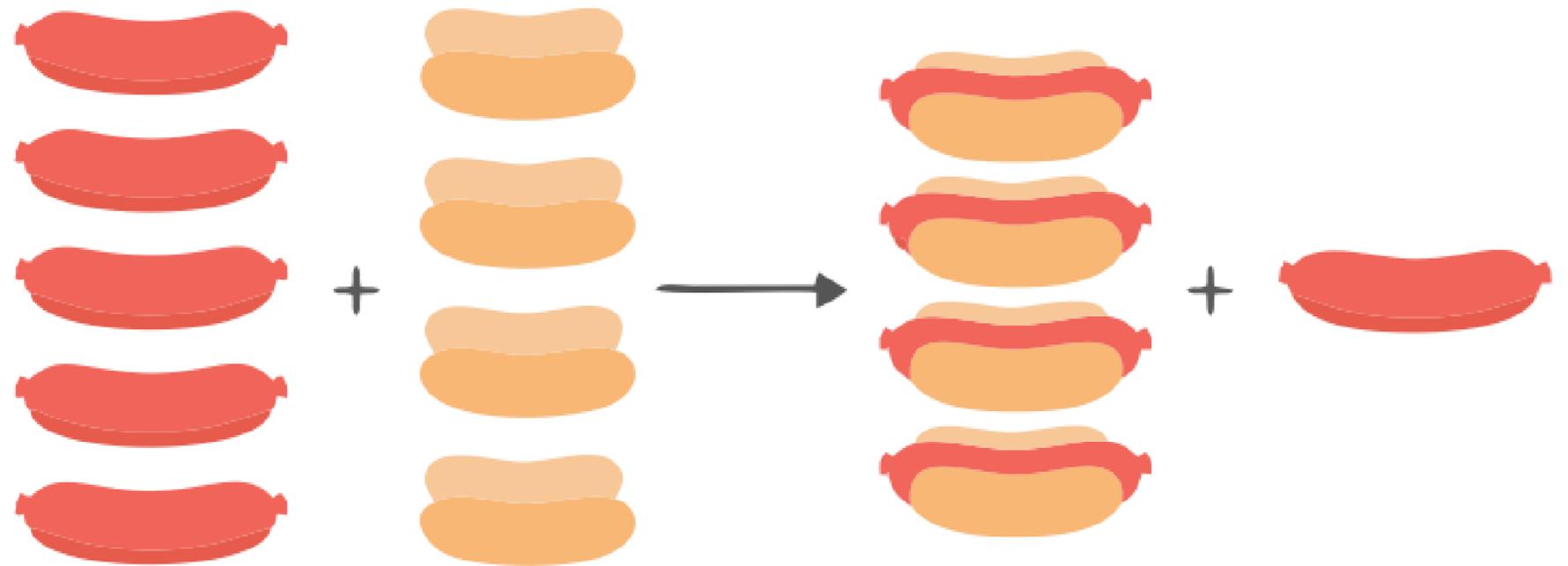
# Número de Mols: exemplo 3

**Quantos grammas de gás hidrogênio reagem com 5 mols de oxigênio para formar água?**

✓ Resposta: 20 g de gás hidrogênio reagem com 5 mols de  $O_2$ .

# Reagente limitante e reagente em excesso

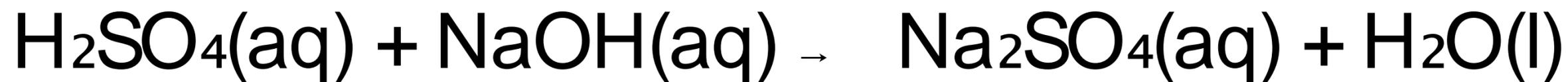
Se a proporção estequiométrica do número de mols entre os reagentes **não for a mesma**, existe um reagente **limitante** e outro em **excesso**.



# Reagente limitante e reagente em excesso: exemplo

Para a reação de neutralização total entre 65 g de ácido sulfúrico aquoso e 100 g de hidróxido de sódio aquoso, qual será o agente limitante e qual a massa em excesso?

