

Estequiometria: Pureza, Rendimento e Excesso de Reagente

CIÊNCIAS DA
NATUREZA

Competência(s):
1, 2 e 8

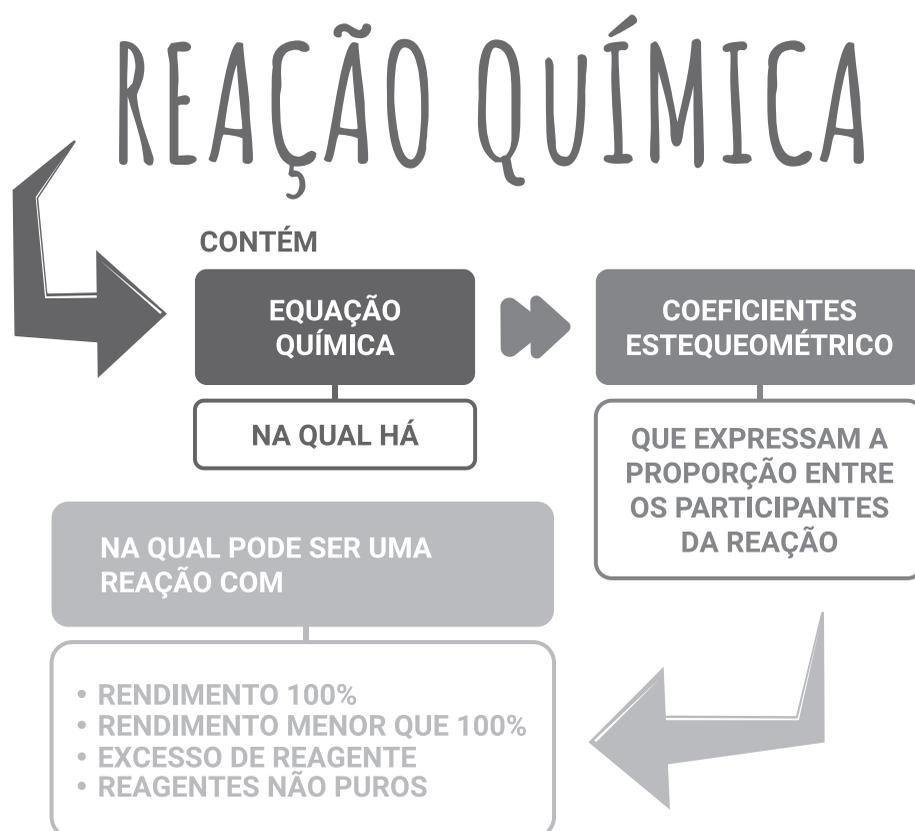
Habilidade(s):
4, 7, 29 e 30

AULAS
7 E 8

VOCÊ DEVE SABER!

- Excesso de reagente
- Pureza
- Reações consecutivas
- Rendimento
- Volume de ar nas reações
- Misturas de reagentes

MAPEANDO O SABER



ANOTAÇÕES

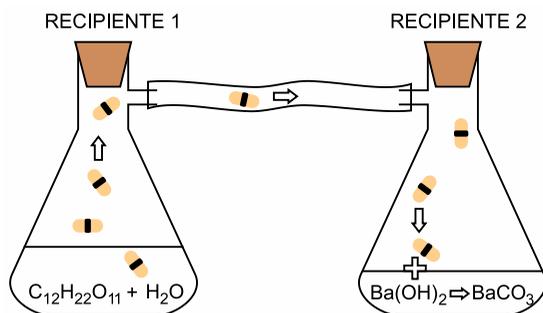


EXERCÍCIOS DE SALA

1. (FAMERP 2022) A produção de etanol (C_2H_5OH ; $M = 46$ g/mol) é feita a partir da fermentação da sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$; $M = 342$ g/mol) hidrolisada, obtida de vegetais como a cana-de-açúcar. Nessa reação, além do etanol, também é produzido dióxido de carbono (CO_2 ; $M = 44$ g/mol), conforme a equação balanceada a seguir.



