

exercícios resolvidos de química e fertilidade do solo

Antônio Carlos Vargas Motta
Julierme Zimmer Barbosa
Giovana Clarice Poggere
Priscila Luzia Simon

**Antônio Carlos Vargas Motta
Julierme Zimmer Barbosa
Giovana Clarice Poggere
Priscila Luzia Simon**

50
exercícios resolvidos de
química e fertilidade do solo

1ª edição

**UFPR/DSEA
Curitiba - Paraná
2018**

Direitos reservados desta edição aos autores.

Permitida reprodução desde que citada a fonte e que não se destine para fins comerciais.

Capa: Julierme Zimmer Barbosa.

Fotos: Julierme Zimmer Barbosa e Giovana Clarice Poggere.

Montagem e revisão final: Antônio Carlos Vargas Motta, Julierme Zimmer Barbosa, Giovana Clarice Poggere e Priscila Luzia Simon.

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação da Biblioteca
do Setor de Ciências Agrárias da UFPR**

C575 50 exercícios resolvidos de química e fertilidade do solo [recurso eletrônico]. / Antônio Carlos Vargas Motta... [et al.]. – Curitiba: Universidade Federal do Paraná/Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2018.
121 p.; il.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.
Modo de acesso: <<http://www.dsea.ufpr.br/>>...
ISBN 978-85-89950-12-1 (on line)

1. Ciência do solo. 2. Química do solo. 3. Solos - Fertilidade.
I. Motta, Antônio Carlos Vargas. II. Barbosa, Julierme Zimmer. III.
Poggere, Giovana Clarice. IV. Simon, Priscila Luzia. V. Título.

CDU 631.4

Autores

Antônio Carlos Vargas Motta

Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná. Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Espírito Santo. Mestre em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Lavras. Doutor em Agronomia e Solos pela Auburn University; Pós-doutor pela University of Nottingham.

E-mail: mottaufpr@gmail.com

Julierme Zimmer Barbosa

Engenheiro Agrônomo pela Universidade do Oeste de Santa Catarina. Mestre e Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Paraná.

E-mail: barbosajz@yahoo.com.br

Giovana Clarice Poggere

Engenheira Agrônoma e Mestre em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Paraná. Doutoranda em Ciência do Solo na Universidade Federal do Lavras.

E-mail: gi.poggere@gmail.com

Priscila Luzia Simon

Engenheira Agrônoma e Mestre em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Paraná. Doutoranda em Ciência do Solo na Universidade Federal do Paraná.

E-mail: pri.simon@hotmail.com

Sumário

Introdução.....	1
Unidades de Medida.....	2
Preparo de Soluções e Reagentes.....	15
Análises de Amostras de Solo e Plantas	30
Geoquímica	46
Corretivos e Fertilizantes	54
Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas	90
Produção vegetal	119

Introdução

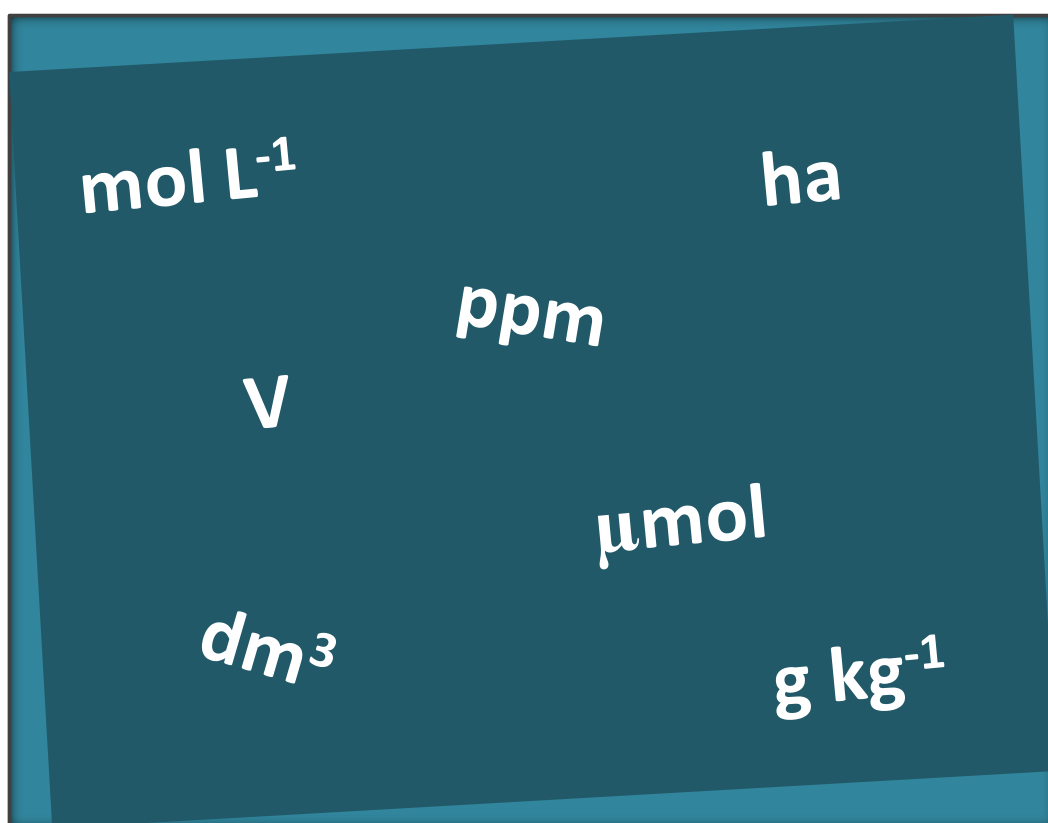
O conhecimento básico de química aplicado às ciências agrárias é indispensável para aqueles que almejam ser bons engenheiros agrônomos ou florestais, zootecnistas ou técnicos agrícolas. Tanto isso é verdade que, boa parte do incremento da produção vegetal se deve justamente a aplicação desse conhecimento no manejo dos solos e das culturas. No solo, corrigindo sua acidez ou salinidade e adequando os teores de nutrientes essenciais para as plantas, enquanto nas culturas aplicando nutrientes ou produtos para o controle de organismos que causam injúrias nas plantas.

São muitos os fatores que interferem na produção agrícola. O manejo da fertilidade do solo mediante a aplicação de corretivos e fertilizantes se destaca por ser de fácil interferência e com maior retorno do valor investido quando comparado a outras práticas. A caracterização da capacidade do solo em fornecer nutrientes para as plantas pode ser realizada através da avaliação de sua fertilidade, identificando a presença de elementos tóxicos, carência de nutrientes e o nível de acidez, o que é utilizado para orientar programas de adubação e correção do solo e na escolha de espécies ou variedades mais adaptadas ao cultivo em uma determinada área. O método de análise química é o mais abrangente, embora também possam ser utilizados métodos biológicos, plantas nativas indicadoras, desenvolvimento das plantas, cor do solo, etc.

Especificamente, nossa vertente de estudo é a Química e Fertilidade do Solo. Nesse sentido, são necessárias informações que possibilitem tanto análises laboratoriais como aplicações em condições práticas de campo, envolvendo, por exemplo, matemática, biologia, informações acerca de unidades de medida, tipos de reagentes químicos, propriedades químicas dos solos, formulações para adubação das culturas e uso de dejetos de animais como fonte de nutrientes.

Nosso objetivo é fornecer subsídios para o estudo da Química e Fertilidade do Solo. Para tanto, foram elaborados 50 exercícios cada qual com um objetivo específico e a sua resolução, podendo conter também dicas que contribuem para o entendimento do exercício.

Unidades de Medida



1) Para compreensão da química aplicada ao estudo dos solos é importante estar familiarizado com a simbologia e com as principais unidades de medida utilizadas. Completar as tabelas apresentadas abaixo.

Símbolo	Prefixo	Valor	Símbolo	Prefixo	Valor
G	giga	10^9	d	deci	10^{-1}
M	mega	10^6	c	centi	10^{-2}
k	quilo	10^3	m	mili	10^{-3}
h	hecto	10^2	μ	micro	10^{-6}
da	deca	10^1	n	nano	10^{-9}

- **Dicas:** (I) Exemplo de cada unidade: Gigagrama, megagrama, quilograma, peso hectolítrico, decagrama, decímetro, centímetro, milímetro, micrograma e nanômetro. (II) Duas outras unidades estão sendo utilizadas para quantidades muito grandes, como C no planeta terra, que é penta (10^{15}), tendo símbolo P. Por exemplo, a quantidade de C na matéria orgânica do solo, atmosfera e matéria vegetal é de cerca de 2000, 785 e 500 Pg C, respectivamente. Outra unidade também com pequena frequência é Tera (10^{12}), tendo símbolo T, que vem sendo utilizada com o mesmo propósito. Observe que a simples mudança de M (maiúsculo) para m (minúsculo) pode levar à mudança neste caso no valor de 10^6 para 10^{-3} .

a) Massa

- **Símbolos:** μg , mg, g, dag, kg, Mg, ton

- **Relação entre as unidades de massa:** $1 \text{ Mg} = 10^3 \text{ kg} = 10^6 \text{ g} = 10^9 \text{ mg} = 10^{12} \mu\text{g}$

1 tonelada = 1000 kg

1000 kg = 1000 x 1000 g

1 tonelada = 10^6 g = 1 Mg, então

1 ton = 1 Mg

Exercite:

Estabeleça a equivalência entre as unidades em função do g

μg	mg	g	dag	kg	Mg	t
10^{-6} g	0,001 g ou 10^{-3}	1	10 g	1000 g	1.000.000 g	1.000.000 g

- **Dicas:** (I) A unidade de *tonelada* vem sendo substituída pela unidade *megagrama* (*Mg*) em revistas científicas e poderá se estabelecer em outras áreas técnicas. (II) A unidade de *arroba* (do árabe *الربع*; "ar-rub", a quarta parte do quintal, isto é, 25 libras ou 15 kg) é uma antiga unidade de massa usada em Portugal, no Sistema Imperial de Medidas e ainda hoje utilizada na produção animal na compra, venda e cotação de preço.

b) Volume

- **Símbolos:** μL , cm^3 , mL , dm^3 , L , m^3

- **Volume do cubo:** $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m} = 1\text{ m}^3$

$$10\text{ dm} \times 10\text{ dm} \times 10\text{ dm} = 1000\text{ dm}^3 = 10^3\text{ dm}^3$$

$$100\text{ cm} \times 100\text{ cm} \times 100\text{ cm} = 1.000.000\text{ cm}^3 = 10^6\text{ cm}^3$$

$$1000\text{ mm} \times 1000\text{ mm} \times 1000\text{ mm} = 1.000.000.000\text{ mm}^3 = 10^9\text{ mm}^3$$

$$10^3\text{ dm}^3 = 10^9\text{ mm}^3 \rightarrow 1\text{ dm}^3 = \text{L} = 10^6\text{ mm}^3 \text{ ou } 10^6\mu\text{L}$$

Portanto: $1\text{ cm}^3 = 1\text{ mL}$

$$1\text{ dm}^3 = 1\text{ L}$$

- **Relação entre as unidades de volume:** $1\text{ m}^3 = 10^6\text{ cm}^3$

$$1\text{ m}^3 = 10^3\text{ dm}^3$$

$$10^6\text{ cm}^3 = 10^3\text{ dm}^3$$

$$10^3\text{ cm}^3 = 1\text{ dm}^3 = 1\text{ L}$$

$$1\text{ dm}^3 = \text{L} = 10^6\text{ mm}^3 = 10^6\mu\text{L}$$

Exercite:

Estabeleça a equivalência entre as unidades, em função do dm^3 .

μL	mL	cm^3	dm^3	L	m^3
10^{-6}	10^{-3}	10^{-3}	1	1	10^3

- **Dica:** A unidade de L vem sendo substituída pela dm^3 em revistas científicas e nas demais áreas técnicas.

c) Densidade

- Símbolos: g/mL, g/cm³, kg/dm³, Mg/m³, kg/m³

- **Volume do cubo:** 1 cm x 1 cm x 1 cm = 1 cm³

$$1 \text{ g/mL} = 1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ kg/dm}^3 = 1 \text{ Mg/m}^3$$

$$1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}; 1 \text{ mL ou cm}^3 = 10^{-3} \text{ dm}^3 = 1 \text{ kg/dm}^3$$

$$1 \text{ g} / 1 \text{ mL} = 1 \text{ g/cm}^3 = 10^{-3} \text{ kg} / 10^{-3} \text{ dm}^3 = 1 \text{ kg/dm}^3$$

$$1 \text{ g} = 10^{-6} \text{ Mg}; 1 \text{ mL ou cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ g/mL} = 10^{-6} \text{ Mg} / 10^{-6} \text{ m}^3 = 1 \text{ Mg/m}^3$$

$$1 \text{ g/mL} = 1 \text{ Mg/m}^3$$

Portanto: 1 g/mL = 1 g/cm³ = 1 kg/dm³ = 1 kg/L = 1 Mg/m³

Exercite:

Estabeleça a equivalência entre as unidades, em função do g/cm³.

1 g/mL	1 g/cm ³	1 kg/dm ³	1 kg/L	1 Mg/m ³	1 kg/m ³
1	1	1	1	1	10 ³

- **Dicas:** (I) Densidade kg/m³ vem sendo utilizada para estabelecer a densidade do esterco. Para solo, kg/dm³ e g/cm³ são as mais utilizadas. Densidade da madeira é normalmente apresentada em kg/m³. Para efeito de cálculo (quando não se conhece o valor real) a densidade do solo pode ser considerada 1 g/cm³ ou 1 kg/dm³. Contudo, quando o solo é orgânico tal valor é bem menor ficando na faixa de 0,2 a 0,3 kg/dm³. (II) Peso hectolitro (PH), ou seja, peso de 100 dm³ ou L é normalmente utilizada para avaliar a densidade de grãos como cevada e trigo (Exemplo: PH do trigo foi de 75, ou seja, 75 kg/100dm³). O peso hectolitro mínimo aceitável da cevada é de 53, ou seja, 100 dm³ de cevada deve pesar 53 kg.

d) Concentração

- **Símbolos:** %, dag/kg, g/kg, mg/kg, ppm, ppb, µg/g, mg/dm³, g/m³

- Equivalência entre as unidades, em função da %:

% = 1 % (em massa/massa) → g/kg ou dag/kg

1 unidade (g)/100 unidades (g) = X unidades (g)/1000 unidades (g)

1 unidade (g) ----- 100 unidades (g)

X unidade (g) ----- 1.000 unidades (g)

X = 10 g/1000 g ou 10 g/1 kg

Portanto:

1 % = 10 g/kg

Como, 10 g = 1 dag; 1 % = 1 dag/kg

- **Dica:** A concentração de macronutrientes na planta, solo e adubo, que anteriormente era expressa em %, hoje frequentemente é expressa em g/kg. Em alguns dos casos tem se adotado a unidade dag/kg em substituição a %.

% → mg/kg, sendo que 1 % = 10 g/kg e que 1 g tem 1000 mg

1 g ----- 1000 mg

10 g ----- X mg

X = 10.000 mg

Portanto: 1 % = 10.000 mg/kg

Exercite:

Estabeleça a equivalência entre as unidades, em função da %.

%	dag/kg	g/kg	mg/100g	mg/kg	g/Mg	µg/g
1	1	10	1000	10.000	10.000	10.000

ppm → mg/kg ou 1 ppm Ca → mg Ca/kg

- **Dica:** O termo ppm significa parte por um milhão, ou seja, uma parte 1 g/1.000.000 g (massa/massa) ou 1 cm³/1.000.000 cm³ (volume/volume). Outra unidade também utilizada é ppb, ou seja, parte por bilhão.

Assim, 1 ppm de Ca no solo (massa/massa) = 1 g Ca/1.000.000 g solo

Como foi visto: 1 g de Ca = 1000 mg de Ca

1.000.000 g de Ca = 1000 kg de Ca

1 g de Ca \rightarrow 1.000.000 g solo

1000 mg Ca \rightarrow 1000 kg solo

1 mg Ca \rightarrow 1 kg solo

Portanto: 1 ppm = 1 mg/kg

ppm \rightarrow $\mu\text{g/g}$ ou 1 ppm Ca \rightarrow $\mu\text{g Ca/g}$

Como foi visto: 1 g Ca = 1.000.000 μg Ca

1 g Ca \rightarrow 1.000.000 g solo

1.000.000 μg Ca \rightarrow 1.000.000 g solo

1 μg Ca \rightarrow 1 g solo

Portanto: 1 ppm = 1 $\mu\text{g/g}$

= 1 ppm = 1 mg/kg

= 1 ppm = 1 g/Mg

Ou seja, 1 ppm = 1 mg/kg = 1 $\mu\text{g/g}$ = 1 g/Mg

Exercite:

Estabeleça a equivalência entre as unidades, em função de ppm.

ppm	$\mu\text{g/g}$	mg/kg	g/Mg	g/t
1 g/10 ⁶ g	1	1	1	1

- **Dica:** A unidade de ppm vem sendo substituída pelas unidades equivalentes de $\mu\text{g/g}$, mg/kg, g/Mg, g/t.

ppm \rightarrow massa/volume

- **Dica:** (I) Era comum representar o teor de P e K em ppm, sendo que se utilizava no laboratório uma unidade de volume para determinar a extração dos nutrientes, daí a relação massa do nutriente/volume do solo. (II) O valor de 1 ppm de P significa que temos 1 g de P em um milhão de mL ou cm³ de solo. Hoje se representa tais unidades em mg/dm³, 1 $\mu\text{g/cm}^3$, 1 $\mu\text{g/mL}$ ou g/m³.