Dados:  $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g/mol}$ ;



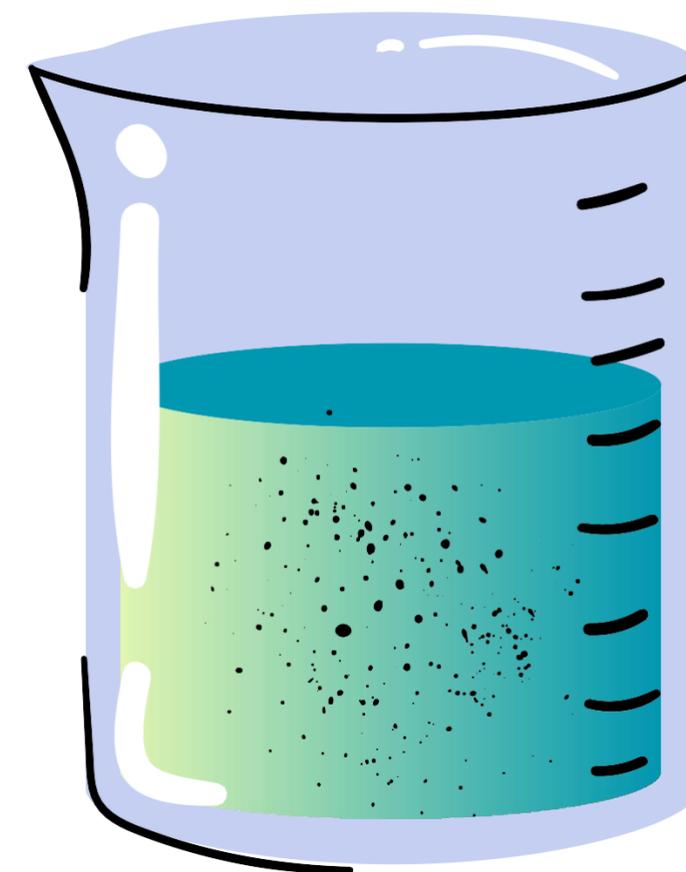
# Impurezas

O que significa dizer que algo é/está **impuro**?



# Impurezas

Raramente os produtos químicos são **totalmente puros**. Por isso, os cálculos devem levar em conta o **grau de pureza** dos compostos, que é representado pela **porcentagem em massa** do composto.



# Impurezas: exemplo

(UECE) O gás cloro, descoberto em 1774 pelo sueco Carl Wilhelm Scheele, pode ser obtido por eletrólise da solução aquosa de cloreto de sódio, cuja reação global ocorre de acordo com a equação:



Considerando que a solução de sal apresenta 45% em massa de NaCl a partir de cada 100 kg da mencionada solução, as massas de hidróxido de sódio e cloro obtidas serão, aproximadamente, de quanto?

(Massas molares, em g/mol: Na = 23; O = 16; Cl = 35,5; H = 1.)

# Rendimento

Uma reação química sempre terá produtos com rendimento de **100%**?



# Rendimento

Praticamente **nenhuma** reação terá os produtos formados com 100% de rendimento. Conhecer o rendimento de uma reação é otimizar processos.

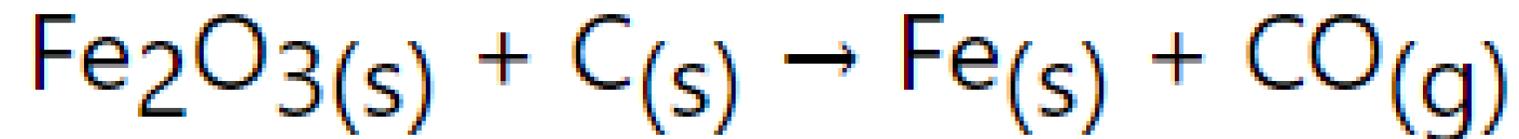
Para descobrirmos o rendimento, precisamos saber:

- 1) o valor que seria obtido num rendimento de 100% e
- 2) comparar valores dos cálculos com o teórico.