Em um experimento, uma solução contendo 17,1 g de sacarose foi submetida a uma fermentação, e o CO_2 produzido foi direcionado a uma solução de água de barita (solução aquosa saturada de hidróxido de bário $Ba(OH)_2$; $M = 171$ g/mol) conforme representado na figura.



(<https://onlinelibrary.wiley.com>. Adaptado.)

A pesagem do precipitado de carbonato de bário ($BaCO_3$; $M = 197$ g/mol) produzido no recipiente 2 forneceu uma massa de 35,46 g.

- a) A fermentação da sacarose no recipiente 1 deverá produzir uma solução de caráter ácido, básico ou neutro? Qual a função química da substância, produzida na fermentação, que confere esse caráter à solução?
- b) Calcule a massa de CO_2 produzida na reação. Determine o rendimento da reação de fermentação da sacarose no experimento descrito.
2. (UNESP 2022) O carboeto de silício (SiC), também conhecido como *carborundum*, é amplamente utilizado como abrasivo em pedras de esmeril, em pedras de afiar facas e também em materiais refratários.



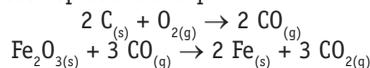
Esse composto é obtido a partir de uma mistura de carvão com areia com alto teor de sílica, por meio de processo eletrotérmico envolvendo a reação global, com rendimento médio de 75%, representada a seguir.



Com base nessas informações, prevê-se que a massa de SiC obtida pela reação de 6,0 t de SiO_2 com 3,6 t de C seja, aproximadamente,

Dados: C = 12; O = 16; Si = 28.

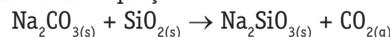
- a) 5,6 t.
b) 4,0 t.
c) 7,5 t.
d) 3,0 t.
e) 2,5 t.
3. (FUVEST) Duas das reações que ocorrem na produção do ferro são representadas por:



O monóxido de carbono formado na primeira reação é consumido na segunda. Considerando apenas essas duas etapas do processo, calcule a massa aproximada, em quilogramas, de carvão consumido na produção de 1 tonelada de ferro.

Note e adote: Massas molares (g/mol): Fe = 56; C = 12; O = 16.

4. (STA. CASA 2022) O composto silicato de sódio (Na_2SiO_3) é um adesivo inorgânico, denominado vidro líquido, e é produzido a partir da reação entre o carbonato de sódio (Na_2CO_3) e o dióxido de silício (SiO_2) representada na equação:



Em um processo industrial foram inseridos no reator 200 kg da mistura reacional. Após todo o carbonato de sódio ter sido consumido, a massa de sólidos no compartimento reacional era de 156 kg.

Na mistura reacional adicionada ao reator, o percentual de dióxido de silício foi de

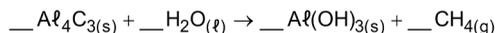
- a) 65%.
b) 53%.
c) 88%.
d) 47%.
e) 94%.
5. (ENEM - 2021) A obtenção de etanol utilizando a cana-de-açúcar envolve a fermentação dos monossacarídeos formadores da sacarose contida no melão. Um desses formadores é a glicose ($C_6H_{12}O_6$), cuja fermentação produz cerca de 50 g de etanol a partir de 100 g de glicose, conforme a equação química descrita. Fermentação alcoólica



Em uma condição específica de fermentação, obtém-se 80% de conversão em etanol que, após sua purificação, apresenta densidade igual a 0,80 g/mL. O melão utilizado apresentou 50 kg de monossacarídeos na forma de glicose. O volume de etanol, em litro, obtido nesse processo é mais próximo de

- a) 16.
b) 20.
c) 25.
d) 64.
e) 100.

Uma das formas de obtenção de gás metano - $\text{CH}_4(\text{g})$ é por meio da reação entre a substância carvão de alumínio - $\text{Al}_4\text{C}_3(\text{s})$, com a água. Além do gás metano, ainda é produzido o hidróxido de alumínio - $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$. A representação dessa reação química está na equação não balanceada a seguir:

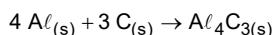


Se nesse processo reacional forem utilizados 125 g de carvão de alumínio, e forem obtidos 35 g de gás metano, qual será, aproximadamente, o rendimento percentual do gás metano obtido?