1 g = 1.000.000 µg ou 1000 mg

1.000.000 cm³ = 1000 dm³ (ou L) ou 1 m³

Assim,

1.000.000 µg/1.000.000 cm³ ou 1 µg/1 cm³

1000 mg/1000 dm³ ou 1 mg/1 dm³

1 g/m³

Portanto: 1 ppm (massa/volume) = 1 µg/cm³ = 1 mg/dm³ = 1 g/m³

Exercite:

Estabeleça a equivalência entre as unidades, em função de ppm.

ppm	µg/cm ³	µg/mL	mg/dm ³	mg/L	g/m ³
1 g/10 ⁶ cm ³	1	1	1	1	1

g/100 g e seus equivalentes

No setor de alimentos é comum o uso das unidades relacionadas a 100 g ou uma porção.

Exemplo: Ca - 0,4 g/100 g, K - 1446 mg/100 g e Zn - 3 mg/100 g. Para Ca a unidade representa a % do mesmo na planta. Para o K equivale a 1,446 g/100 g ou 14,46 g/kg ou 14460 mg/kg. Já para os elementos que são micronutrientes uma concentração de 30 mg/kg de Zn, será representada como 3 mg/100 g.

e) Área

- 1 hectare = 10.000 m²

- 1 hectare = 100 are (1 are é uma antiga unidade de medida que representa 10 x 10 m = 100 m²)

- 1 alqueire (paulista) = 24.200 m²

- 1 alqueire = 48.400 m²

- 1 acre = 4047 m²

- 1 quarta = 6050 m² ou ¼ alqueire

- 1 quadra = 6600 m²

Exercite:**Estabeleça a equivalência entre as unidades.**

1 alqueire (alq)	2,42 ou 4,84 hectares (ha)
1 hectare (ha)	10.000 m ²
1 alqueire (alq) paulista	24.200 m ²
1 alqueire (alq) mineiro	48.400 m ²
1 litro (alq/40)	605 m ²
1 quarta (1/4 de alq)	6050 m ²
1 colônia	250.000 m ²
1 acre	4047 m ²
1 mou (mu)	666,5 m ² (unidade chinesa de área)

- **Dica:** Embora a unidade padrão no meio científico seja *hectare*, ainda existe uso comum do *alqueire* no Brasil e *acre* nos Estados Unidos.

f) Produtividade

- **Símbolos:** kg/ha; ton/ha; sc/alq; bushel/acre = 1,12 sc/ha (sc 60 kg)

A unidade de sacas pode ser variável tendo valor de 50 kg ou 60 kg. No caso do milho, soja, feijão, trigo e café se utiliza 60 kg. Mas, no caso do adubo é 50 kg, assim, é importante ficar atento na massa de uma saca.

Bushel ou balaio (cesto) é unidade de volume e, portanto, varia em função da cultura.

1 bushel = 35,24 L ou dm³.

Cultura	Libra	Quilogramas
Soja	60	27,2
Milho	56	25,4
Trigo	60	27,2
Cevada	48	21,8
Canola	50	22,7
Aveia	32	14,5
Azevém	56	25,4
Sorgo	56	27,2

g) Carga por unidade de volume e massa

- **Símbolos:** meq/100 cm³, mmol_c/dm³, cmol_c/dm³, meq/100 g, mmol_c/kg, cmol_c/kg

Equivalência entre as unidades em função do cmol_c/dm³.

Elemento químico	Massa molar	Carga valência	1 mol _c ou eq. (g)	1 cmol _c ou ceq. (g)	1 mmol _c ou meq (g)
Alumínio (Al ⁺³)	27	+3	9	0,09	0,009
Cálcio (Ca ⁺²)	40	+2	20	0,2	0,02
Magnésio (Mg ⁺²)	24	+2	12	0,12	0,012
Potássio (K ⁺)	39	+1	39	0,39	0,039
Fosfato (PO ₄ ⁻²)	95	-3	31,6	0,316	0,0316
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	96	-2	48	0,48	0,048
Cloreto (Cl ⁻)	35,5	-1	35,5	0,355	0,0355

- **Dica:** A divisão da Massa molar pela carga (valência) resulta no valor de 1 mol_c que multiplicado por 10⁻² resulta em 1 cmol_c e multiplicado por 10⁻³ resulta em 1 mmol_c.

$$1 \text{ mol}_c \text{ Ca} = 20 \text{ g}$$

$$1 \text{ cmol}_c \text{ Ca} = 0,2 \text{ g}$$

$$1 \text{ mmol}_c \text{ Ca} = 0,02 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol}_c = 100 \text{ cmol}_c = 1000 \text{ mmol}_c$$

$$1 \text{ cmol}_c = 0,01 \text{ mol}_c$$

$$1 \text{ mmol}_c = 0,001 \text{ mol}_c$$

$$100 \text{ cmol}_c = 1.000 \text{ mmol}_c$$

$$1 \text{ cmol}_c = 10 \text{ mmol}_c$$

Exercite:

Estabeleça a equivalência entre as unidades, em função de mol_c.

meq 10 ⁻³	mmol _c 10 ⁻³	cmol _c 10 ⁻²	mol _c 1	eq 1
-------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	-----------------------	---------

Estabeleça a equivalência entre as unidades, em função de cmol_c.

meq 10 ⁻¹	mmol _c 10 ⁻¹	cmol _c 1
-------------------------	---------------------------------------	------------------------

i) $\text{cmol}_c/\text{dm}^3 \rightarrow \text{meq}/100 \text{ cm}^3$

$\text{cmol}_c = 10 \text{ meq}$ ou $1 \text{ meq} = 0,1 \text{ cmol}_c$ $1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$ ou $100 \text{ cm}^3 = 0,1 \text{ dm}^3$

$1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3 = 10 \text{ meq}/1000 \text{ cm}^3$ ou $1 \text{ meq}/100 \text{ cm}^3$

Exercite:

Estabeleça a equivalência entre as unidades, em função de $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$.

$\text{cmol}_c/\text{dm}^3$	$\text{meq}/100 \text{ cm}^3$
1	1

ii) $\text{cmol}_c/\text{dm}^3 \rightarrow \text{mmol}_c/\text{dm}^3$

$\text{cmol}_c = 10 \text{ mmol}_c$

$1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3 \rightarrow 10 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$

Estabeleça a equivalência entre as unidades, em função de $\text{meq}/100\text{cm}^3$.

$\text{cmol}_c/\text{dm}^3$	$\text{meq}/100 \text{ cm}^3$	$\text{mmol}_c/\text{dm}^3$
1	1	10

- **Dica:** Unidade de carga por volume ou massa é de uso comum em solos. Uma das aplicações é na determinação da CTC e CTA, capacidade de troca de cátions ou ânions, respectivamente. As unidades de carga são aplicadas considerando que uma unidade de carga da argila irá atrair uma unidade de carga de um elemento de carga oposta. A unidade mais utilizada no passado era a meq ou miliequivalente, que como o nome diz é a milésima parte do equivalente. Hoje se adota mmol_c ou cmol_c . Em algumas literaturas internacionais o cmol_c é escrito como cmol_+ .

Portanto: $1 \text{ eq (equivalente)} = 1 \text{ mol}_c \text{ (mol carga)}$

$1 \text{ meq (miliequivalente)} = 1 \text{ mmol}_c \text{ (milimol carga)}$

massa de $1 \text{ mol}/\text{valência} = \text{massa de } 1 \text{ mol}_c$

massa de $1 \text{ mol}_c/100 = 1 \text{ cmol}_c$

massa de $1 \text{ mol}_c/1.000 = 1 \text{ mmol}_c$

- **Dica:** No passado a unidade de carga no solo era normalmente apresentada com $\text{meq}/100 \text{ cm}^3$ ou $\text{meq}/100 \text{ g}$, como por exemplo no manual de levantamento de solos do Paraná, feito pela EMBRAPA em 1984. Atualmente se utiliza $1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$.

h) Condutividade elétrica

- **Símbolo:** mmho/cm (1 milimho/cm) ou S/m (1 siemens/m); dS/m = mmho/cm; 1 S = 10 dS

$$\mu\text{S/cm} = \text{dS/m} = 10^{-6} \text{ S}/10^{-2} \text{ m} = 10^{-4} \text{ S/m} = 10^{-3} \text{ dS/m}$$

$$\mu\text{S/cm} = 10^{-3} \text{ dS/m} \text{ ou } 1000 \mu\text{S/cm} = 1 \text{ dS/m} \text{ ou } 1 \text{ mS/cm} = 1 \text{ dS/m}$$

Exercite:

Estabeleça a equivalência entre as unidades, em função de mmho/cm.

S/m	mmho/cm	dS/m	mS/cm	$\mu\text{S/cm}$
0,1	1	1	1	1000

- **Dicas:** No passado a unidade de condutividade elétrica no solo era normalmente apresentada com mmho/cm, como exemplo no manual de levantamento de solos. Atualmente, as unidades frequentemente utilizadas são $\mu\text{S/cm}$ e 1 dS/m. A medição de condutividade elétrica é bastante simples, mas fornece informações importantes, por exemplo, sobre ocorrência de salinidade em regiões semiáridas, influência marinha (mangues e estuários), substratos para produção de mudas e soluções para cultivo de plantas em hidroponia.

Condutividade elétrica e efeito nas plantas e microrganismos

CE (dS m ⁻¹ a 25° C)	Classe de salinidade	Resposta das plantas	Resposta dos microrganismos
0 - 0,98	Não salino	Sem efeito	Poucos organismos são afetados
0,98 - 1,71	Muito levemente salino	Restringe a produtividade de cultura muito sensível	Alguns processos microbianos são alterados
1,71 - 3,16	Levemente salino	Restringe a produtividade de cultura sensível	Maiorias dos processos microbianos são afetados
3,16 - 6,07	Moderadamente salino	Somente culturas tolerantes produzem satisfatoriamente	Predomínio de microrganismo tolerante a salinidade
> 6,07	Fortemente salino	Somente culturas muito tolerantes produzem satisfatoriamente	Alguns poucos organismos ativos (halófilos)

Soil Quality Test Kit Guide.

Grau de salinidade e relação entre condutividade e grau de salinidade pelos métodos com relação 1:1 (solo:água) e pasta de saturação (CE_{1:1}/CE_p) (Smith e Doran, 1996)¹.

Textura	Grau de salinidade					CE _{1:1} / CE _p
	NS	LS	MS	FS	MtS	
	----- mmhos/cm (dS/m) -----					
Grossa a areia siltosa	0,0 - 1,1	1,2 - 2,4	2,5 - 4,4	4,5 - 8,9	> 9,0	0,56
Areno fino siltoso a siltoso	0,0 - 1,2	1,3 - 2,4	2,5 - 4,7	4,8 - 8,9	> 9,0	0,59
Siltoso a silte argilo	0,0 - 1,3	1,4 - 2,5	2,6 - 5,0	5,1 - 10,0	> 11,5	0,71
Argilo siltoso a argiloso	0,0 - 1,4	1,5 - 2,8	2,9 - 5,7	5,8 - 11,4	> 11,5	0,71
	Pasta de saturação					
Todas as texturas	0,0 - 2,0	2,1 - 4,0	4,1 - 8,0	8,1 - 16,0	> 16,1	

¹ Smith, J.L.; J.W. Doran. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. In: Doran, J.W.; Jones, A.J. (ed.). Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America Spec. Publ. 49. SSSA, 1996. LS = Levemente salino; MS = Moderadamente salino; FS = Fortemente salino, MtS = Muito Salino.

i) Unidade de fluxo

Estudos voltados para a quantificação do fluxo de gases no solo têm recebido grande enfoque nos últimos anos. Para determinar a concentração, assim como a taxa de emissão de gases emitidos para a atmosfera, faz-se necessário conhecer algumas unidades de medida.

- Volume da câmara: L
- Área da base: m²
- Temperatura no interior da câmara: °C → K
- Massa molar de N, C, O, H: g
- Tempo entre coletas do gás: min
- Equação dos gases perfeitos: PV = NRT
- Concentração do gás na seringa coletada: ppm; ppb
- Fluxo do gás obtido através da equação: PV = NRT

μg m⁻² h⁻¹ de N-N₂O

μg m⁻² h⁻¹ de C-CH₄

μg m⁻² h⁻¹ de C-CO₂

- **Dicas:** (I) Para se obter a emissão acumulada ao longo do período de avaliação, deve-se integrar o fluxo de gás obtido ($\mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) ao longo de todo o período de avaliação (dias), resultando na emissão acumulada em g m^{-2} . (II) A partir da emissão acumulada é possível determinar o fator de emissão (FE %) de N- N_2O , ou seja, o quanto do N total aplicado foi perdido na forma de N_2O , dado em %. (III) Além das análises de fluxos de gases emitidos, também são determinadas as concentrações de N inorgânico no solo (NO_3^- e NH_4^+), uma vez que, os mesmos estão diretamente relacionados com a formação de compostos gasosos (N_2O , NO , N_2) no solo por processos de nitrificação e desnitrificação. (IV) As concentrações são expressas em: mg de NO_3^- por kg de solo; ou mg de NH_4^+ por kg de solo.

Preparo de Soluções e Reagentes



Antes de exercitarmos a preparação de soluções é importante esclarecer alguns pontos:

i) Concentração é o termo que utilizamos para fazer a relação entre a quantidade de soluto e a quantidade de solvente em uma solução. As quantidades podem ser dadas em massa, volume, mol, etc.

ii) As concentrações podem ser:

a) Concentração Comum (C)

b) Percentual (%)

c) Molaridade (M)

d) Normalidade (N ou η)

a) Concentração Comum (C)

É a relação entre a massa do soluto em gramas e o volume da solução em litros.

$$C = \frac{mL}{V}$$

Onde:

C = concentração comum (g/L)

mL = massa do soluto (g)

V = volume da solução (L)

➤ **Dica:** Concentração comum é diferente de densidade, apesar da fórmula ser parecida.

b) Percentual (%)

É a relação entre soluto e solvente de uma solução dada em percentual (%).

- Percentual massa/massa ou peso/peso:

$$\% = \frac{m_1}{m}$$

- **Percentual massa/volume:**

$$\% = \frac{m_1}{V}$$

- **Percentual volume/volume:**

$$\% = \frac{V_1}{V}$$

c) Molaridade (M)

A molaridade de uma solução é a concentração em número de mols de soluto e o volume de 1 L de solução.

$$M = \frac{nL}{V}$$

Onde:

M = molaridade (mol/L)

nL = número de mols do soluto (mol)

V = volume da solução (L)

O cálculo da molaridade é feito através da fórmula acima ou por regra de três.

Outra fórmula que utilizamos é para encontrar o número de mols de um soluto:

$$n = \frac{mL}{MM}$$

Onde:

n = número de mols (mol)

mL = massa do soluto (g)

MM = massa molar (g/mol)

d) Normalidade (N ou η)

É a relação entre o equivalente-grama do soluto pelo volume da solução. A unidade é representada pela letra N (normal). Está em desuso, mas ainda pode ser encontrada em alguns rótulos nos laboratórios.

$$N = \frac{Eqg}{V}$$

Onde:

N = normalidade (N)

n Eqg = número de equivalente-grama do soluto

V = volume da solução

Como calcular o equivalente-grama?**Para ácido:**

$$Eqg_a = MM / n^{\circ} H^{+}$$

Onde:

Eqg_a = 1 equivalente-grama do ácido

MM = massa molar

Para base:

$$Eqg_a = MM / n^{\circ} OH^{-}$$

Onde:

Eqg_b = 1 equivalente-grama da base

MM = massa molar

Para sal:

$$Eqg_a = MM / n^{\circ} e^{-} \text{ transferidos}$$

Onde:

$E_{qs} = 1$ equivalente-grama do sal

MM = massa molar

A relação entre normalidade e molaridade pode ser expressa por: $N = M \times K$

Onde:

N = normalidade

M = molaridade

K = n° de H^+ , n° de OH^- ou n° total de elétrons transferidos

2) Exercitar conversão de unidades de medida para elaborar soluções químicas.

a) Quanto de ureia é necessário para preparar 100 dm³ de ureia e N a 1 %?