# Rendimento: exemplo

(Cesgranrio-RJ) Em um processo de obtenção de ferro a partir da hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (s)), considere a equação não balanceada:



Utilizando-se 4,8 t de minério e admitindo-se um rendimento de 80% na reação, a quantidade de ferro produzida será de:

a) 2688 kg

b) 3360 kg

c) 1344 t

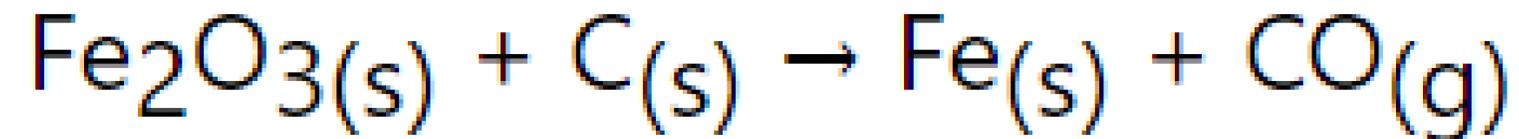
d) 2688 t

e) 3360 t



# Rendimento: exemplo

(Cesgranrio-RJ) Em um processo de obtenção de ferro a partir da hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (s)), considere a equação não balanceada:



Utilizando-se 4,8 t de minério e admitindo-se um rendimento de 80% na reação, a quantidade de ferro produzida será de:

a) 2688 kg

b) 3360 kg

c) 1344 t

d) 2688 t

e) 3360 t



# Volume de um gás ideal

Considera-se que nas CNTP (condições normais de temperatura e pressão,  $p = 1 \text{ atm}$  e  $T = 273,15 \text{ K}$ ), o volume de um mol de qualquer gás é igual a  $22,4 \text{ L}$ .



# Volume de um gás ideal: exemplo

Uma amostra de ferro impuro, com massa de 84 g, foi atacada por ácido clorídrico em excesso, produzindo cloreto ferroso e 26,88 litros de gás hidrogênio, em CNTP. O teor de ferro na amostra atacada (em %) é igual a:

Dado: Fe = 56 g/ mol



# OBRIGADO!

Lista de exercícios já disponível!