Dados: H = 1; C = 12; Al = 27.

- a) 83,9% b) 75% c) 98%
d) 41,68% e) 13,6%

3. **(FCMSCSP)** O carvão de alumínio (Al_4C_3) pode ser preparado empregando-se o carbono na forma de grafeno e o alumínio em pó. A reação ocorre de acordo com a equação:

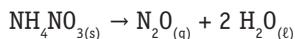


Em um processo de produção de carvão de alumínio, foram misturados, em condições adequadas, 9 mol de alumínio e 9 mol de carbono.

O reagente limitante e a quantidade máxima de carvão de alumínio que pode ser formada nesse processo de produção são:

- a) alumínio e 2,25 mol.
b) carbono e 3 mol.
c) carbono e 2,25 mol.
d) carbono e 6,75 mol.
e) alumínio e 4 mol.

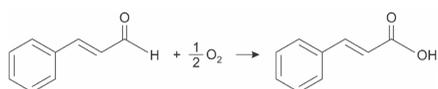
4. **(UFRGS-RS-Adaptada)** O gás hilariante, $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$, pode ser obtido pela decomposição térmica do nitrato de amônio, $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$, conforme mostra a reação a seguir:



Sabendo que a pureza do $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ é de 90% e que obtivemos 2,0 g de gás hilariante, podemos prever que a massa inicial do sal é de:

- a) 3g b) 4g c) 5g
d) 6g e) 7g

5. **(FUVESTuvest)** O cinamaldeído é um dos principais compostos que dão o sabor e o aroma da canela. Quando exposto ao ar, oxida conforme a equação balanceada:



Uma amostra de 19,80 g desse composto puro foi exposta ao ar por 74 dias e depois pesada novamente, sendo que a massa final aumentou em 1,20 g. A porcentagem desse composto que foi oxidada no período foi de

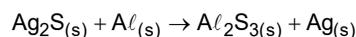
Note e adote:

- Massas molares (g/mol): Cinamaldeído = 132; $\text{O}_2 = 32$
- Considere que não houve perda de cinamaldeído ou do produto de oxidação por evaporação.

- a) 10% b) 25% c) 50%
d) 75% e) 90%

6. **(ENEM PPL - Adaptada)** Objetos de prata sofrem escurecimento devido à sua reação com enxofre. Estes materiais recuperam seu brilho característico quando envoltos por papel alumínio e mergulhados em um recipiente contendo água quente e sal de cozinha.

A reação não balanceada que ocorre é:



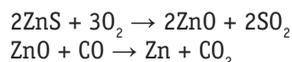
Dados da massa molar dos elementos (g mol^{-1}): Ag = 108; S = 32.

UCKO, D. A. *Química para as ciências da saúde: uma introdução à química geral, orgânica e biológica*. São Paulo: Manole, 1995 (adaptado).

Utilizando o processo descrito com 80% de rendimento, a massa aproximada de prata metálica regenerada na superfície de um objeto que contenha 7,44 g de Ag_2S , será

- a) 0,54 g. b) 1,08 g.
c) 1,91 g. d) 2,16 g.
e) 5,18 g.

7. **(ENEM)** Para proteger estruturas de aço da corrosão, a indústria utiliza uma técnica chamada galvanização. Um metal bastante utilizado nesse processo é o zinco, que pode ser obtido a partir de um minério denominado esfalerita (ZnS), de pureza 75%. Considere que a conversão do minério em zinco metálico tenha rendimento de 80% nesta sequência de equações químicas:

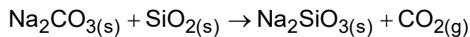


Considere as massas molares: ZnS (97g/mol), O_2 (32g/mol), ZnO (81g/mol), SO_2 (64g/mol), CO (28g/mol), CO_2 (44g/mol), e Zn (65g/mol).

Que valor mais próximo de massa de zinco metálico, em quilogramas, será produzido a partir de 100kg de esfalerita.