Densidade $H_2O = 1 \text{ g/cm}^3$ ou 1 kg/dm^3

$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ kg}$

$D = M/V$

$1 \text{ kg/dm}^3 = M/100 \text{ dm}^3$

$M = 100 \text{ kg}$

100 kg ----- 100 % massa

X kg ----- 1 % massa

$X = 1 \text{ kg N}$

Ureia = 44 % de N

100 kg de ureia ----- 44 kg N

X ----- 1 kg N

$X = 2,27 \text{ kg de ureia}$

- **Dica:** Soluções com N vêm sendo recomendadas para uso em verduras como alface e outras, com finalidade de suprir eventuais carências de N.

b) Quanto de cloreto de cálcio é necessário para preparar 10 L de Ca a 2 %?

$$\text{CaCl}_2 = 40 + (35,5 \times 2) = 111 \text{ g}$$

$$10 \text{ L} = 10 \text{ dm}^3 \text{ de solução}$$

$$\text{Ca } 2 \% \text{ (m/m)}$$

Obs: O Ca está a 2 % nos 10 L

Considere a densidade = 1 g/cm^3 ou kg/dm^3

$$D = M/V$$

$$1 = M/10$$

$$M = 1 \times 10 = 10 \text{ kg}$$

$$10 \text{ kg} \text{ ----- } 100 \%$$

$$X \text{ kg} \text{ ----- } 2 \%$$

$$X = 0,2 \text{ kg de Ca ou } 200 \text{ g}$$

$$111 \text{ g de CaCl}_2 \text{ ----- } 40 \text{ g de Ca}$$

$$X \text{ g de CaCl}_2 \text{ ----- } 200 \text{ g de Ca}$$

$$X = 555 \text{ g de CaCl}_2$$

➤ **Dica:** Soluções com Ca vêm sendo recomendadas para uso em frutas como maçã, morango, tomate, manga e outros com finalidade de suprir eventuais carências de Ca.

c) Quanto de soda é necessário para preparar 500 mL de soda a 5 %?

NaOH (*soda*)

$$500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$$

$$\text{NaOH } 5 \%$$

Obs: A soda está a 5 % nos 500 mL

Considere a densidade = 1 g/cm^3 ou kg/dm^3

$$D = M/V$$

$$1 \text{ kg/dm}^3 = M/0,5$$

$$M = 0,5 \text{ kg}$$

$$0,5 \text{ kg} \text{ ----- } 100 \%$$

$$X \text{ kg} \text{ ----- } 5 \%$$

$$X = 0,025 \text{ kg ou } 25 \text{ g de NaOH}$$

d) Quanto de cloreto de potássio é necessário para preparar 100 cm³ de K a 4 %?

$$D = M/V = \text{kg/dm}^3 = M/0,1$$

$$0,1 \text{ kg} \text{ ----- } 100 \%$$

$$X \text{ kg} \text{ ----- } 4 \%$$

$$X = 0,004 \text{ kg de K}$$

$$74,5 \text{ kg de KCl} \text{ ----- } 39 \text{ kg de K}$$

$$X \text{ kg de KCl} \text{ ----- } 0,004 \text{ kg de K}$$

$$X = 0,0076 \text{ kg ou } 7,6 \text{ g de KCl}$$

e) Quanto de ácido clorídrico é necessário para preparar 3 dm³ de HCl a 10 % em massa?

HCl tem cerca de 37 % de pureza e densidade de 1,19 kg/L

HCl 10 % considerando que a densidade da solução final seja 1 kg/L

$$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L} = 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g, então } 3 \text{ dm}^3 = 3000 \text{ g}$$

$$3000 \text{ g massa da solução} \text{ ----- } 100 \%$$

$$X \text{ g} \text{ ----- } 10 \%$$

$$X = 300 \text{ g}$$

$$D = M/V$$

$$1,19 \text{ g} = 300 \text{ g} / V$$

$$V = 300/1,19 = 252,1 \text{ mL}$$

252,1 mL ----- 100 % pureza

X mL ----- 37 % pureza

X = 681,35 mL

3) Praticar a elaboração de soluções químicas é importante em nível de laboratório e de campo. Determine quanto deve ser utilizado dos compostos mostrados a seguir para preparar.

a) 20 litros de uma solução com 20 ppm de Ca (cloreto de cálcio).

$\text{CaCl}_2 = 111 \text{ g}$

20 L = 20 kg = 20000 g

20 g de Ca----- 1000.000 g

X g de Ca----- 20.000 g

X = 0,4 g Ca

111 g de CaCl_2 ----- 40 g de Ca

X g de CaCl_2 ----- 0,4 g de Ca

X = 1,11 g de CaCl_2

b) 500 ml de uma solução com 125 mg/dm³ de K (cloreto de potássio).

500 mL = 125 mg K/dm³

125 mg K = 0,125 g/dm³

1 dm³ ----- 0,125 g de K

0,5 dm³ ----- X g de K

X = 0,0625 g de K

74,5 g de KCl ----- 39 g de K

X g de KCl ----- 0,0625 g de K

X = 0,119 g de KCl

c) 2 dm³ de uma solução com 200 µg/cm³ de S (ácido sulfúrico).

$$2 \text{ dm}^3 = 2000 \text{ cm}^3$$

$$200 \text{ µg S/cm}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 \text{ ----- } 200 \text{ µg de S}$$

$$2000 \text{ cm}^3 \text{ ----- } X \text{ µg de S}$$

$$X = 4 \times 10^5 \text{ µg de S ou } 0,4 \text{ g de S}$$

$$98 \text{ g de H}_2\text{SO}_4 \text{ ----- } 32 \text{ g de S}$$

$$X \text{ de H}_2\text{SO}_4 \text{ ----- } 0,4 \text{ g de S}$$

$$X = 1,225 \text{ g de H}_2\text{SO}_4 \text{ ou } 1225 \text{ mg de H}_2\text{SO}_4$$

d) 900 cm³ de uma solução com 200 µg/cm³ de SO₄⁻ (ácido sulfúrico).

$$200 \text{ µg de SO}_4^- \text{ ----- } 1 \text{ cm}^3 \text{ de solução}$$

$$X \text{ µg de SO}_4^- \text{ ----- } 900 \text{ cm}^3 \text{ de solução}$$

$$X = 180.000 \text{ µg de SO}_4^-$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = 98 \text{ mg}$$

$$98 \text{ mg H}_2\text{SO}_4 \text{ ----- } 96 \text{ mg de SO}_4^-$$

$$X \text{ mg H}_2\text{SO}_4 \text{ ----- } 180 \text{ mg de SO}_4^-$$

$$X = 183,75 \text{ mg de H}_2\text{SO}_4 \quad X = 0,1875 \text{ g de H}_2\text{SO}_4$$

e) 10 dm³ de CaCl₂ 0,01M (utilizado na determinação do pH) e 0,01N.

Molar (M):

$$1 \text{ mol de CaCl}_2 \text{ ----- } 111 \text{ g}$$

$$0,01 \text{ mol de CaCl}_2 \text{ ----- } X \text{ de CaCl}_2$$

$$X = 1,11 \text{ g de CaCl}_2/\text{dm}^3$$

$$X = 1,11 \times 10 = 11,10 \text{ g de CaCl}_2 \text{ para } 10 \text{ dm}^3 \text{ ou } 10 \text{ L}$$

Normal (N):

$$\text{Eqg} = \text{massa molar} / \text{n}^\circ \text{ elétrons transferidos}$$

$$\text{Eqg} = 111/2$$

$$\text{Eqg} = 55,5 \text{ g}$$

Ou seja, 1 mol de CaCl_2 tem 111 g ou 55,5 Eqg ou mol_c , pois:

$$\text{N}^\circ \text{ eq/dm}^3 = \text{N}^\circ \text{ mol}_c/\text{dm}^3$$

$$\text{mol}_c = \text{massa molar/valência}$$

$$1 \text{ N ou Eqg de } \text{CaCl}_2 \text{ ----- } 55 \text{ g}$$

$$0,01 \text{ N ou Eqg de } \text{CaCl}_2 \text{ ----- } X \text{ g}$$

$$X = 0,555 \text{ g de } \text{CaCl}_2$$

$$X = 0,555 \times 10 \text{ dm}^3 = 5,55 \text{ g de } \text{CaCl}_2$$

f) 20 dm³ de HCl 0,05 N (37 % de pureza e densidade = 1,19 g/cm³) – utilizada no preparo da solução Mehlich I.

Normal (N):

$$\text{Eqg} = \text{massa molar/ n}^\circ \text{ H}^+ \text{ ionizado}$$

$$\text{Eqg} = 36,5/1$$

$$\text{Eqg} = 36,5 \text{ g}$$

Ou seja, 1 mol de HCl tem 36,5 g e 36,5 Eqg ou mol_c , pois:

$$\text{N}^\circ \text{ eq/dm}^3 = \text{N}^\circ \text{ mol}_c/\text{dm}^3$$

$$\text{mol}_c = \text{massa molar/valência}$$

$$1 \text{ N ou Eqg de HCl ----- } 36,5 \text{ g}$$

$$0,05 \text{ N ou Eqg de HCl ----- } X \text{ g}$$

$$X = 1,825 \text{ g de HCl}$$

$$D = M/V$$

$$1,19 = 1,825/V$$

$$V = 1,533 \text{ mL}$$

$$1,533 \text{ mL ----- } 37 \% \text{ pureza}$$

$$X \text{ mL ----- } 100 \% \text{ pureza}$$

$$X = 4,14 \text{ mL para } 1 \text{ L}$$

$$X = 82,9 \text{ mL (ou cm}^3\text{) para } 20 \text{ L ou } 20 \text{ dm}^3$$

g) 5 litros de uma solução H_2SO_4 0,0125 N (pureza de 95 a 98 % e densidade de 1,84 g/dm³) – utilizada no preparo da solução Mehlich I.

Normal (N):

$\text{Eqg} = \text{massa molar} / n^\circ \text{ H}^+ \text{ ionizado}$

$\text{Eqg} = 98/2$

$\text{Eqg} = 49 \text{ g}$

Ou seja, 1 mol de H_2SO_4 tem 98 g e 49 Eqg ou mol_c, pois:

$$N^\circ \text{ eq/dm}^3 = N^\circ \text{ mol}_c/\text{dm}^3$$

$\text{mol}_c = \text{massa molar/valência}$

1 N ou Eqg de H_2SO_4 ----- 49 g

0,0125 N ou Eqg de H_2SO_4 ----- X g

$X = 0,61 \text{ g de } \text{H}_2\text{SO}_4$

$$D = M/V$$

$$1,84 = 0,61/V$$

$$V = 0,33 \text{ mL}$$

0,33 mL ----- 95 % pureza

X mL ----- 100 % pureza

$X = 0,35 \text{ mL para } 1 \text{ L}$

$X = 1,75 \text{ mL (ou cm}^3\text{) para } 5 \text{ L ou } 5 \text{ dm}^3$

h) 3 dm³ de uma solução K_2CrO_7 1N (considerando uma mudança de valência de 6 para 3 (Cr^{6+} para Cr^{3+})).

$\text{Cr} = 53 \text{ g}$

$\text{K}_2\text{CrO}_7 = (39 \times 2 + 53 + 16 \times 7) = 243 \text{ g}$

Normal (N):

$\text{Eqg} = \text{massa molar} / n^\circ \text{ elétrons transferidos}$

$\text{Eqg} = 243/3$

$\text{Eqg} = 81 \text{ g}$

Ou seja, 1 mol de K_2CrO_7 tem 243 g ou 81 Eqg ou mol_c , pois:

$$\text{N}^\circ \text{ eq/dm}^3 = \text{N}^\circ \text{ mol}_c/\text{dm}^3$$

$\text{mol}_c = \text{massa molar/valência}$

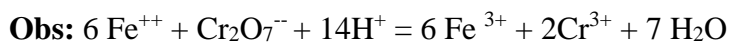
1 N ou Eqg de K_2CrO_7 ----- 81 g

1 L ou 1 dm^3 (1 N) ----- 81 g de K_2CrO_7

3 L ou 3 dm^3 (1 N) ----- X g de K_2CrO_7

$X = 243$ g de K_2CrO_7

i) 500 cm^3 de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1N (considerando uma mudança de valência de 2 para 3 ($\text{Fe}^{2+} - \text{Fe}^{3+}$)).



$$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = (56 + 32 + 64 + 18 \times 7) = 278 \text{ g}$$

Normal (N):

Eqg = massa molar/ n° elétrons transferidos

$$\text{Eqg} = 278/1$$

$$\text{Eqg} = 278 \text{ g}$$

Ou seja, 1 mol de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ tem 278 g ou 278 Eqg ou mol_c , pois:

$$\text{N}^\circ \text{ eq/dm}^3 = \text{N}^\circ \text{ mol}_c/\text{dm}^3$$

$\text{mol}_c = \text{massa molar/valência}$

1 N ou Eqg de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ----- 278 g

1 L ou 1 dm^3 (1 N) ----- 278 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

0,5 L ou 500 cm^3 (1 N) ----- X g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

$X = 139$ g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

j) 20 L de uma solução com 2 molar de Ca (cloreto de cálcio)

Molar (M) = Número de moles por dm^3 ou litro

$$M = N^\circ \text{ mol/dm}^3$$

$$M = N^\circ \text{ mol/dm}^3$$

$$2 = N^\circ \text{ mol/20 dm}^3$$

$$N^\circ \text{ mol} = 40$$

$$1 \text{ M Ca} \text{ ----- } 40 \text{ g}$$

$$40 \text{ M Ca} \text{ ----- } X \text{ g}$$

$$X = 1600 \text{ g Ca}$$

$$111 \text{ g de CaCl}_2 \text{ ----- } 40 \text{ g de Ca}$$

$$X \text{ g de CaCl}_2 \text{ ----- } 1600 \text{ g de Ca}$$

$$X = 4440 \text{ g de CaCl}_2$$

k) 20 L de uma solução com 2 N de Ca (cloreto de cálcio).

Normal (N):

$\text{Eqg} = \text{massa molar} / n^\circ \text{ elétrons transferidos}$

$$\text{Eqg Ca} = 40/2$$

$$\text{Eqg Ca} = 20 \text{ g}$$

Ou seja, 1mol de Ca tem 40 g e 20 Eqg ou molc, pois:

$$N^\circ \text{ eq/dm}^3 = N^\circ \text{ molc/dm}^3$$

$$\text{molc} = \text{massa molar/valência}$$

$$1 \text{ N ou Eqg de Ca} \text{ ----- } 20 \text{ g}$$

$$2 \text{ N ou Eqg de Ca} \text{ ----- } X \text{ g}$$

$$X = 40 \text{ g de Ca}$$

$$1 \text{ L ou } 1 \text{ dm}^3 (2 \text{ N}) \text{ ----- } 40 \text{ g de Ca}$$

$$20 \text{ L ou } 20 \text{ dm}^3 (2 \text{ N}) \text{ ----- } X$$

$$X = 800 \text{ g Ca}$$

111 g de CaCl_2 ----- 40 g de Ca

X g de CaCl_2 ----- 800 g de Ca

X = 2220 g de CaCl_2

l) 500 mL de uma solução com 0,5 molar de H_2SO_4 (ácido sulfúrico, pureza de 95 a 98 % e densidade de $1,84 \text{ g/dm}^3$).

Molar (M) = Número de moles por dm^3 ou litro

$M = N^\circ \text{ mol/dm}^3$

$M = N^\circ \text{ mol/dm}^3$

$0,5 = N^\circ \text{ mol}/0,5 \text{ dm}^3$

$N^\circ \text{ mol} = 0,25$

1 M H_2SO_4 ----- 98 g

0,25 M H_2SO_4 ----- X g

X = 24,50 g H_2SO_4

$D = M/V$

$1,84 \text{ g/cm}^3 = 24,5 \text{ g/V}$

$V = 13,31 \text{ mL ou cm}^3$

$13,31 \text{ cm}^3$ ----- 95 % de pureza

X cm^3 ----- 100 % de pureza

X = 14 mL ou cm^3 de H_2SO_4

m) 500 mL de uma solução com 0,5 N de H_2SO_4 (ácido sulfúrico).

Normal (N): $\text{Eqg} = \text{massa molar}/ n^\circ \text{ H}^+ \text{ ionizado}$; $\text{Eqg} = 98/2$; $\text{Eqg} = 49 \text{ g}$

Ou seja, 1 mol de H_2SO_4 tem 98 g e 49 Eqg ou mol_c , pois:

$N^\circ \text{ eq/dm}^3 = N^\circ \text{ mol}_c/\text{dm}^3$

$\text{mol}_c = \text{massa molar/valência}$

1 N ou Eqg de H_2SO_4 ----- 49 g

0,5 N ou Eqg de H_2SO_4 ----- X g

X = 24,5 g de H_2SO_4

$$D = M/V$$

$$1,84 = 24,5/V$$

$$V = 13,3 \text{ mL}$$

$$13,3 \text{ mL} \text{ ----- } 95 \% \text{ pureza}$$

$$X \text{ mL} \text{ ----- } 100 \% \text{ pureza}$$

$$X = 14,0 \text{ mL para 1 L}$$

$$X = 7,0 \text{ mL (ou cm}^3\text{) para 500 mL ou 500 cm}^3$$

4) As soluções para calibração de aparelhos devem ser elaboradas com cuidado para obter resultados precisos. Para determinar o teor de P em extratos de amostras de solo um laboratorista precisa preparar soluções com concentrações de P conhecidas, para calibração do espectrofotômetro UV-VIS. Considerando KH_2PO_4 (22,7 % de P) como fonte de P, demonstre como preparar soluções com 1, 2, 3 e 4 mg/L de P?