|                                      |  |                                       |   |  |  |                                       |   |  |   |   |   |                                      |  |  |   |  |   |
|--------------------------------------|--|---------------------------------------|---|--|--|---------------------------------------|---|--|---|---|---|--------------------------------------|--|--|---|--|---|
| 1<br><b>H</b><br>hidrogênio<br>1,008 |  |                                       |   |  |  |                                       |   |  |   |   |   |                                      |  |  |   |  | 2<br><b>He</b><br>hélio<br>4,0026         |
| 3<br><b>Li</b><br>lítio<br>6,94      | 4<br><b>Be</b><br>berílio<br>9,0122    |                                       |   |  |  |                                       |   |  |   |   |   |                                      |  |  |   |  |   |
| 11<br><b>Na</b><br>sódio<br>22,990   | 12<br><b>Mg</b><br>magnésio<br>24,305  |                                       |   |  |  |                                       |   |  |   |   |   |                                      |  |  |   |  |   |
| 19<br><b>K</b><br>potássio<br>39,098 | 20<br><b>Ca</b><br>cálcio<br>40,078(4) | 21<br><b>Sc</b><br>escândio<br>44,956 | 22<br><b>Ti</b><br>titânio<br>47,867      | 23<br><b>V</b><br>vanádio<br>50,942      | 24<br><b>Cr</b><br>cromio<br>51,996    | 25<br><b>Mn</b><br>manganês<br>54,938 | 26<br><b>Fe</b><br>ferro<br>55,845(2)   | 27<br><b>Co</b><br>cobalto<br>58,933   | 28<br><b>Ni</b><br>níquel<br>58,693       | 29<br><b>Cu</b><br>cobre<br>63,546(3)   | 30<br><b>Zn</b><br>zinco<br>65,38(2)    | 31<br><b>Ga</b><br>gálio<br>69,723   | 32<br><b>Ge</b><br>germânio<br>72,630(8) | 33<br><b>As</b><br>arsênio<br>74,922   | 34<br><b>Se</b><br>selênio<br>78,971(8) | 35<br><b>Br</b><br>bromo<br>79,904     | 36<br><b>Kr</b><br>criptônio<br>83,798(2) |
| 37<br><b>Rb</b><br>rubídio<br>85,468 | 38<br><b>Sr</b><br>estrôncio<br>87,62  | 39<br><b>Y</b><br>ítrio<br>88,906     | 40<br><b>Zr</b><br>zircônio<br>91,224(2)  | 41<br><b>Nb</b><br>nióbio<br>92,906      | 42<br><b>Mo</b><br>molibdênio<br>95,95 | 43<br><b>Tc</b><br>tecnécio<br>[98]   | 44<br><b>Ru</b><br>rutênio<br>101,07(2) | 45<br><b>Rh</b><br>ródio<br>102,91     | 46<br><b>Pd</b><br>paládio<br>106,42      | 47<br><b>Ag</b><br>prata<br>107,87      | 48<br><b>Cd</b><br>cádmio<br>112,41     | 49<br><b>In</b><br>índio<br>114,82   | 50<br><b>Sn</b><br>estanho<br>118,71     | 51<br><b>Sb</b><br>antimônio<br>121,76 | 52<br><b>Te</b><br>telúrio<br>127,60(3) | 53<br><b>I</b><br>iodo<br>126,90       | 54<br><b>Xe</b><br>xenônio<br>131,29      |
| 55<br><b>Cs</b><br>césio<br>132,91   | 56<br><b>Ba</b><br>bário<br>137,33     | 57 - 71                               | 72<br><b>Hf</b><br>háfnio<br>178,49(2)    | 73<br><b>Ta</b><br>tântalo<br>180,95     | 74<br><b>W</b><br>tungstênio<br>183,84 | 75<br><b>Re</b><br>rênio<br>186,21    | 76<br><b>Os</b><br>ósmio<br>190,23(3)   | 77<br><b>Ir</b><br>irídio<br>192,22    | 78<br><b>Pt</b><br>platina<br>195,08      | 79<br><b>Au</b><br>ouro<br>196,97       | 80<br><b>Hg</b><br>mercúrio<br>200,59   | 81<br><b>Tl</b><br>tálio<br>204,38   | 82<br><b>Pb</b><br>chumbo<br>207,2       | 83<br><b>Bi</b><br>bismuto<br>208,98   | 84<br><b>Po</b><br>polônio<br>[209]     | 85<br><b>At</b><br>astato<br>[210]     | 86<br><b>Rn</b><br>radônio<br>[222]       |
| 87<br><b>Fr</b><br>frâncio<br>[223]  | 88<br><b>Ra</b><br>rádio<br>[226]      | 89-103                                | 104<br><b>Rf</b><br>rutherfordio<br>[267] | 105<br><b>Db</b><br>dúbnio<br>[268]      | 106<br><b>Sg</b><br>seabórgio<br>[269] | 107<br><b>Bh</b><br>bóhrio<br>[270]   | 108<br><b>Hs</b><br>hássio<br>[269]     | 109<br><b>Mt</b><br>meitnério<br>[278] | 110<br><b>Ds</b><br>darmstádio<br>[281]   | 111<br><b>Rg</b><br>roentgênio<br>[281] | 112<br><b>Cn</b><br>copernício<br>[285] | 113<br><b>Nh</b><br>nihônio<br>[286] | 114<br><b>Fl</b><br>fleróvio<br>[289]    | 115<br><b>Mc</b><br>moscóvio<br>[288]  | 116<br><b>Lv</b><br>livermório<br>[293] | 117<br><b>Ts</b><br>tenessino<br>[294] | 118<br><b>Og</b><br>oganesônio<br>[294]   |
|                                      |  | 57<br><b>La</b><br>lantânio<br>138,91 | 58<br><b>Ce</b><br>cério<br>140,12        | 59<br><b>Pr</b><br>praseodímio<br>140,91 | 60<br><b>Nd</b><br>neodímio<br>144,24  | 61<br><b>Pm</b><br>promécio<br>[145]  | 62<br><b>Sm</b><br>samário<br>150,36(2) | 63<br><b>Eu</b><br>europio<br>151,96   | 64<br><b>Gd</b><br>gadolínio<br>157,25(3) | 65<br><b>Tb</b><br>térbio<br>158,93     | 66<br><b>Dy</b><br>disprósio<br>162,50  | 67<br><b>Ho</b><br>hólmio<br>164,93  | 68<br><b>Er</b><br>érbio<br>167,26       | 69<br><b>Tm</b><br>túlio<br>168,93     | 70<br><b>Yb</b><br>itérbio<br>173,05    | 71<br><b>Lu</b><br>lutécio<br>174,97   |   |

3 — número atômico  
**Li** — símbolo químico  
 lítio — nome  
 [6,938 - 6,997] — peso atômico  
 (ou número de massa do isótopo mais estável)