- a) 25 b) 33
c) 40 d) 50
e) 64

8. **(FCMSCSP)** O composto silicato de sódio (Na_2SiO_3) é um adesivo inorgânico, denominado vidro líquido, e é produzido a partir da reação entre o carbonato de sódio (Na_2CO_3) e o dióxido de silício (SiO_2) representada na equação:



Em um processo industrial foram inseridos no reator 200 kg da mistura reacional. Após todo o carbonato de sódio ter sido consumido, a massa de sólidos no compartimento reacional era de 156 kg.

Na mistura reacional adicionada ao reator, o percentual de dióxido de silício foi de

Dados: Na = 23; C = 12; O = 16.

- a) 65%.
- b) 53%.
- c) 88%.
- d) 47%.
- e) 94%.

9. **(UCS)** Um analista em Química quantificou o percentual de ferro em uma amostra de minério por gravimetria. Para tanto, 0,84 g dessa amostra foram inicialmente tratadas com ácido nítrico concentrado, e em quantidade suficiente, para garantir que todo o ferro fosse convertido a Fe (III). Em seguida, a solução resultante foi diluída em água destilada e o Fe (III) precipitado completamente sob a forma de hidróxido de ferro (III) pela adição de amônia. Após a filtração e a lavagem, esse precipitado foi calcinado a 900 °C, originando 0,40 g óxido de ferro (III) puro.

Tomando por base essas informações, é possível concluir que o percentual de ferro na amostra de minério analisada é de, aproximadamente,

Dados: Fe = 56; O = 16.

- a) 16,6%.
- b) 33,3%.
- c) 40,6%.
- d) 61,9%.
- e) 75,2%.

10. **(UECE)** O tetróxido de triferro, conhecido como magnetita, matéria prima do ímã natural, encontrado na areia da praia, nos pombos, nas abelhas e nos cupins, é obtido, pelo menos teoricamente, a partir da reação do ferro com a água, que também produz gás hidrogênio. Considerando que em um laboratório de química foram misturados 0,3 mol de ferro e 0,56 mol de água, é correto afirmar que

- a) o reagente limitante é a água e a produção de tetróxido de triferro é de aproximadamente 0,10 mol.
- b) o reagente em excesso é a água e a produção de tetróxido de ferro é de aproximadamente 0,20 mol.

- c) o reagente limitante é o ferro e a produção de tetróxido de triferro é de aproximadamente 0,10 mol.
- d) o reagente em excesso é o ferro e a produção de tetróxido de triferro é de aproximadamente 0,20 mol.

11. **(ENEM PPL)** As indústrias de cerâmica utilizam argila para produzir artefatos como tijolos e telhas. Uma amostra de argila contém 45% em massa de sílica (SiO_2) e 10% em massa de água (H_2O). Durante a secagem por aquecimento em uma estufa, somente a umidade é removida. Após o processo de secagem, o teor de sílica na argila seca será de

- a) 45%.
- b) 50%.
- c) 55%.
- d) 90%.
- e) 100%.

12. **(UCS)** Um laboratório de Química foi contratado por uma companhia petrolífera para analisar o teor de sulfeto de hidrogênio em uma amostra de petróleo cru. Para tanto, o técnico responsável pela análise pesou inicialmente 75,0 g de amostra e, em seguida, efetuou toda a remoção do sulfeto de hidrogênio (H_2S) pela técnica de destilação, coletando-o em uma solução aquosa de CdCl_2 . O precipitado obtido, nessa etapa, foi então filtrado, lavado e convertido a CdSO_4 por calcinação. Sabendo que foram obtidas 0,117 g de calcinado, pode-se concluir que o teor de sulfeto de hidrogênio na amostra de petróleo cru analisada, em %, é, em valores arredondados, de

Dados: H = 1; O = 16; S = 32; Cd = 112.

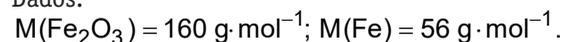
- a) 0,012.
- b) 0,025.
- c) 0,045.
- d) 0,062.
- e) 0,087.