Fazer uma solução padrão inicial, por exemplo, na concentração de 1000 mg/L ou 1 mg/mL de P.

$$100 \text{ mg KH}_2\text{PO}_4 \text{ ----- } 22,7 \text{ mg P}$$

$$X \text{ mg KH}_2\text{PO}_4 \text{ ----- } 1000 \text{ mg P}$$

$$X = 4405,28 \text{ mg KH}_2\text{PO}_4/\text{L}$$

Portanto, se diluir 1 mL da solução 1000 mg/L de P em 1 L de água, ter-se-á uma solução de 1 mg/L de P. Para as soluções de 2, 3 e 4 mg/L basta multiplicar a quantidade necessária para obter 1 mg/L por 2, 3 e 4, respectivamente.

Análises de Amostras de Solo e Plantas



5) Exercitar as transformações de unidades comumente encontradas em análises de solo. Transforme:

a) 10 meq Ca/100cm³ em mmol_c Ca/dm³ (unidade antiga para unidade de uso atual).

$$1 \text{ meq de Ca} = 1 \text{ mmol}_c \text{ de Ca}$$

$$1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$$

$$10 \text{ meq de Ca}/100 \text{ cm}^3 = 10 \text{ meq de Ca}/0,10 \text{ dm}^3 \text{ ou } 100 \text{ meq de Ca}/1 \text{ dm}^3$$

$$100 \text{ meq de Ca}/1 \text{ dm}^3 \text{ ou } 100 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$$

b) 4 mmol_c Al³⁺/dm³ em cmol_c Al³⁺/dm³ (unidade utilizada em SP transformada para a unidade utilizada no PR).

meq 10 ⁻¹	mmol _c 10 ⁻¹	cmol _c 1
-------------------------	---------------------------------------	------------------------

$$10 \text{ mmol}_c = 1 \text{ cmol}_c$$

$$4 \text{ mmol}_c \text{ Al}^{3+}/\text{dm}^3 = 0,4 \text{ cmol}_c \text{ Al}^{3+}/\text{dm}^3$$

c) 120 mg de Mg/dm³ em cmol_c Mg/dm³ e mmol_c Mg/dm³.

$$1 \text{ mol Mg} = 24 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol}_c = 24/2 = 12 \text{ g}$$

$$1 \text{ cmol}_c = 24/100 = 0,12 \text{ g ou } 120 \text{ mg}$$

$$1 \text{ mmol}_c = 12/1000 = 0,012 \text{ g ou } 12 \text{ mg}$$

$$1 \text{ cmol}_c \text{ ----- } 120 \text{ mg}$$

$$X \text{ cmol}_c \text{ ----- } 120 \text{ mg}$$

$$X = 1 \text{ cmol}_c$$

$$1 \text{ mmol}_c \text{ ----- } 12 \text{ mg}$$

$$X \text{ mmol}_c \text{ ----- } 120 \text{ mg}$$

$$X = 10 \text{ mmol}_c$$

$$120 \text{ mg Mg}/\text{dm}^3 = 1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3 \text{ ou } 10 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$$

d) 130 mg K/dm³ em cmol_c K/100cm³ e mmol_c K/dm³ (unidade utilizada em RS e SC para a utilizada no PR e SP).

$$1 \text{ mol K} = 39 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol}_c = 39/1 = 39 \text{ g}$$

$$1 \text{ cmol}_c = 39/100 = 0,39 \text{ g ou } 390 \text{ mg}$$

$$1 \text{ mmol}_c = 39/1000 = 0,039 \text{ g ou } 39 \text{ mg}$$

$$1 \text{ cmol}_c \text{ ----- } 390 \text{ mg}$$

$$X \text{ cmol}_c \text{ ----- } 130 \text{ mg}$$

$$X = 0,33 \text{ cmol}_c$$

$$1 \text{ mmol}_c \text{ ----- } 39 \text{ mg}$$

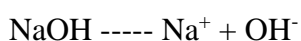
$$X \text{ mmol}_c \text{ ----- } 130 \text{ mg}$$

$$X = 3,33 \text{ mmol}_c$$

$$130 \text{ mg K/dm}^3 = 0,33 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3 \text{ ou } 3,33 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$$

6) Você pegou 10 cm³ de solo e colocou em erlenmeyer de 150 cm³ e adicionou 100 cm³ de uma solução extratora (KCl 1 N). Depois de agitado você retirou 25 cm³ e gastou 1,0 cm³ na titulação do Al³⁺, usando NaOH 0,025 N. Determine o teor de Al³⁺ em cmol_c dm⁻³ de solo (Método padrão para determinação de Al⁺³).

Equivalente (eq) de NaOH gasto = Equivalente (eq) existente de Al



$$N = \text{N}^\circ \text{ eq/V (L)}$$

$$0,025 = \text{N}^\circ \text{ eq}/0,001 \text{ L}$$

$$\text{N}^\circ \text{ eq} = 0,025 \times 10^{-3} \text{ mol}_c$$

$$0,025 \times 10^{-3} \text{ mol}_c \text{ ----- } 25 \text{ mL do extrato}$$

$$X \text{ mol}_c \text{ ----- } 100 \text{ mL do extrato}$$

$$X = 0,1 \times 10^{-3} \text{ mol}_c$$

$$0,1 \times 10^{-3} \text{ mol}_c \text{ de NaOH} \text{ ----- } 10 \text{ cm}^3 \text{ de solo}$$

$$X \text{ mol}_c \text{ de NaOH} \text{ ----- } 1000 \text{ cm}^3 (\text{dm}^3)$$

$$X = 0,1 \times 10^{-1} \text{ mol}_c \text{ NaOH/dm}^3$$

1 mol_c de NaOH ----- 100 cmol_c de NaOH

0,1 x 10⁻¹ mol_c de NaOH ----- X cmol_c de NaOH

X = 1 cmol_c de NaOH /dm³

Se 1 cmol_c de NaOH reage com 1 cmol_c de Al³⁺, então na amostra havia 1 cmol_c de Al³⁺/dm³.

7) Você fez o mesmo procedimento para determinar Ca, só que desta vez gastou 1,1 mL de EDTA-Na (0,025N). Calcule o teor de Ca em mmol/dm³ de solo (Método titulométrico padrão para determinação de Ca). O raciocínio para resolver esta questão é o mesmo da questão anterior, mas vamos resolvê-lo de outra maneira, utilizando a formula $N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$

$N_1 = 0,025N$ (EDTA-Na)

$N_2 = ?$

$V_1 = 0,0011$ L (1,1 mL de EDTA-Na gasto)

$V_2 = 0,025$ L (25 ml da alíquota)

$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$

$0,0025 \times 0,0011 = N_2 \times 0,025$ L

$N_2 = 0,0011$ N

➤ **Dica:** O resultado acima é expresso em equivalente/Litro (eq/L), porém a questão pede o resultado em miliequivalente/Litro (meq/L). Portanto deve-se aplicar o seguinte raciocínio:

$\text{meq} = \text{eq} \times 1000$

$\text{meq} = 0,0011 \times 1000$

$\text{meq} = 1,1$

$N_2 = 1,1$ meq de Ca/L

100 mL ----- 1,1 meq de Ca

25 mL ----- X meq de Ca

$X = 0,0275 \text{ meq de Ca}/25 \text{ mL}$

0,0275 meq de Ca ----- 25 mL

X meq de Ca ----- 100 mL

$X = 0,11 \text{ meq}$

10 cm^3 ----- 0,11 meq de Ca

1000 cm^3 ----- X meq de Ca

$X = 11 \text{ meq de Ca}/1000 \text{ cm}^3 \text{ ou } 11 \text{ meq de Ca}/\text{dm}^3$

Lembrando que: $1 \text{ meq} = 1 \text{ mmol}_e$; $11 \text{ meq de Ca}/\text{dm}^3 = 11 \text{ mmol}_e \text{ Ca}/\text{dm}^3$

8) Foram gastos 20 mL de EDTA-Na 0,01 N para complexar todo o Ca contido em 100 cm^3 de uma solução. Qual a molaridade e quanto de Ca tinha a solução?

$1 \text{ mol}_e \text{ de Ca} = 40/20 = 20 \text{ g}$

$N = n^\circ \text{ eq}/V \text{ (L)}$

$0,01 = n^\circ \text{ eq}/0,02 \text{ L}$

$n^\circ \text{ eq} = 0,02 \times 10^{-2} \text{ mol}_e$

1 mol_e ----- 20 g

$0,02 \cdot 10^{-2}$ ----- X g

$X = 0,004 \text{ g de Ca}$

9) Um laboratorista desejava medir a capacidade de correção de um calcário em relação ao CaCO_3 , para isso ele pegou 1 g do calcário e colocou em um balão volumétrico de 100 mL e adicionou 25 mL de HCl 1 N, deixou reagir por algum tempo e depois aqueceu para intensificar a reação. Então esfriou o frasco e completou o volume, em seguida retirou 2 mL do sobrenadante. Colocou os 2 mL em erlenmeyer e titulou com NaOH 0,02 N. Qual a equivalência do produto em relação ao CaCO_3 , ou seja, % de CaCO_3 do produto, sendo que foram necessários 10 mL

para titular o restante de HCl que sobrou da reação (Método padrão para determinação do poder de neutralização do calcário).

a) Calcular quantos mol_c de HCl foram adicionados.

Foram adicionados 25 mL de HCl, o que equivale a 0,025 L de HCl

$$N = n^{\circ} \text{ mol}_c / V \text{ (L)}$$

$$n^{\circ} \text{ mol}_c = N \times V$$

$$n^{\circ} \text{ mol}_c = 1 \times 0,025$$

$$n^{\circ} \text{ mol}_c = 0,025 \text{ mol}_c \text{ de HCl}$$

b) Calcular quanto de NaOH sobrou sem reagir.

Foram gastos 10 mL de NaOH 0,02 N para titular 2 mL do sobrenadante. Mas seriam necessários 50 vezes para titular os 100 mL.

$$10 \text{ mL NaOH} \text{ ----- } 2 \text{ mL sobrenadante}$$

$$X \text{ mL NaOH} \text{ ----- } 100 \text{ mL sobrenadante}$$

$$X = 500 \text{ mL de NaOH ou } 0,5 \text{ L de NaOH } 0,02 \text{ N}$$

$$n^{\circ} \text{ mol}_c = N \times V$$

$$n^{\circ} \text{ mol}_c = 0,2 \times 0,5$$

$$n^{\circ} \text{ mol}_c = 0,01 \text{ mol}_c \text{ de NaOH}$$

c) Calcular quanto HCl reagiram com CaCO₃.

$n^{\circ} \text{ mol}_c \text{ de adicionado de HCl} - N^{\circ} \text{ mol}_c \text{ de gasto de NaOH} = \text{Quanto de HCl foi consumido pelo CaCO}_3$

$$0,025 - 0,01 = 0,015 \text{ mol}_c \text{ de ácido foi consumido pelo CaCO}_3$$

d) Transformar o valor de mol_c de ácido que foi consumido pelo CaCO₃ em g CaCO₃.

$$1 \text{ mol}_c \text{ de CaCO}_3 = 50 \text{ g CaCO}_3 \text{ (} 100 \text{ g}/2 = 50 \text{ g)}$$

$$1 \text{ mol}_c \text{ ----- } 50 \text{ g CaCO}_3$$

$$0,015 \text{ mol}_c \text{ ----- } X$$

$$X = 0,75 \text{ g CaCO}_3$$

e) Transformar o valor de CaCO_3 encontrado para percentagem.

O valor obtido no último cálculo era para 1 g de calcário adicionado, mas deseja-se passar para 100 g de calcário.

0,75 g de CaCO_3 ----- 1 g de calcário

X g de CaCO_3 ----- 100 g de calcário

X = 75 g de CaCO_3 ou 75 % de CaCO_3

10) Um laboratorista desejava medir a capacidade de correção de um calcário em relação ao CaCO_3 , para isso ele pegou 1 g do corretivo e colocou em um balão volumétrico de 100 mL e adicionou 25 mL de HCl N e deixou reagir por algum tempo e depois aqueceu para intensificar a reação. Então esfriou o frasco e completou o volume e retirou 2 mL do sobrenadante. Colocou os 2 mL em um erlenmeyer e titulou com EDTA-Na 0,02 N. Qual a % de CaCO_3 e MgCO_3 existe no corretivo, sendo que foram necessários 11,2 e 3,5 mL para titular o Ca e Mg contido na solução sobrenadante. (Método de determinação de Ca e Mg nos corretivos via titulação).

a) Calcular o que foi gasto com 2 mL de EDTA-Na para 100 mL do balão volumétrico.

11,2 mL de EDTA-Na ----- 2 mL

X mL de EDTA-Na ----- 100 mL

X = 560 mL ou 0,56 L de EDTA-Na para Ca

3,5 mL de EDTA-NA ----- 2 mL

X mL de EDTA-Na ----- 100 mL

X = 175 mL ou 0,175 L de EDTA-Na para Mg

b) Transformar o EDTA-Na gasto em cmol_c de Ca e Mg. Lembrando que 1 mol_c de EDTA-Na gasto equivale a 1 mol_c de Ca ou Mg complexado.

$n^\circ \text{mol}_c = N \times V$

$n^\circ \text{mol}_c = 0,02 \times 0,56$

$n^\circ \text{mol}_c = 0,0112 \text{ mol}_c$ de EDTA-Na ou Ca titulado

$n^\circ \text{mol}_c = N \times V$

$n^\circ \text{mol}_c = 0,02 \times 0,175$

$n^\circ \text{mol}_c = 0,0035 \text{ mol}_c$ de EDTA-Na ou Mg titulado

c) Transformar cmol_c de Ca e Mg em g de Ca e Mg. Lembrando que 1 mol_c de Ca é 20 g e 1 mol_c de Mg é 12 g.

1 mol_c Ca ----- 20 g

0,0112 mol_c Ca ----- X g

X = 0, 224 g Ca em 1 g ou 22,4 g em 100 g

1 mol_c Mg ----- 12 g

0,0035 mol_c Mg ----- X

X = 0, 042 g Mg em 1 g ou 4,2 g em 100 g

d) Transformar Ca e Mg em g de CaO e MgO.

CaO = 40 g + 16 g = 56 g ou seja

56 g ----- 100 %

40 g ----- X %

X = 71,43 %

MgO = 24 + 16 g = 40 g ou seja

40 g ----- 100 %

24 g ----- X %

X = 60,00 %

100 g de CaO ----- 71,43 g de Ca

X g de CaO ----- 0,224 g de Ca

X = 31,4 g de CaO em 100 g

100 g de MgO ----- 60 g de Mg

X g de MgO ----- 0,042 g de Mg

X = 7,0 g de MgO em 100g

e) Transformar CaO e MgO em g de CaCO₃.

100 g de CaCO₃ ----- 56 g de CaO

X g de CaCO₃ ----- 31,4 g de CaO

X = 55,9 g de CaCO₃ em 100 g

100 g de CaCO_3 ----- 40 g de MgO
 X g de CaCO_3 ----- 0,07 g de MgO
 X = 17,5 g de MgCO_3 em 100g

Ou seja $55,9 + 17,5 \text{ g CaCO}_3 = 73,5 \text{ g CaCO}_3$

11) Em relação a alteração (contaminação) de amostras de tecido vegetal pela presença de solo, exemplificar como o tipo de alteração depende dos nutrientes e dos solos. Se em 49,5 g de matéria seca de planta houver 0,5 g de solo (total 50 g de amostra) como impureza, é possível que ocorra contaminação? Qual o acréscimo nos teores dos nutrientes considerando a solubilização total das impurezas?

Solo	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Al	Ti
	g/kg						mg/kg				
1	40	3,24	0,68	2,38	0,83	0,88	122.889	789	167	50.000	10000
2	10	6,48	1,27	4,77	1,66	1,77	45.778	1578	334	60.000	25000

Planta	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Al	Ti
	g/kg						mg/kg				
Natural	400	17,73	1,8	14,53	13,25	3,15	226	93	13	200	5
Cont. 1	396	17,59	1,8	14,44	13,13	3,12	1453	100	14,5	698	105
Cont. 2											

Solo	C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Al	Ti
	Relação solo:planta										
1	0,01	0,18	0,37	0,16	0,06	0,28	543	8	13	250	2000
2	0,025	0,36	0,70	0,32	0,12	0,56	202	17	25	300	5000

Solo 1

C

1000 g solo ----- 40 g de C

0,5 g ----- X g de C

X = 0,02 g de C em 0,5 g de solo

1000 g planta ----- 400 g de C

49,5 g ----- X g de C

X = 19,8 g de C em 49,5 g de planta

Concentração final

(0,02 + 19,8) g de C ----- 50 g de planta com solo

X ----- 1000 g de planta com solo

X = 396,4 g de C por 1000 g ou 396,4 mg por kg

Houve decréscimo de C, ou seja, foi diluído como efeito da menor concentração no solo.