13. **(UNICHRISTUS - Medicina)** Comercialmente, a aluminotermia é um processo utilizado para obtenção de metais a partir do seu minério. Por exemplo, o ferro metálico pode ser obtido fazendo-se reagir hematita, com pureza de 80% em Fe_2O_3 , com alumínio metálico de acordo com a equação a seguir:



Sabendo-se que a massa de ferro produzida foi de 2,24 toneladas e admitindo-se um rendimento de 80%, a massa de hematita utilizada nesse processo, em toneladas, é igual a

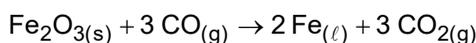
Dados:



- a) 2.
- b) 3.

- c) 4.
d) 5.
e) 6.

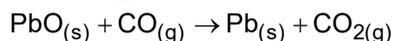
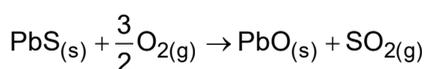
14. (UPE-SSA 1) Diversos povos africanos apresentavam uma relação especial com os metais, sobretudo o ferro, e, assim, muito do conhecimento que chegou ao Brasil sobre obtenção e forja tinha origem nesse continente. Entre os negros do período colonial, os ferreiros, com seus martelos e bigornas, desempenhavam importante papel político e financeiro. Supondo que mestre ferreiro Taú trabalhava com hematita (Fe_2O_3), quantos quilogramas de ferro aproximadamente seriam produzidos a partir de 500 kg do minério, admitindo uma pureza de 85% do mineral?



Dados:

C = 12 g/mol; O = 16 g/mol; Fe = 56 g/mol

- a) 175 kg
b) 350 kg
c) 297 kg
d) 590 kg
e) 147 kg
15. (MACKENZIE) A partir de um minério denominada galena, rico em sulfeto de chumbo II (PbS), pode-se obter o metal chumbo em escala industrial, por meio das reações representadas pelas equações de oxirredução a seguir, cujos coeficientes estequiométricos encontram-se já ajustados:



Considerando-se uma amostra de 717 kg desse minério que possua 90% de sulfeto de chumbo II, sendo submetida a um processo que apresente 80% de rendimento global, a massa a ser obtida de chumbo será de, aproximadamente,

Dados: massas molares ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) S = 32 e Pb = 207

- a) 621 kg.
b) 559 kg.
c) 447 kg.
d) 425 kg.
e) 382 kg.
16. (UFF) O bicarbonato de sódio é convertido a carbonato de sódio após calcinação, de acordo com a reação não balanceada a seguir



A calcinação de uma amostra de bicarbonato de sódio de massa 0,49 g, que contém impurezas, produz um resíduo de massa 0,32 g. Se as impurezas da amostra não são voláteis à temperatura de calcinação, pede-se:

- a) os valores que tornam a equação balanceada;
b) por meio de cálculos, o percentual de bicarbonato na amostra original.

17. (UFG) O hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$) é um composto químico utilizado no tratamento de águas. Uma possível rota de síntese desse composto ocorre pela reação entre o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) e o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Nessa reação, além do hidróxido de alumínio, é formado também o sulfato de cálcio (CaSO_4). Assumindo que no processo de síntese tenha-se misturado 30 g de sulfato de alumínio e 20 g de hidróxido de cálcio, determine a massa de hidróxido de alumínio obtida, o reagente limitante da reação e escreva a equação química balanceada da síntese.

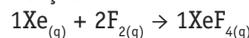
18. (IME-Adaptada) Em um vaso fechado, ocorreu a reação de 13,1 gramas de $\text{Xe}_{(g)}$ com excesso de $\text{F}_{2(g)}$ cuja pressão parcial é de 2,4 atm e a pressão total de 6 atm. Tal reação formou exclusivamente o composto apolar A (Reação 1). Em seguida, foram adicionados 19,5 g de platina na forma sólida, que reagiram exclusivamente com o composto A para formar um produto X, recuperando o gás nobre (Reação 2).

Considerando comportamento de gás ideal e sabendo que as reações ocorreram à temperatura de 400 °C, determine:

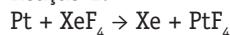
- a) a massa de flúor que não reagiu;
b) a massa do produto X obtido.