N

1000 g solo ----- 3,24 g de N

0,5 g ----- X g de N

X = 0,00162 g de N em 0,5 g de solo

1000 g planta ----- 17,73 g de N

49,5 g ----- X g de N

X = 0,878 g de N em 49,5 g de planta

Concentração final

(0,00162 + 0,878) g de N ----- 50 g de planta com solo

X ----- 1000 g de planta com solo

X = 17,59 g de N por 1000 g ou 17,59 g por kg

Houve pequeno decréscimo de N, ou seja, foi diluído como efeito da menor concentração no solo.

P

1000 g ----- 0,680 g de P

0,5 g ----- X g de P

X = 0,00034 g de P em 0,5 g de solo

1000 g planta ----- 1,8 g de P

49,5 g ----- X g de P

X = 0,0891 g de P em 49,5 g de planta

Concentração final

(0,00034 + 0,0891) g de P ----- 50 g de planta com solo

X ----- 1000 g de planta com solo

X = 1,788 g por 1000 g ou 1,79 g por kg

Ficou praticamente o mesmo valor, sem influência.

K

1000 g ----- 2,38 g de K

0,5 g ----- X g de K

X = $1,19 \times 10^{-3}$ g de K em 0,5 g de solo

1000 g planta ----- 14,53 g de K

49,5 g ----- X g de K

X = 0,719 g de K em 49,5 g de planta

Concentração final

(0,00119 + 0,719) g de K ----- 50 g de planta com solo

X ----- 1000 g de planta com solo

X = 14,44 g por 1000 g ou 14,44 g por kg

Ficou praticamente o mesmo valor, sem influência.

Ca

1000 g solo ----- 0,83 g de Ca

0,5 g ----- X g de Ca

X = 0,000415 g de Ca em 0,5 g de solo

1000 g planta ----- 13,25 g de Ca

49,5 g ----- X g de Ca

X = 0,656 g de Ca em 49,5 g de planta

Concentração final

(0,000415 + 0,656) g de Ca ----- 50 g de planta com solo

X ----- 1000 g de planta com solo

X = 13,13 g de Ca por 1000 g ou 13,13 g por kg

Houve pequeno decréscimo de Ca, ou seja, foi diluído como efeito da menor concentração no solo.

Mg

1000 g solo ----- 0,88 g de Mg

0,5 g ----- X g de Mg

X = 0,00044 g de Mg em 0,5 g de solo

1000 g planta ----- 3,15 g de Mg

49,5 g ----- X g de Mg

X = 0,156 g de Mg em 49,5 g de planta

Concentração final

(0,00044 + 0,156) g de Mg ----- 50 g de planta com solo

X ----- 1000 g de planta com solo

X = 3,12 g de Mg por 1000 g ou 3,12 g por kg

Houve pequeno decréscimo de Mg, ou seja, foi diluído como efeito da menor concentração no solo.

Fe

1000 g solo ----- 122.889 mg de Fe

0,5 g solo ----- X mg de Fe

X = 61,44 mg de Fe em 0,5 g de solo

1000 g planta ----- 226 mg de Fe

49,5 g planta ----- X mg de Fe

X = 11,187 mg de Mn em 49,5 g de planta

Concentração final

(61,44 + 11,187) mg de Fe ----- 50 g de planta com solo

X ----- 1000 g de planta com solo

X = 1452,5 mg de Fe por 1000 g planta com solo ou 1452,5 mg por kg planta com solo

Verifique que a concentração teve grande aumento (6 x), visto que a relação foi alta.

Mn

1000 g solo ----- 789 mg de Mn

0,5 g solo ----- X mg de Mn

X = 0,399 mg de Mn em 0,5 g de solo

1000 g planta ----- 93 mg de Mn

49,5 g planta ----- X mg de Mn

X = 4,60 mg de Mn em 49,5 g de planta

Concentração final

(0,399 + 4,60) mg de Mn ----- 50 g de planta com solo

X ----- 1000 g de planta com solo

X = 100,0 mg de Mn por 1000 g planta com solo ou 100,0 mg por kg planta com solo

Verifique que a concentração teve grande aumento, visto que a relação foi alta.

Cu

1000 g solo ----- 167 mg de Cu

0,5 g solo ----- X mg de Cu

X = 0,084 mg de Cu em 0,5 g de solo

1000 g planta ----- 13 mg de Cu

49,5 g planta ----- X mg de Cu

X = 0,643 mg de Cu em 49,5 g de planta

Concentração final

(0,084 + 0,643) mg de Cu ----- 50 g de planta com solo

X ----- 1000 g de planta com solo

X = 14,5 mg de Cu por 1000 g planta com solo ou 14,5 mg Cu por kg planta com solo

Verifique que a concentração teve pequeno acréscimo, visto que a relação foi baixa.

Al

1000 g solo ----- 50.000 mg de Al

0,5 g solo ----- X mg de Al

X = 25,0 mg de Al em 0,5 g de solo

1000 g planta ----- 200 mg de Al

49,5 g planta ----- X mg de Al

X = 9,9 mg de Al em 49,5 g de planta

Concentração final

(25,0 + 9,9) mg de Al ----- 50 g de planta com solo

X ----- 1000 g de planta com solo

X = 698 mg de Al por 1000 g planta com solo ou 698 mg por kg planta com solo

Verifique que a concentração teve grande aumento, visto que a relação foi alta. A contaminação de Al na planta é o principal fator de incerteza na análise de Al no tecido de planta, sobretudo em raízes.

Ti

1000 g solo----- 10.000 mg de Ti

0,5 g ----- X mg de Ti

X = 5,0 mg de Ti em 0,5 g de solo

1000 g Planta ----- 5 mg de Ti

49,5 g ----- X mg de Ti

X = 0,2475 mg de Mn em 49,5 g de planta

Concentração final

(5,0 + 0,2475) mg de Ti ----- 50 g de planta com solo

X ----- 1000 g de planta com solo

X = 104,95 mg de Ti por 1000 g planta com solo ou 104,95 mg por kg planta com solo

Verifique que a concentração teve grande aumento (21 x), visto que a relação foi alta.

Agora, exercite os cálculos para o solo 2.

- **Dicas:** (I) Caso a concentração de um elemento seja maior na impureza que no tecido da planta, pode ocorrer um aumento de concentração, ou seja, relação maior que 1. Caso o teor na planta seja maior que na impureza haverá uma diluição, ou seja, relação menor que 1. Assim, a contaminação ocorrerá para Ti, Fe e Al, enquanto que a contaminação com solo dilui o C e P. Tal fato é especialmente importante para análise de raízes que mantém contato direto com solo, serapilheira de floresta e amostra de pastagem sob pisoteio de animais. (II) O Ti vem sendo utilizado como indicador de contaminação do solo, em condição onde a lavagem de amostras é problemática. (III) É importante saber que nem todas as metodologias de análise de planta são eficientes no sentido de extrair todos os elementos contidos no solo, principalmente os que formam argilas silicatadas, neste caso o Al.

12) A concentração de NO_3^- e NH_4^+ no solo pode ser determinada por extração com KCl 1 M e leitura em espectrofotometria de absorção ultravioleta. Para um solo com umidade de 70 %, utilizou-se 10 gramas de solo úmido (SU) obtendo um extrato de 30

ml. Após extração retirou-se uma alíquota de 4 mL para preparo da solução de leitura, cujos valores foram 0,35 e 2,85 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para NO_3^- e NH_4^+ , respectivamente. A partir dos dados apresentados, qual é a concentração de NO_3^- e NH_4^+ no solo em mg kg^{-1} ?

$$C = \frac{(L \times M_{su} \times E) \times FD}{M_{ss}}$$

Sendo:

L= Concentração obtida no espectrofotômetro

M_{su}= Massa do solo úmido

E = Quantidade do extrato utilizado para análise

FD= Fator de diluição

M_{ss}= Massa do solo seco

a) Determinação da concentração de nitrato (NO_3^-) em mg kg^{-1} .

10 g solo x 0,70 umidade = 7g de SU e 3 g de SS extraído

$$C = \frac{(0,35 \mu\text{g mL}^{-1} \times 10 \text{ g} \times 30 \text{ g}) \times 4 \text{ mL}}{3 \text{ g}} = 8,75 \text{ mg kg}^{-1} \text{ de N-NO}_3^-$$

b) Determinação da concentração de amônio (NH_4^+) em mg kg^{-1} .

10 g solo x 0,70 umidade = 7g de SU e 3 g de SS extraído

$$C = \frac{(2,85 \mu\text{g mL}^{-1} \times 10 \text{ g} \times 30 \text{ g}) \times 4 \text{ mL}}{3 \text{ g}} = 71,25 \text{ mg kg}^{-1} \text{ de N-NH}_4^+$$

- **Dica:** Os teores de NO_3^- em solos ácidos e bem aerados como a maioria dos solos do estado do Paraná, são normalmente inferiores aos teores de NH_4^+ , uma vez que, nestas condições a perda de NO_3^- é favorecida. Contudo, isso pode variar de acordo com o uso do solo.



13) Como podemos calcular o quanto de elementos principais existe em um certo volume de solo. Quanto de Fe e Al existem a partir dos dados fornecidos pelos manuais de levantamentos de solo. A análise química feita em um solo demonstrou que o mesmo possui cerca de 20 % de Fe_2O_3 e 5 % de Al_2O_3 . Quanto de Fe_2O_3 e Al_2O_3 tem em 1 ha a 20 cm de profundidade? Quanto de Fe e Al tem em 1 ha a 20 cm de profundidade? $D_{\text{solo}} = 1,25 \text{ g/cm}^3$; Fe = 56 g; Al = 27 g; O = 16 g.

- Área de um hectare

$$1 \text{ ha} = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 10.000 \text{ m}^2$$

- Volume de um hectare

$$V = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 0,2 \text{ m (profundidade)} = 10^2 \times 10^2 \times 2 \cdot 10^{-1} = 2000 \text{ m}^3 \text{ ou } 2 \cdot 10^6 \text{ dm}^3 \text{ ou } 2 \cdot 10^9 \text{ cm}^3$$

$$D = 1,25 \text{ g/cm}^3 = 1,25 \text{ kg/dm}^3 = 1,25 \text{ Mg/m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ ----- } 1,25 \text{ Mg (t)}$$

$$2 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ ----- } X \text{ g}$$

$$X = 2,5 \times 10^3 \text{ Mg de solo ou } 2,5 \times 10^6 \text{ kg}$$

A massa total do solo em um hectare a 20 cm profundidade, com densidade $1,2 \text{ Mg/m}^3$ é 2500 Mg. Ou seja, 100 % da massa é igual 2500 Mg.

Fe_2O_3

$$100 \% \text{ da massa ----- } 2500 \text{ Mg}$$

$$20 \% \text{ da massa ----- } X \text{ Mg}$$

$$X = 500 \text{ Mg ou } 500.000 \text{ kg ou } 5 \times 10^8 \text{ g de } \text{Fe}_2\text{O}_3$$

Al_2O_3

$$100 \% \text{ da massa ----- } 2500 \text{ Mg}$$

$$5 \% \text{ da massa ----- } X \text{ Mg}$$

$$X = 125 \text{ Mg ou } 125.000 \text{ kg ou } 125 \times 10^6 \text{ g de Al}_2\text{O}_3$$

Fe

Fe_2O_3 - peso molecular (PM):

$$\text{Fe} = 56 \text{ g} \times 2 = 112 \text{ g}$$

$$\text{O} = 16 \times 3 = 48 \text{ g}$$

$$\text{PM} = 112 \text{ g} + 48 \text{ g} = 160 \text{ g}$$

$$160 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \text{ ----- } 112 \text{ g de Fe}$$

$$5 \times 10^8 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \text{ ----- } X \text{ g de Fe}$$

$$X = 3,5 \times 10^8 \text{ g ou } 350.000 \text{ kg ou } 350 \text{ Mg de Fe}$$

Al

Al_2O_3 – peso molecular (PM):

$$\text{Al} = 27 \times 2 = 54 \text{ g}$$

$$\text{O} = 16 \times 3 = 48 \text{ g}$$

$$\text{PM} = 54 + 48 = 102 \text{ g}$$

$$102 \text{ g ----- } 54 \text{ g de Al}$$

$$125 \times 10^6 \text{ g ----- } X \text{ g de Al}$$

$$X = 66,17 \times 10^6 \text{ g ou } 666.176 \text{ kg ou } 666 \text{ Mg de Al}$$

14) Praticar a transformação de unidades e inferir sobre o alto teor de Fe nos solos.

Quanto de Fe em mg/kg, mg/dm³, µg/g, µg/cm³ e ppm, tem o solo do exercício anterior?

$$350 \text{ Mg de Fe} = 350.000 \text{ kg} = 350 \times 10^6 \text{ g} = 350 \times 10^9 \text{ mg} = 350 \times 10^{12} \text{ µg}$$

$$2000 \text{ m}^3 = 2.000.000 \text{ dm}^3 = 2 \times 10^6 \text{ dm}^3 = 2.000.000.000 \text{ cm}^3 = 2 \times 10^9 \text{ cm}^3$$

$$2500 \text{ Mg} = 2.500.000 \text{ kg} = 2,5 \times 10^6 \text{ kg} = 2.500.000.000 \text{ g} = 2,5 \times 10^9 \text{ g}$$

Fe em mg/kg

$$350.000 \text{ kg de Fe} / 2.500.000 \text{ kg de solo} = 0,14 \text{ kg/kg} = 140.000 \text{ mg Fe/kg}$$

Fe em mg/dm³

$$2000 \text{ m}^3 \text{ solo} = 2 \times 10^6 \text{ dm}^3 \text{ de solo}$$

$$350 \times 10^9 \text{ mg de Fe} / 2 \times 10^6 \text{ dm}^3 \text{ de solo} = 175.000 \text{ mg Fe/dm}^3$$

Fe em $\mu\text{g/g}$

$$1 \text{ g} = 10^6 \mu\text{g}$$

$$350 \times 10^{12} \mu\text{g} / 2,5 \times 10^9 \text{ g} = 140.000 \mu\text{g Fe/g}$$

Fe em $\mu\text{g/cm}^3$

$$350 \times 10^{12} \mu\text{g} / 2 \times 10^9 \text{ cm}^3 = 175.000 \mu\text{g/cm}^3$$

Fe em ppm

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$$

$$\text{ppm} = \text{mg/kg} = \text{g/t}$$

$$350 \times 10^6 \text{ g de Fe} / 2500 \text{ t} = 140.000 \text{ g/t} = 1,4 \times 10^5 \text{ ppm}$$

15) Parte de elementos adicionados ao solo são perdidos para a atmosfera, por exemplo, N e C na forma de N_2O , CH_4 e CO_2 . Através da equação geral dos gases perfeitos ($PV = nRT$) pode-se determinar a concentração destes elementos emitidos em $\mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Sabendo que o volume e área da câmara coletora de gás é de 34 L e 0,0831 m^2 respectivamente, constante universal do gás (R) de 0,082057 atm L $\text{mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$, temperatura no interior da câmara de 25 °C, pressão atmosférica de 1 atm e concentração de 315 ppb, 2,5 ppm e 360 ppm para N_2O , CH_4 e CO_2 respectivamente, qual a taxa de emissão destes gases em $\mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$?

a) Cálculo do fluxo de óxido nitroso (N_2O) em $\mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ de N_2O .

- Volume de gás N_2O no interior da câmara

$$315 \text{ L de } \text{N}_2\text{O} \text{ ----- } 1.000.000.000 \text{ L de ar}$$

$$X \text{ L de } \text{N}_2\text{O} \text{ ----- } 34 \text{ L}$$

$$X = 0,00001071 \text{ L de } \text{N}_2\text{O}$$

- Número de mols (n)

$$n = PV/RT$$

$$n = (1 \text{ atm} \times 0,00001071 \text{ L de } \text{N}_2\text{O}) / (0,082057 \text{ atm K mol}^{-1} \text{ L}^{-1} \times (25 \text{ °C} + 273 \text{ K}))$$

$$n = 4,37 \times 10^{-7} \text{ mols}$$

1 mol de N_2O ----- 44 g

$4,37 \times 10^{-7}$ mols de N_2O ----- X

$X = 1,92 \times 10^{-5}$ g de N_2O

$1,92 \times 10^{-5}$ g de N_2O ----- 0,0831 m^2

X g de N_2O ----- 1 m^2

$X = 2,319 \times 10^{-4} \text{ g m}^{-2} = 231,9 \mu\text{g m}^{-2} \text{ N}_2\text{O}$

$231,9 \mu\text{g m}^{-2} \times 60 \text{ min (1 h)} = 13914 \mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ de N-N}_2\text{O}$

b) Cálculo do fluxo de metano (CH_4) em $\mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ de C- CH_4 .

- Volume de gás CH_4 no interior da câmara:

2,5 L de CH_4 ----- 1.000.000 L de ar

X L de CH_4 ----- 34 L

$X = 8,5 \times 10^{-5}$ L de CH_4

- Número de mols (n)

$n = PV/RT$

$n = (1 \text{ atm} \times 8,5 \times 10^{-5} \text{ L de CH}_4) / (0,082057 \text{ atm K mol}^{-1} \text{ L}^{-1} \times (25^\circ\text{C} + 273 \text{ K}))$

$n = 3,48 \times 10^{-6}$ mols

1 mol de CH_4 ----- 18 g

$3,48 \times 10^{-6}$ mols de CH_4 ----- X

$X = 6,26 \times 10^{-5}$ g de CH_4

$6,26 \times 10^{-5}$ g de CH_4 ----- 0,0831 m^2

X g de CH_4 ----- 1 m^2

$X = 7,53 \times 10^{-4} \text{ g m}^{-2} = 752,94 \mu\text{g m}^{-2}$

$752,94 \mu\text{g m}^{-2} \times 60 \text{ min (1h)} = 45.176 \mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ de C-CH}_4$

c) Cálculo do fluxo de dióxido de carbono (CO₂) em mg m⁻² h⁻¹ de C- CO₂.

- Volume de gás CO₂ no interior da câmara

360 L de CO₂ ----- 1.000.000 L de ar

X L de CO₂ ----- 34 L

X = 0,012 L de CO₂

- Número de mols (n)

$n = PV/RT$

$n = (1 \text{ atm} \times 0,012 \text{ L de CO}_2) / (0,082057 \text{ atm K mol}^{-1} \text{ L}^{-1} \times (25 \text{ °C} + 273 \text{ K}))$

$n = 4,9 \times 10^{-4} \text{ mols}$

1 mol de CO₂ ----- 44 g

$4,9 \times 10^{-4} \text{ mols de CO}_2$ ----- X

X = $8,83 \times 10^{-3} \text{ g CO}_2$

$8,83 \times 10^{-3} \text{ g de CO}_2$ ----- 0,0831 m²

X g de CO₂ ----- 1 m²

X = 0,11 g m⁻² = 110 mg m⁻²

110 mg m⁻² x 60min (1h) = 6 600 mg m⁻² h⁻¹ de C-CO₂

16) Para um solo com 23,5 g/dm³ de C quantos equivalentes de CO₂ tem um hectare de solo 0-20 cm de profundidade?

1 ha = 10.000 m² (área de 1 ha)

Profundidade = 20 cm = 0,2 m

10.000 m² x 0,2 m = 2.000 m³ (volume de 1 ha)

23,5 g/dm³ = 23,5 kg/m³

23,5 kg de C ----- 1 m³ de solo

X kg de C ----- 2000 m³ de solo

X = 47.000 kg de C

1 mol CO₂ ----- 44 g

1 mol C ----- 12 g

Logo = Fator de conversão de C para CO₂ = 44/12 = 3,6

47.000 kg C x 3,6 = 169.200 kg ou 169,2 Mg de CO₂eq em 1 ha

17) Estudo com solo de Terra Preta de Índio (TPI) na Floresta Amazônica indicou um grande enriquecimento de nutrientes em relação ao solo sem influência antrópica (Argissolo), na camada de 0-100 cm. Com base na análise apresentada, qual o acréscimo em kg ha⁻¹ na camada de 0-100 cm, dos nutrientes indicados abaixo. Considerar como densidade do solo 1 kg dm³.

Solo	Mg	P	Ca	Zn
mg kg ⁻¹				
TPI	374,2	2004,7	1738,4	47,5
Argissolo	132,2	417,1	155,7	8,31
Diferença	242	1587,6	1582,7	39,2

a) Acréscimo

Volume: V = 10000 m² x 1,0 m = 10000 m³ ou 10000 Mg (megagrama)

Ou 10.000.000 kg de solo

242 mg Mg ----- 1 kg solo

ou

0,24292 g Mg ----- 1 kg solo

X g Mg ----- 10.000.000 kg solo

X = 2429200 g ou 2429,2 kg Mg

1,587 g P ----- 1 kg solo

X g P ----- 10.000.000 kg solo

$$X = 15.870.000 \text{ g ou } 15870 \text{ kg de P}$$

$$1,582 \text{ g Ca} \text{ ----- } 1 \text{ kg solo}$$

$$X \text{ g Ca} \text{ ----- } 10.000.000 \text{ kg solo}$$

$$X = 15.820.000 \text{ g ou } 15820 \text{ kg de Ca}$$

$$0,039206 \text{ g Zn} \text{ ----- } 1 \text{ kg solo}$$

$$X \text{ g Zn} \text{ ----- } 10.000.000 \text{ kg solo}$$

$$X = 392060 \text{ g ou } 392,06 \text{ kg de Zn}$$

b) Considerando que a única entrada de P seja via deposição de osso de animais abatidos, preparados e descartados no local correspondente à TPI, determine a quantidade de ossos necessária para gerar o aumento observado. Considerar que o osso tenha 8,5 % de P em sua composição.

$$100 \text{ kg de ossos} \text{ ----- } 8,5 \text{ kg de P}$$

$$X \text{ kg de ossos} \text{ ----- } 15870 \text{ kg de P}$$

$$X = 186.705 \text{ kg de ossos}$$

c) Considerando que o acúmulo de P observado ocorreu pela colonização ao longo de 400 anos, qual a quantidade de ossos que deve ser adicionada diariamente em 1 ha, para justificar tal aumento?

$$365 \times 400 = 146.000 \text{ dias em } 400 \text{ anos}$$

$$186.705 \text{ kg de osso} \text{ ----- } 146000 \text{ dias}$$

$$X \text{ kg de osso} \text{ ----- } 1 \text{ dia}$$

$$X = 1,27 \text{ kg de osso/ha/dia}$$

Corretivos e Fertilizantes



18) Demonstrar que formulações líquidas contendo Ca e Mg (calcário líquido) fornecem quantidades muito reduzidas desses nutrientes, não podendo ser utilizadas como substitutivos do calcário para correção da acidez ou fornecimento de nutrientes. Um produto líquido contendo 20 % de Ca e 20 % Mg (com densidade do produto de 1 kg L⁻¹) foi recomendado para ser aplicado como calcário líquido, sendo utilizada dose de 3 L por hectare. Compare a adição de Ca e Mg desse produto com a adição de uma tonelada de calcário com 10 % de Ca e 4 % de Mg.

$$1 \text{ L} = 1 \text{ kg}$$

$$3 \text{ kg} \text{ ----- } 100 \%$$

$$X \text{ kg} \text{ ----- } 20 \%$$

$$X = 0,6 \text{ kg de Ca e } 0,6 \text{ kg de Mg}$$

$$1000 \text{ kg calcário} \text{ ----- } 100 \%$$

$$X \text{ kg de calcário} \text{ ----- } 10 \%$$

$$X = 100 \text{ kg de Ca}$$

$$1000 \text{ kg calcário} \text{ ----- } 100 \%$$

$$X \text{ kg de calcário} \text{ ----- } 4 \%$$

$$X = 40 \text{ kg de Mg}$$

- **Dica:** O produto líquido tem menos que 1 % do Ca e 1,5 % do Mg contido em 1 tonelada de calcário, logo não poderá substituir o calcário.

19) Trabalhando com reagentes ou fertilizantes é necessário conhecer a concentração ou proporção dos elementos que se pretende usar. Calcule (considere para efeito de cálculo que os produtos são puros).

- **Dica:** Ainda hoje é comum ou obrigatória a apresentação dos elementos contidos nos adubos, corretivos e resíduos na forma de óxidos (CaO, P₂O₅, K₂O). Tal fato se deve ao processo inicial de análise ser por combustão ou queima em mufla,

deixando os elementos na cinza na forma de óxidos. Elementos como N e S, que são voláteis, geralmente são representados como N e S.

a) Determine a % de Ca e CaO no sulfato de cálcio bi hidratado e no carbonato de cálcio.

$$\text{Ca} = 40 \text{ g}$$

$$\text{S} = 32 \text{ g}$$

$$\text{O} = 16 \text{ g}$$

$$\text{H} = 1 \text{ g}$$

$$\text{C} = 12 \text{ g}$$

Sulfato de cálcio bi hidratado (gesso)

$$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = [40 + 32 + 16 \times 4 + 2(2 + 16)] = 172 \text{ g}$$

$$172 \text{ g de CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ ----- } 100 \%$$

$$40 \text{ g de Ca} \text{ ----- } X \%$$

$$X = 23,2 \% \text{ de Ca}$$

$$\text{CaO} = 56 \text{ g } (40 + 16)$$

$$56 \text{ g de CaO} \text{ ----- } 40 \text{ g de Ca}$$

$$X \text{ g de CaO} \text{ ----- } 23,2 \text{ g de Ca}$$

$$X = 32,5 \text{ g de CaO}$$

$$100 \text{ g de CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 23,2 \text{ g de Ca}$$

$$32,5 \text{ g de CaO} = 23,2 \text{ g de Ca}$$

$$100 \text{ g de CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 23,2 \text{ g de Ca ou } 23,2 \% \text{ de Ca}$$

$$100 \text{ g de CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 32,5 \text{ g de CaO ou } 32,5 \% \text{ de CaO}$$

$$\text{Portanto: CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 23,2 \% \text{ de Ca e } 32,5 \% \text{ de CaO}$$

Carbonato de cálcio

$$\text{CaCO}_3 = 40 + 12 + 48 = 100 \text{ g}$$

$$100 \text{ g de CaCO}_3 \text{ ----- } 100 \%$$

40 g de Ca ----- X %

X = 40 % de Ca

56 g de CaO ----- 40 g Ca

X g de CaO ----- 40 g Ca

X = 56 g de CaO

100 g de CaCO_3 = 40 g de Ca ou 40 % de Ca

100 g de CaCO_3 = 56 g de CaO ou 56 % de CaO

Portanto: $\text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ = 40 % de Ca e 56 % de CaO

- **Dica:** O cálculo da % de CaO no carbonato e outros produtos são empregados para calcário, adubos e condicionadores de solo.

b) Determine a % de Mg e MgO no carbonato de magnésio.

MgCO_3 = 84 g

Mg = 24 g

MgO = 40 g

84 g de MgCO_3 ----- 100 %

24 g de Mg ----- X %

X = 28,57 %

40 g de MgO ----- 24 g de Mg

X g de MgO ----- 28,57 de Mg

X = 47,61 g de MgO

100 g de MgCO_3 = 28,57 g de Mg ou 28,57 % de Mg

100 g de CaCO_3 = 48 g de MgO ou 48 % de Mg

Portanto: MgCO_3 = 28,6 % de Mg e 48 % de MgO

- **Dica:** O cálculo da % de MgO no carbonato e outros produtos são empregados para calcário, adubos e condicionadores de solo.

c) Determine a % de N no DAP e na ureia.

$$N = 14 \text{ g}$$

$$P = 31 \text{ g}$$

$$O = 16 \text{ g}$$

$$H = 1,0 \text{ g}$$

$$\text{DAP} = (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 = [14 + (4 \times 1)] \times 2 + 1 + 31 + (16 \times 4) = 132 \text{ g}$$

$$132 \text{ g de DAP} \text{ ----- } 100 \%$$

$$28 \text{ g de N} \text{ ----- } X \%$$

$$X = 21 \%$$
 de N

$$\text{Ureia} = \text{CH}_4\text{N}_2\text{O} \text{ ou } (\text{NH}_2)_2\text{CO} = 12 + 4 + (2 \times 14) + 16 = 60 \text{ g}$$

$$60 \text{ g de ureia} \text{ ----- } 100 \%$$

$$28 \text{ g de N} \text{ ----- } X \%$$

$$X = 46,6 \%$$
 de N

Portanto:

$$\text{DAP} = 21 \%$$
 de N

$$\text{Ureia} = 46 \%$$
 de N

Obs: Os teores de N aproximados nos produtos comercializados são 16 e 44 % para DAP e ureia, respectivamente.

d) Determine a % de P e P₂O₅ no MAP.

$$\text{MAP} = (\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4 = (14 + (1 \times 4)) + ((1 \times 2) + (31) + (16 \times 4)) = 115 \text{ g}$$

$$\% \text{ P}$$

$$115 \text{ g} \text{ ----- } 100 \%$$

$$31 \text{ g de P} \text{ ----- } X \%$$

$X = 26,6 \%$ de P no MAP

100 g de MAP = 26,9 g de P ou 26,9 % de P

$\% \text{P}_2\text{O}_5 = (31 \times 2) + (16 \times 5) = 142 \text{ g}$

142 g de P_2O_5 ----- 62 g de P

X g de P_2O_5 ----- 26,9 g de P (MAP)

$X = 61,6 \text{ g de } \text{P}_2\text{O}_5$

100 g de MAP = 26,9 g de P

61,6 g de $\text{P}_2\text{O}_5 = 26,9 \text{ g de P}$

Portanto:

MAP = 26,9 g de P ou 26,9 % de P

MAP = 61,6 g de P_2O_5 ou 61,6 % de P_2O_5

- **Dica:** (I) O P_2O_5 em % é normalmente utilizado para demonstrar a concentração nos adubos, resíduos e solo (teor total). Assim, a recomendação de adubação das culturas também é dada em kg/ha de P_2O_5 . (II) Em geral, os valores de referência para o MAP são 48 % em água. Teor solúvel em água é 44 %.

e) Determine a % de K e K_2O no cloreto e sulfato de potássio.

$\text{K} = 39 \text{ g}$

$\text{Cl} = 35,5$

$\text{S} = 32 \text{ g}$

$\text{O} = 16 \text{ g}$

$\text{KCl} = (39 + 35,5) = 74,5 \text{ g}$

74,5 g de KCl ----- 100 %

39 g de K----- X %

$X = 52,35 \%$ de K no KCl

$\text{K}_2\text{O} = [(39 \times 2) + 16] = 94 \text{ g}$

94 g de K_2O ----- 78 g de K

X g de K_2O ----- 52,35 g de K no KCl

X = 63,1 % de K_2O no KCl

$K_2SO_4 = [(39 \times 2) + 32 + (16 \times 4)] = 174$ g

174 g de K_2SO_4 ----- 100 %

78 g de K ----- X %

X = 44,82 % de K no K_2SO_4

$K_2O = [(39 \times 2) + 16] = 94$ g

100 g de K_2SO_4 ----- 44,82 g de K

94 g de K_2O ----- 78 g de K

X g de K_2O ----- 44,82 g de K

X = 54,01 % de K_2O no K_2SO_4

Portanto:

KCl = 63,1 % de K_2O

K_2SO_4 = 54 % de K_2O

- **Dica:** (I) O uso de K_2O em % é normalmente utilizado para demonstrar a concentração nos adubos, resíduos e solo (teor total). Assim, a recomendação de adubação das culturas também é dada em kg/ha de K_2O . (II) Em geral, os teores de K_2O aproximados nos produtos comercializados são 60 e 50 % para KCl e K_2SO_4 , respectivamente.

(20 – 21 – 22) Em algumas situações, em nível de propriedade ou na indústria, é necessária a mistura de fertilizantes para criar um formulado.

20) Um produtor misturou um saco de MAP (50 kg) com um saco de KCl (50 kg). Que formulado foi criado com a mistura? Dados: MAP = 9 % de N e 48 % P_2O_5 ; KCl = 60 % de K_2O .

- **Dica:** Nas formulações NPK, o primeiro número representa a porcentagem de nitrogênio (N), o segundo a porcentagem de fósforo (geralmente expresso como P_2O_5) e o último a porcentagem de potássio (geralmente expresso como K_2O).

Assim, os formulados abaixo representam:

0-20-20 = 0 % de N

20 % de P_2O_5

20 % de K_2O

4-30-10 = 4 % de N - 30 % de P_2O_5 - 10 % de K_2O

4-14-8 = 4 % de N - 14 % de P_2O_5 - 8 % de K_2O

Esses valores são em porcentagem de quilos, logo, na formulação 4-30-10 tem-se: 4 kg de N; 30 kg de P_2O_5 e 10 kg de K_2O .

Nitrogênio - MAP

50 kg ----- 100 %

X kg ----- 9 %

X = 4,5 kg de N

Fósforo - MAP

50 kg ----- 100 %

X kg ----- 48 %

X = 24 kg de P_2O_5

Potássio - KCl

50 kg ----- 100 %

X kg ----- 60 %

X = 30 kg de K_2O

Formulado 4,5-24-30 de NPK

21) Um produtor misturou um saco de DAP (50 kg) com um saco de KCl (50 kg). Que formulado foi criado com a mistura? Dados: DAP = 16 % de N e 44 % de P_2O_5 ; KCl = 60 % de K_2O .

Nitrogênio - DAP

50 kg ----- 100 %

X kg----- 16 % = 8 kg de N

Fósforo - DAP

50 kg ----- 100 %

X kg ----- 44 % = 22 kg de P_2O_5

Potássio - KCl

50 kg ----- 100 %

X kg ----- 60 % = 30 kg de K_2O

Formulado 8-22-30 de NPK

- **Dicas:** (I) A venda de adubo atualmente é, na maior parte, feita com uso de formulado, ou seja, a mistura de uma fonte de N, P_2O_5 e K_2O , pela mistura de fontes distintas. Assim, vai haver grânulos com coloração, formato e tamanho variado dentro do saco de adubo. O uso do formulado facilita a aplicação dos fertilizantes e é realizada em misturadoras ou empresas de adubo. A grande maioria das empresas de fertilizantes atua na mistura e venda, ou seja, compram diferentes matérias primas, estocam e misturam em proporções que atendam a demanda do produtor. (II) A mistura de produtos para produção de formulados deve considerar a incompatibilidade, já que alguns produtos não podem ser misturados, dado a mudança na higroscopicidade. Por isso só deve-se propor a mistura pessoal com domínio técnico no assunto. Os exercícios aqui apresentados não têm preocupação com a incompatibilidade. (III) As empresas possuem técnicos especializados, laboratório e programas que permitem compor as formulações com precisão. Apresentaremos a seguir uma fórmula muito simplificada para entender como ocorre a formulação.