Dados:

Reação 1:



Reação 2:



19. (UNICID - MEDICINA - Adaptada) Em uma aula experimental, uma estudante misturou 40 mL de uma solução aquosa 0,55 mol/L de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ com 50 mL de uma solução aquosa 1,22 mol/L de HCl . Ela observou a formação de um precipitado branco (PbCl_2) e de um ácido (HNO_3), que foi separado e colocado para secar. Ao final do processo, a estudante determinou que a massa do sólido era 5,12 g.

- a) Escreva a equação completa da reação que ocorreu e indique o produto que corresponde ao sólido branco.
b) Calcule o rendimento da reação, sabendo que para cada 331 g de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ reagem 73,0 g de HCl .

20. (FUVEST) A hortênsia (*Hydrangea macrophylla*) produz flores azuis quando cultivada em solo de $\text{pH} < 5$. Quando o pH do solo é maior do que 5, as flores tornam-se rosadas.

Um jardineiro recebeu uma encomenda de hortênsias rosadas. Ele dispõe de um jardim plano, com as formas e dimensões descritas na figura abaixo, e cujo solo apresenta $\text{pH} = 4$. Para obter um solo adequado à produção de flores rosadas, o jardineiro deverá adicionar uniformemente 300 g de calcário dolomítico por m^2 de terreno.

a) Calcule a massa, em quilogramas, de calcário dolomítico necessária para a correção do solo do jardim.

O calcário dolomítico é uma mistura de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio. Ao adquirir um pacote desse produto, o jardineiro observou que, no rótulo, sua composição estava expressa na forma das porcentagens, em massa, dos óxidos de cálcio e de magnésio que poderiam ser obtidos a partir dos correspondentes carbonatos contidos no calcário dolomítico.

b) Calcule a porcentagem, em massa, de carbonato de magnésio presente no calcário dolomítico adquirido pelo jardineiro.

Note e adote:		
<p>Dimensões do jardim</p>		<p>Massas molares (g/mol)</p> <p>CaO..... 56 MgO..... 40 MgCO₃.....84</p>

GABARITO

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. D | 2. A | 3. A | 4. B | 5. C |
| 6. E | 7. C | 8. D | 9. B | 10. C |
| 11. B | 12. B | 13. D | 14. C | 15. C |

16.

a) No balanceamento a quantidade de átomos de cada elemento químico deverá ser a mesma dos dois lados da equação química, logo teremos:



b) Como a calcinação produz um resíduo de 0,32 g, podemos calcular a quantidade de CO_2 e H_2O liberada:

$$0,49 \text{ g} - 0,32 \text{ g} = 0,17 \text{ g}$$



$$2(84 \text{ g}) \text{ ——— } (44 \text{ g} + 18 \text{ g})$$

$$m \text{ ——— } 0,17 \text{ g}$$

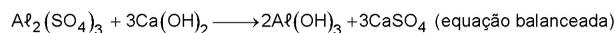
$$m = 0,46 \text{ g de bicarbonato de sódio}$$

$$100\% \text{ da amostra ——— } 0,49 \text{ g}$$

$$p \text{ ——— } 0,46 \text{ g}$$

$$p = 94\%$$

17.



$$342 \text{ g ——— } 3 \times 74 \text{ g}$$

$$\cancel{30} \text{ g ——— } \cancel{20} \text{ g}$$

limitante excesso

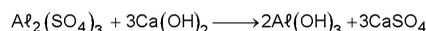
Multiplicando em cruz, vem:

$$\cancel{342} \times 20 > \cancel{3} \times 74 \times 30$$

$$6.840 > 6.660$$

Conclusão: excesso de hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

O reagente limitante é o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).



$$342 \text{ g ——— } 2 \times 78 \text{ g}$$

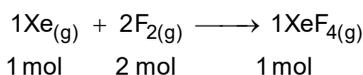
$$30 \text{ g ——— } m_{\text{Al}(\text{OH})_3}$$

$$m_{\text{Al}(\text{OH})_3} = 13,68 \text{ g} \approx 13,7 \text{ g}$$

18.