22) Misture os mais diversos adubos para obter os seguintes formulados:

- a) 4-14-8
- b) 4-30-10
- c) 4-30-20
- d) 20-05-20
- e) 0-25-25

Tomando como exemplo o formulado do item a (4-14-8). Há três maneiras de se resolver este exercício, sendo:

i) Regra de 3 para cada produto a ser utilizado na formulação.

Fonte de N = ureia

100 kg de ureia ----- 44 kg de N

X kg de ureia ----- 4 kg de N

X = 9 kg ureia

Fonte de N = sulfato de amônio

100 kg de SA ----- 20 kg de N

X kg de SA ----- 4 kg de N

X = 20 kg de SA

Fonte de N = nitrato de amônio

100 kg de NA ----- 32 kg de N

X kg de NA ----- 4 kg de N

X = 12,5 kg de NA

Fonte de P = super fosfato simples

100 kg de SS ----- 18 kg de P_2O_5

X kg de SS ----- 14 kg de P_2O_5

X = 77,8 kg de SS

Fonte de P = super fosfato triplo

100 kg de ST ----- 41 kg de P_2O_5

X kg de ST ----- 14 kg de P_2O_5

X = 34,14 kg de ST

Fonte de K = cloreto de potássio

100 kg de KCl ----- 58 kg de K

X kg de KCl ----- 8 kg de K

X = 13,8 kg de KCl

Fonte de K = sulfato de potássio

100 kg de K_2SO_4 ----- 48 kg de K

X kg de K_2SO_4 ----- 8 kg de K

X = 16,7 kg de K_2SO_4

ii) Através do fator de divisão (FD), onde o fator é obtido pela concentração do nutriente no produto (em kg)/100.

Ex: ureia = 44 kg de N em 100 kg de ureia

$FD = 44/100 = 0,44$

Fonte de N

ureia = $4 \div 0,44 = 9$ kg de ureia

SA = $4 \div 0,20 = 20$ kg de SA

NA = $4 \div 0,32 = 12,5$ kg de NA

Fonte de P

SS = $14 \div 0,18 = 77,8$ kg de SS

ST = $14 \div 0,41 = 34,15$ kg de ST

Fonte de K

KCl = $8 \div 0,58 = 13,8$ kg de KCl

K_2SO_4 = $8 \div 0,48 = 16,7$ kg de K_2SO_4

iii) Através do fator de multiplicação (FM), onde o fator é obtido por 100/concentração do nutriente no produto (em kg).

Ex: ureia = 44 kg de N em 100 kg de ureia

$$FM = 100/44 = 2,27$$

Fonte de N

$$\text{ureia} = 4 \times 2,27 = 9,0 \text{ kg de ureia}$$

$$\text{SA} = 4 \times 5 = 20 \text{ kg de SA}$$

$$\text{NA} = 4 \times 3,12 = 12,5 \text{ kg de NA}$$

Fonte de P

$$\text{SS} = 14 \times 5,5 = 77 \text{ kg de SS}$$

$$\text{ST} = 14 \times 2,4 = 33,6 \text{ kg de ST}$$

Fonte de K

$$\text{KCl} = 8 \times 1,72 = 13,8$$

$$\text{K}_2\text{SO}_4 = 8 \times 2,08 = 16,6$$

Resumo para a escolha dos produtos a serem utilizados na formulação NPK 4-14-8.

Produto	NPK para o formulado 4-14-8		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ureia: (NH ₂) ₂ CO	9		
Sulfato de amônio: (NH ₄) ₂ SO ₄	20		
Nitrato de amônio: (NH ₄)NO ₃	12,8		
Super Fosfato simples (SS) = Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + CaSO ₄		77,7	
Super Fosfato Triplo (ST) = Ca(H ₂ PO ₄) ₂		34,1	
Cloreto de potássio = KCl			13,8
Sulfato de potássio = K ₂ SO ₄			16,7

Obs: Para fechar o formulado a soma dos produtos escolhidos deve se aproximar de 100 kg.

Produtos escolhidos para o formulado:

$$\text{ureia} = 9 \text{ kg}$$

$$\text{SS} = 77,7 \text{ kg}$$

$$\text{KCl} = 13,8 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 100,5 \text{ kg de formulado 4-14-8}$$

b) Formulado 4-30-10.

i) Resolução por regra de 3.

Fonte de N - ureia

100 kg de ureia ----- 44 kg de N

X kg de ureia ----- 4 kg de N

X = 9,09 kg de ureia

Fonte de P - ST

100 kg de ST ----- 41 kg de P_2O_5

X kg ST ----- 30 kg de P_2O_5

X = 73,17 kg de ST

Fonte de K - KCl

100 kg KCl ----- 58 kg de K_2O

X kg KCl ----- 10 kg de K_2O

X = 17,24 kg de KCl

ii) Resolução pelo fator de divisão (FD).

Fonte de N

$4 \div 0,44 = 9$ kg de ureia

$4 \div 0,20 = 20$ kg de SA

$4 \div 0,32 = 12,5$ kg de NA

Fonte de P

$30 \div 0,18 = 166,6$ kg de SS

$30 \div 0,41 = 73,1$ kg de ST

Fonte de K

$10 \div 0,58 = 17,2$ kg de KCl

$10 \div 0,48 = 20,8$ kg de K_2SO_4

Resumo para a escolha dos produtos a serem utilizados na formulação NPK 4-30-10.

Produto	NPK para o formulado 4-30-10		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ureia: (NH ₂) ₂ CO	9		
Sulfato de amônio: (NH ₄) ₂ SO ₄	20		
Nitrato de amônio: (NH ₄)NO ₃	12,8		
Super Fosfato simples (SS) = Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + CaSO ₄		166,6	
Super Fosfato Triplo (ST) = Ca(H ₂ PO ₄) ₂		73,1	
Cloreto de potássio = KCl			17,2
Sulfato de potássio = K ₂ SO ₄			20,8

Produtos escolhidos:

ureia = 9 kg

ST = 73,1 kg

KCl = 17,2 kg

Total = 99,9 kg de formulado 4-30-10

c) Formulado 4 - 30 – 20.***i) resolução pelo fator de divisão (FD).***

Fonte de N

$4 \div 0,44 = 9$ kg de ureia

$4 \div 0,20 = 20$ kg de SA

$4 \div 0,32 = 12,5$ kg de NA

Fonte de P

$30 \div 0,18 = 166,6$ kg de SS

$30 \div 0,41 = 73,2$ kg de ST

Fonte de K

$20 \div 0,58 = 34,5$ kg de KCl

$20 \div 0,48 = 41,6$ kg de K₂SO₄

Resumo para a escolha dos produtos a serem utilizado na formulação NPK 4-30-20.

Produto	NPK para o formulado 4-30-20		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ureia: (NH ₂) ₂ CO	9		
Sulfato de amônio: (NH ₄) ₂ SO ₄	20		
Nitrato de amônio: (NH ₄)NO ₃	12,8		
Super Fosfato simples (SS) = Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + CaSO ₄		166,6	
Super Fosfato Triplo (ST) = Ca(H ₂ PO ₄) ₂		73,1	
Cloreto de potássio = KCl			34,5
Sulfato de potássio = K ₂ SO ₄			41,6

Obs: com esses produtos a fórmula não fecha, pois ultrapassam 100 kg, então usaremos MAP ou DAP. Porém estes produtos são fontes de N e P₂O₅.

Calculando MAP e DAP para fornecer N

$$4 \div 0,09 \text{ (MAP)} = 44,4 \text{ kg de MAP}$$

$$4 \div 0,16 \text{ (DAP)} = 25,0 \text{ kg de DAP}$$

Calculando MAP e DAP para fornecer P₂O₅ a partir do N necessário para a formulação

$$44,4 \text{ kg de MAP} \times 0,48 = 21,3 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

$$25,0 \text{ kg de DAP} \times 0,45 = 11,2 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

$$44,4 \text{ kg de MAP fornecem 4 kg de N e 21,3 kg de P}_2\text{O}_5$$

$$250 \text{ kg de DAP fornecem 4 kg de N e 11,2 kg de P}_2\text{O}_5$$

Porém a necessidade de P₂O₅ é de 30 kg, ou seja, se utilizarmos MAP faltará 8,7 kg de P₂O₅ (30,0 - 21,3) e se utilizarmos DAP faltarão 18,8 kg de P₂O₅ (30,0 - 11,2).

Complemento de P₂O₅ para o MAP

$$8,7 \div 0,18 = 48,3 \text{ kg de SS ou}$$

$$8,7 \div 0,41 = 21,1 \text{ kg de ST}$$

Complemento com P₂O₅ para o DAP

$$18,8 \div 0,18 = 104,4 \text{ kg de SS ou}$$

$$18,8 \div 0,41 = 45,8 \text{ kg de ST}$$

Resumo para a escolha dos produtos a serem utilizado na formulação NPK 4-30-20 considerando MAP e DAP como fonte de N e P.

Produto	NPK para o formulado 4-30-20		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Super Fosfato simples (SS) = Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + CaSO ₄			
Super Fosfato Triplo (ST) = Ca(H ₂ PO ₄) ₂			
Fosfato Mono-amônio (MAP) = (NH ₄) H ₂ PO ₄	44,4	21,3	
Fosfato di-amônio (DAP) = (NH ₄) ₂ HPO ₄	25,0	11,2	
Cloreto de potássio = KCl			34,5
Sulfato de potássio = K ₂ SO ₄			41,6

Produtos escolhidos:

MAP = 44,4 kg

ST = 21,2 kg

KCl = 34,48 kg

Total: 100,08 kg de formulado NPK + 48,3 kg de SS ou 21,1 kg de ST

23) Para comparar preços de fertilizantes é interessante adotar uma unidade de valor por quantidade do(s) nutriente(s), por exemplo, reais por kg de nutriente. Assim, determine o preço unitário (R\$/kg) do N, P₂O₅ e K₂O nos produtos indicadores a seguir e coloque em ordem crescente de valor.

Produto	%	Preço/saco (50 kg)	Preço/kg de nutriente
	<u>N</u>		
Ureia: (NH ₂) ₂ CO	44	66	3,00
Sulfato de amônio: (NH ₄) ₂ SO ₄	20	47	4,70
	<u>P₂O₅</u>		
Super fosfato simples	18	42	4,66
Super fosfato triplo	41	69	3,36
	<u>K₂O</u>		
Cloreto de potássio (KCl)	58	63	2,17
Sulfato de potássio (K ₂ SO ₄)	48	96	4,00

Se 100 kg de ureia tem 44 kg N, um saco de 50 kg ureia tem 22 kg N e custa 66,0 reais.

Logo:

22 kg N ----- 66,0 reais

1 kg N ----- X

$X = 3,00 \text{ reais/kg N}$

OU

333,3 kg N ----- 1000 reais

1 kg N ----- X

$X = 3,00 \text{ reais/kg N}$

Se 100 kg de Sulfato de amônio tem 20 kg N, um saco de 50 kg SA tem 10 kg N e custa 47 reais. Logo,

10 kg N ----- 47 reais

1 kg N ----- X

$X = 4,70 \text{ reais/kg N}$

OU

200 kg N ----- 940 reais

1 kg N ----- X

$X = 4,70 \text{ reais/kg N}$

ureia < sulfato de amônio

24) Para cálculos econômicos, além de utilizar valores referentes a quantidade de nutriente por unidade de fertilizante (por exemplo, kg/kg) pode se utilizar valores considerando a eficiência do fertilizante. Levando em conta uma eficiência hipotética mostrada a seguir, calcule o preço unitário em relação a eficiência.

- **Dica:** O valor de eficiência pode estar ligado a condição de uso, por exemplo: a aplicação de ureia na superfície pode ser inferior ao sulfato de amônio, dado a maior volatilização da ureia. Mas, quando aplicada próxima da semente no solo a eficiência é equivalente. Já, o hiperfostato por ter menos solubilidade pode

apresentar menor eficiência. Assim, a eficiência indicada é hipotética, pois pode variar de acordo com condição de aplicação, solo, clima, tempo considerado entre outros fatores.

Produto	%	Eficiência hipotética	Valor por unidade	Valor por unidade corrigido
	<u>N</u>			
Ureia	44	80	3,00	3,75
Sulfato de amônio	20	90	4,70	5,22
	<u>P₂O₅</u>			
Super fosfato simples	18	95	4,66	4,90
Super fosfato triplo	41	95	3,36	3,53
	<u>K₂O</u>			
Cloreto de potássio	58	90	2,17	2,41
Sulfato de potássio	48	95	4,00	4,21

Nessa situação, não é possível utilizar uma regra de três simples, uma vez que os valores não são diretamente proporcionais. Ou seja, se a eficiência é menor, têm-se que aplicar mais fertilizante para fornecer a mesma quantidade de nutriente, o que é inversamente proporcional.

Regra de 3 simples para ureia

3,00 reais/kg N ----- 100 % eficiência

X reais/kg N ----- 80 % eficiência

X = 2,40 reais/kg N – ERRADO!

Regra de 3 simples invertida para ureia

3,00 reais/kg N ----- 80 % eficiência

X reais/kg N ----- 100 %

X = 3,75 reais/kg N – CORRETO!

Portanto, o preço em relação a eficiência da ureia é 3,75 reais/kg N.

- **Dica:** Alguns fertilizantes têm mais de determinado elemento recomendado para ser aplicado. Logo, deve levar em conta não apenas o preço de um elemento e sim de todos envolvidos.

25) Determine o valor de MAP e DAP em relação a ureia revestida com NBPT e super fosfato triplo.

MAP	valor unitário		valor no MAP		Total
	Ureia NBPT	Super fosfato triplo	Ureia NBPT	Super fosfato triplo	
9 kg de N	3,00		27,0		
48 kg de P ₂ O ₅		3,36		161,0	188
DAP	valor unitário		valor no DAP		Total
	Ureia NBPT	Super fosfato triplo	Ureia NBPT	Super fosfato triplo	
16 kg de N	3,00		48,0		
45 kg de P ₂ O ₅		3,36		151,2	199,2

- **Dicas:** (I) Caso o valor de 100 kg de MAP seja inferior a 188 reais, o valor será mais baixo que devemos pagar para ureia e super triplo. O mesmo vale para o valor de 199,2 reais, para o DAP. (II) NBPT (N-(n-butil) triamidatíofosfórica) é incorporado aos grânulos de ureia ou revestindo-a com a finalidade de reduzir perdas de N por volatilização de amônia (NH₃), pois aquela molécula inibe a enzima urease no solo. (III) Os esterco são, em geral, menos concentrados que os fertilizantes inorgânicos, mas tem todos os nutrientes essenciais as plantas (macro e micro) e aos animais. Este efeito positivo traz uma dificuldade no cálculo na avaliação do fornecimento de nutrientes.

26) Os dejetos de animais são ricos em mais de um nutriente, com quantidades significativas em relação aos fertilizantes inorgânicos. Determine o valor de uma tonelada de esterco de frango ou de poedeira em relação a ureia, super fosfato triplo e cloreto de potássio. Considerando uma concentração de 23, 30 e 17 g kg⁻¹ para o esterco de frango e de 30, 30 e 30 g kg⁻¹ para o esterco de poedeira para N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

Produto	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total/Tonelada
Esterco de frango				
Ureia (preço unitário)	3,00			
Super fosfato triplo (preço unitário)		3,36		
Cloreto de potássio (preço unitário)			2,17	
Valor	69,0	100,8	36,9	206,7
Esterco de poedeira				
Ureia (preço unitário)	3,00			
Super fosfato triplo (preço unitário)		3,36		
Cloreto de potássio (preço unitário)			2,17	
Valor	90,0	100,8	65,1	255,9

Obs: Deve-se considerar que o esterco pode conter outros nutrientes e atuar nas propriedades físicas e biológicas do solo quando aplicado continuamente ou em grande quantidade.