a) A partir das informações do enunciado, vem:

$$n_{\text{Xe}} = \frac{m}{M} = \frac{13,1 \text{ g}}{131 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,1 \text{ mol}$$



$$0,1 \text{ mol} \quad 0,2 \text{ mol} \quad \left(0,1 \text{ mol} + n_{\text{F}_{2(\text{excesso})}} \right)$$

$$6 \text{ atm} \text{ — } 0,1 \text{ mol} + n_{\text{F}_{2(\text{excesso})}}$$

$$2,4 \text{ atm} \text{ — } n_{\text{F}_{2(\text{excesso})}}$$

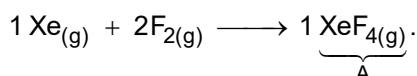
$$6 \times n_{\text{F}_{2(\text{excesso})}} = 2,4 \times (0,1 \text{ mol} + n_{\text{F}_{2(\text{excesso})}})$$

$$6 \times n_{\text{F}_{2(\text{excesso})}} = 0,24 + 2,4 \times n_{\text{F}_{2(\text{excesso})}}$$

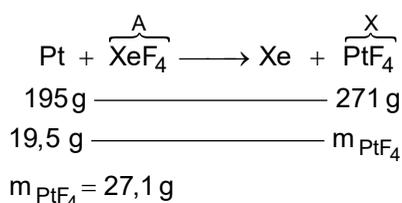
$$3,6 \times n_{\text{F}_{2(\text{excesso})}} = 0,24 \Rightarrow n_{\text{F}_{2(\text{excesso})}} = 0,0666666 \text{ mol}$$

$$m_{\text{F}_{2(\text{excesso})}} = 0,0666666 \times 38 \text{ g} = 2,5333308 \text{ g}$$

$$m_{\text{F}_{2(\text{excesso})}} = 2,53 \text{ g (massa que não reagiu)}$$

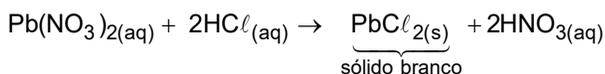


b) Reação da platina sólida com XeF_4 :

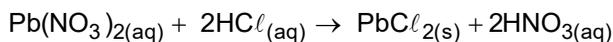


19.

a)



b)



$$1 \text{ mol} \text{ — } 2 \text{ mols} \text{ — } 1 \text{ mol} \text{ — } 2 \text{ mols}$$

$$331 \text{ g} \text{ — } 73 \text{ g} \text{ — } 278,1 \text{ g} \text{ — } 126 \text{ g}$$

Assim, o rendimento foi de 100%.

20.

a) Para saber quantos quilogramas de calcário dolomítico serão necessários para correção do solo primeiramente é necessário saber a área do jardim. Da figura, pode-se escrever:

$$A_{\text{jardim}} = \frac{(4 + 2) \cdot 2}{2} + 4 \cdot 1 \Rightarrow A_{\text{jardim}} = 10 \text{ m}^2$$

Assim, se para 1 m^2 são necessários 300g de calcário dolomítico para corrigir o pH, para 10 m^2 serão necessários 3000g, ou 3kg.

b) A partir das informações do enunciado sobre o calcário dolomítico Limeira (obtido pelo jardineiro), vem:

$$\text{CaO} \dots\dots\dots 28 \%$$

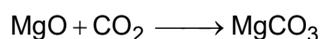
$$\text{MgO} \dots\dots\dots 20 \%$$

$$m_{\text{calcário}} = 3 \text{ kg} = 3.000 \text{ g}$$

$$m_{\text{MgO}} = \frac{20}{100} \times 3.000 \text{ g} = 600 \text{ g}$$

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

$$\text{MgCO}_3 = 84 \text{ g / mol}$$



$$40 \text{ g} \text{ — } 84 \text{ g}$$

$$600 \text{ g} \text{ — } m_{\text{MgCO}_3}$$

$$m_{\text{MgCO}_3} = 1.260 \text{ g}$$

$$P_{\text{MgCO}_3} = \frac{1.260 \text{ g}}{3.000 \text{ g}} = 0,42 = 42 \%$$

$$P_{\text{MgCO}_3} = 42 \%$$