Esterco de frango

Concentração N = 23 g/kg ou 23 kg/Mg

1 kg N ureia ----- 3,00 reais

23 kg N esterco ----- X

X = 69,0 reais

Concentração P = 30 g/kg ou 30 kg/Mg

1 kg P super triplo ----- 3,36 reais

30 kg P esterco ----- X

X = 100,8 reais

Concentração K = 17 g/kg ou 17 kg/Mg

1 kg K cloreto de potássio ----- 2,17 reais

17 kg K esterco ----- X

X = 36,9 reais

Esterco de poedeira

Concentração N = 30 g/kg ou 30 kg/Mg

1 kg N ureia ----- 3,00 reais

30 kg N esterco ----- X

X = 90,0 reais

Concentração P = 30 g/kg ou 30 kg/Mg

1 kg P super triplo ----- 3,36 reais

30 kg P esterco ----- X

X = 100,8 reais

Concentração K = 30 g/kg ou 30 kg/Mg

1 kg K cloreto de potássio ----- 2,17 reais

30 kg K esterco ----- X

X = 65,1 reais

Para aplicar o equivalente dos nutrientes NPK contidos em 1 Mg de esterco de frango na forma de fertilizantes minerais, ter-se-ia um custo de 206,7 reais, ao passo que com o esterco de poedeira, custaria 255,9 reais. Além do NPK os adubos orgânicos têm os demais nutrientes como S, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B e outros, assim se o valor for equivalente tal fato de ser considerado. Deve-se, contudo, estar atento ao custo de transporte, armazenagem e aplicação, pois o volume de esterco a ser aplicado em substituição ao mineral é muito maior.

Produto	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total
Esterco de frango				
Eficiência	0,5	0,8	1,0	
Ureia (preço unitário)	3,00			
Super fosfato triplo (preço unitário)		3,36		
Cloreto de potássio (preço unitário)			2,17	
Valor corrigido	34,5	80,6	36,9	152,0
Esterco de poedeira				
Eficiência	0,6	0,9	1,0	
Ureia (preço unitário)	3,00			
Super fosfato triplo (preço unitário)		3,36		
Cloreto de potássio (preço unitário)			2,17	
Valor	54,0	90,7	65,1	209,8

Esterco de Frango

Ureia

Eficiência 50 % ----- 69,0 reais

Eficiência 100 % ----- X

X = 138,0 reais

Super fosfato triplo

Eficiência 80 % ----- 100,8 reais

Eficiência 100 % ----- X

X = 126,0 reais

Esterco Poedeira

Ureia

Eficiência 60 % ----- 90,0 reais

Eficiência 100 % ----- X

X = 150,0 reais

Super triplo

Eficiência 90 % ----- 100,8 reais

Eficiência 100 % ----- X

X = 112,0 reais

27) Cama de frango (ou, cama de aviário) pode ser acidificada durante seu uso e, posteriormente, ser aplicada no solo como fonte de nutrientes. Nesse sentido, responda os exercícios abaixo.

a) O bisulfato de sódio (NaHSO_4) vem sendo utilizado na acidificação da cama de frango. Quanto de bisulfato de sódio deve ser utilizado para liberar cerca de 1 cmol_c de H^+ por dm^3 , na camada de 1 cm de uma cama de frango. Estabelecer a dose por m^2 de superfície, uma vez que o mesmo será adicionado em superfície.

Volume a ser acidificado

$V = 1 \text{ m}^2 \times 0,01 \text{ m (1 cm)} = 0,01 \text{ m}^3 \text{ ou } 10 \text{ dm}^3$

Quantos cmol_c serão necessários?

1 cmol_c ----- 1 dm^3

X cmol_c ----- 10 dm^3

X = 10 cmol_c

Qual quantidade (em massa) que liberará 1 cmol_c de H⁺ pelo bisulfato de sódio?

$$\text{NaHSO}_4 = 23 + 1 + 32 + (16 \times 4) = 120 \text{ g}$$

120 g NaHSO₄ contém 1 g H⁺; ou seja, 120 g NaHSO₄ contém 1 mol_c ou 100 cmol_c de H⁺.

$$120 \text{ g NaHSO}_4 \text{ --- } 100 \text{ cmol}_c \text{ H}^+$$

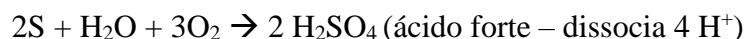
$$X \text{ ----- } 10 \text{ cmol}_c \text{ H}^+$$

$$X = 12 \text{ g de NaHSO}_4$$

São necessários 12 g de bisulfato de sódio para gerar 1 cmol_c de H⁺ na camada de 1 cm de cama de frango, para 1 m². É bom lembrar que a cama é composta por matéria orgânico de origem vegetal, como serragem, maravalha e fezes. Logo, o poder tamponante é bastante alto, a ponto de necessitar mais de 30 cmol_c de H⁺ para que tenha efeito sobre o pH.

b) Sabendo que o enxofre (S) elementar pode também atuar na acidificação da cama de frango, quanto do mesmo deve-se aplicar, para o mesmo exemplo anterior. Considerar que todo S adicionado venha a ser oxidado pelas bactérias com reação abaixo apresentada.

Reação de oxidação do S elementar (também conhecido como flor-de-enxofre)



Relação estequiométrica

- 32 g de S libera 2 g H⁺
- 16 g de S libera 1 g de H⁺
- 16 g de S libera 1 mol_c ou 100 cmol_c de H⁺

Volume a ser acidificado

$$V = 1 \text{ m}^2 \times 0,01 \text{ m (1 cm)} = 0,01 \text{ m}^3 \text{ ou } 10 \text{ dm}^3$$

Quantos cmol_c serão necessários?

$$1 \text{ cmol}_c \text{ ----- } 1 \text{ dm}^3$$

$$X \text{ cmol}_c \text{ ----- } 10 \text{ dm}^3$$

$$X = 10 \text{ cmol}_c$$

$$16 \text{ g de S ----- } 100 \text{ cmol}_c$$

$$X \text{ ----- } 10 \text{ cmol}_c$$

$$X = 1,6 \text{ g de S elementar por m}^2$$

c) Sabendo-se também que sulfato de alumínio (SA) $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$ vem sendo utilizado para acidificar a cama de frango, quanto do mesmo deve ser utilizado, para as condições acima indicadas?

Hidrólise do Al



$$27 \times 2 + (32 + 16 \times 4) \times 3 = 342 \text{ g} \rightarrow 6 \text{ g H}^+$$

$$342 \text{ g SA ----- } 6 \text{ g H}^+$$

$$57 \text{ g SA --- } 1 \text{ g H}^+$$

$$57 \text{ g AS ----- } 100 \text{ cmol}_c \text{ H}^+$$

$$X \text{ ----- } 10 \text{ cmol}_c$$

$$X = 5,7 \text{ g de SA}$$

d) Qual a equivalência entre bisulfato de sódio, enxofre elementar e sulfato de alumínio?

- 120 g NaHSO_4 libera 100 cmol_c de H^+
- 16 g de S libera 100 cmol_c de H^+
- 57 g SA libera 100 cmol_c de H^+

1 g S equivale 3,5 g de sulfato de Al e 7,5g de bisulfato de sódio.

- **Dica:** Vários materiais orgânicos são utilizados como cama de frango, por exemplo, serragem, casca de arroz, casca de café e bagaço de cana. Estes produtos recebem as fezes, pena, restos de ração e água, e sua composição vai sendo modificada no tempo na medida que são utilizadas para criação dos frangos. Cada ciclo de produção é conhecido por lote. Um dos grandes problemas relativos ao uso da cama de frango por vários períodos é o acúmulo de fezes e, conseqüentemente, do amônio (NH_4^+) e da amônia (NH_3), formado a partir da uréia originada do ácido úrico (excreta de N das aves). A amônia pode causar problemas respiratórios e de pele nos frangos e nos humanos que trabalham no aviário. Em muitos casos vem sendo utilizado calcário e cal no tratamento da cama de frango, e tal fato leva a um aumento do pH e, conseqüentemente, maior perda de amônia, potencializando o problema. Ainda, baixo pH da cama de frango diminui os problemas associados a microrganismos patogênicos (por exemplo, salmonela). Por isso, vários produtos vêm sendo utilizados na diminuição do pH da cama de frango, como bisulfato de sódio, sulfato de alumínio e enxofre elementar.

28) A aplicação de resíduos da produção agropecuária em solos agrícolas é uma importante via de reciclagem. A vinhaça (ou vinhoto) é um resíduo proveniente do processo de destilação fracionada do caldo de cana-de-açúcar fermentado, para a obtenção do etanol (álcool etílico). Determine a dose máxima de vinhaça a ser aplicada em um hectare, de acordo com as análises químicas de solo e de vinhaça apresentadas abaixo. Considerar uma saturação máxima permitida por lei de K na CTC a pH 7,0 de 5 %.

Composição da vinhaça.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
kg m ⁻³				
0,35	0,06	2,03	0,51	0,22

Análise química do solo.

	pH	Al ³⁺	(H+Al ³⁺)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC	C	Argila	P-Resina	P-Mehlich
	CaCl ₂			cmol _c dm ⁻³				g dm ⁻³			mg dm ⁻³
Solo 1	5	0	5,5	3,7	1,2	0,2	10,6	11,6	600	17	6,2
Solo 2	4,6	0,4	3	1,4	0,7	0,07	5,8	8,4	325	37	15,3

SOLO 1

CTC - $10,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$

100 % CTC $10,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; 5 % = $0,53 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$

Solo contém $0,2 \text{ cmol}_c \text{ K dm}^{-3}$, precisa adicionar $0,33 \text{ cmol}_c \text{ K dm}^{-3}$

$0,33 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} = 0,0033 \text{ mol}_c \text{ dm}^{-3} = 0,0033 \text{ mol dm}^{-3}$

1 mol_c ----- 39 g

0,0033 mol ----- X

X = $0,1287 \text{ g dm}^{-3}$

Para estabelecer quanto de K é necessário para o volume de 1 ha e profundidade de 20 cm ou seja $2.000.000 \text{ dm}^{-3}$.

1 dm^{-3} ----- 0,1287g

$2.000.000 \text{ dm}^{-3}$ ----- X

X = 257.400 g ou 257,4 kg de K

Uma vez estabelecida a quantidade de K, temos que transformar para K_2O , uma vez a concentração na vinhaça é em K_2O .

$\text{K}_2\text{O} = 94 \text{ g}$

K = 78 g

94 kg K_2O ----- 78 kg K

X ----- 257,4 kg K

X = 310,2 kg K_2O

1 m^3 vinhaça ---- 2,03 kg K_2O

X ----- 310,2 kg K_2O

X = 152,8 m^3 vinhaça por hectare

Quanto dos demais elementos são adicionados?

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
kg m ⁻³				
0,35	0,06	2,03	0,51	0,22

1 m³ ----- 0,35 kg de N

152,8 m³ ----- X

X = 54 kg N

1 m³ ----- 0,06 kg de P₂O₅

152,8 m³ ----- X

X = 9 kg de P₂O₅

1 m³ ----- 0,51 kg de CaO

152,8 m³ ----- X

X = 78 kg de CaO

1 m³ ----- 0,22 kg de MgO

152,8 m³ ----- X

X = 34 kg de MgO

SOLO 2

CTC 5,8 cmol_c dm⁻³

100 % CTC 5,8 cmol_c dm⁻³; 5% = 0,29 cmol_c dm⁻³

Solo contém 0,07 cmol_c K dm⁻³, precisa adicionar 0,22 cmol_c K dm⁻³.

0,22 cmol_c dm⁻³ = 0,0022 mol_c dm⁻³ = 0,0022 mol dm⁻³

1 mol ----- 39g

0,0022 mol ----- X

X = 0,0858 g.dm⁻³

0-20 cm 1 ha = 2.000.000 dm³

1 dm³ ----- 0,0858 g

2.000.000 dm³ ----- X

X = 171.600 g ou 171,6 kg

$$\text{K}_2\text{O} = 94 \text{ g}$$

$$\text{K} = 78 \text{ g}$$

$$94 \text{ kg K}_2\text{O} \text{ ----- } 78 \text{ kg K}$$

$$\text{X} \text{ ----- } 171,6 \text{ kg K}$$

$$\text{X} = 206,8 \text{ kg K}_2\text{O}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ vinhaça} \text{ ---- } 2,03 \text{ kg K}_2\text{O}$$

$$\text{X} \text{ ----- } 206,8 \text{ kg K}_2\text{O}$$

$$\text{X} = 101,87 \text{ m}^3 \text{ vinhaça.}$$

Quanto dos demais elementos são adicionados?

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
		kg m ⁻³		
0,35	0,06	2,03	0,51	0,22

$$1 \text{ m}^3 \text{ ----- } 0,35 \text{ kg de N}$$

$$101,87 \text{ m}^3 \text{ ----- } \text{X}$$

$$\text{X} = 36 \text{ kg N}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ ----- } 0,06 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

$$101,87 \text{ m}^3 \text{ ----- } \text{X}$$

$$\text{X} = 6,1 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ ----- } 0,51 \text{ kg de CaO}$$

$$101,87 \text{ m}^3 \text{ ----- } \text{X}$$

$$\text{X} = 52 \text{ kg de CaO}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ ----- } 0,22 \text{ kg de MgO}$$

$$101,87 \text{ m}^3 \text{ ----- } \text{X}$$

$$\text{X} = 22 \text{ kg de MgO}$$

29) Devido a maioria dos solos brasileiros ter elevada acidez é importante a aplicação de calcário ou outros materiais corretivos. Assim, é necessário conhecer sobre a composição desses materiais corretivos. Determine a relação Ca/Mg nos materiais corretivos, em termo de equivalente, comum no mercado paranaense.

Referência	CaO	MgO	<0,3 mm	0,3-0,84	0,84-2,0	>2,0 mm	ER
1	28,6	20,5	64	16	7	3	77,0
2	46,2	3,9	81	15	2	2	90,4
3	36,3	10,6	61	23	13	3	77,4
4	53,5	0,2	60	22	16	2	76,4
5	54,5	0,9	69	17	12	2	81,6

1: Calcário dolomítico; 2: calcário calcítico; 3: calcário magnesiano; 4: calcário de conchas; 5: lama-de-cal.

	1		2		3		4		5	
	CaO	MgO	CaO	MgO	CaO	MgO	CaO	MgO	CaO	MgO
%	28,6	20,5	46,2	3,9	36,3	10,6	53,5	0,2	54,5	0,9
	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg
%	20,4	12,3	33,0	2,34	25,9	6,36	38,2	0,12	38,9	0,54
	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg
Equivalente	1,02	1,03	1,65	0,20	1,30	0,53	1,91	0,01	1,95	0,05
	Ca/Mg		Ca/Mg		Ca/Mg		Ca/Mg		Ca/Mg	
Relação	1,0		8,5		2,4		191,1		43,3	

Exemplo para o calcário dolomítico

56 g CaO ----- 40 g de Ca

28,6 g Ca ----- X g de Ca

X = 20,4 g de Ca

1 equiv. de Ca ----- 20 g de Ca

X equiv. de Ca ----- 20,4 g de Ca

X = 1,02 equiv. de Ca.

40 g de MgO ----- 24 g de Mg

20,5 g de MgO ----- X g de Mg

X = 12,3 g de Mg

1 equiv. de Mg ----- 12 g de Mg

X equiv. de Mg ----- 12,3 g de Mg

X = 1,03 equiv. de Mg

Agora pratique o cálculo para os demais materiais corretivos.

30) Indique quanto de calcário calcítico e dolomítico deve ser aplicado ao solo para obter a relação Ca/Mg de 3/1. Considerando que todo corretivo reaja. Calcule a necessidade de calagem para obter 65 % do V (saturação por bases).

Solo	pH	pH	Al ³⁺	(H + Al ³⁺)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC
	CaCl ₂	SMP	----- cmol _c dm ³ -----						
1	4,1	4,7	4,9	14,1	0,5	0,3	0,12	0,92	15,02

		Início	Após calagem	Após calagem		Acréscimo		Somatório
NC		Ca + Mg	Ca + Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca + Mg
V	Mg ha ⁻¹							
%	V = 65 %							
6,13	8,84	0,80	9,64	7,23	2,41	6,73	2,11	8,84

$$NC = (65 - 6,13)$$

$$NC = 15,02/100 = 8,84 \text{ Mg de CaCO}_3/\text{ha}$$

1 Mg de CaCO₃ proporcionará o aumento de 1 cmol_c dm⁻³ de Ca.

Logo, 8,84 Mg de CaCO₃ proporcionará aumento de 8,84 cmol_c dm⁻³.

$$\text{Após calagem } (0,80 + 8,84 = 9,64 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3})$$

Relação desejada 3/1.

Logo, 3 de Ca de 9,64 e 7,23 ($9,64 \cdot 3/4$) e 1 de Mg de 9,64 e 2,41 ($9,64 \cdot 1/4$).

Acréscimo de Ca e Mg com a calagem e obtido pela subtração do valor final pelo já existente.

$$\text{Ca acréscimo} = 7,23 \text{ (desejado)} - 0,5 \text{ (existente no solo)} = 6,73$$

$$\text{Mg acréscimo} = 2,41 \text{ (desejado)} - 0,3 \text{ (existente no solo)} = 2,11$$

Utilizando calcário dolomítico e calcítico, estabelecer as equações.

	1		2	
	CaO	MgO	CaO	MgO
%	28,6	20,5	46,2	3,9
	Ca	Mg	Ca	Mg
%	20,4	12,3	33,0	2,34
	Ca	Mg	Ca	Mg
Equivalente	1,02	1,025	1,65	0,195
	Ca/Mg		Ca/Mg	
Relação	1,0		8,5	

Estabelecer com base no equivalente do corretivo quanto tem que ser adicionado.

X quantidade de corretivo 1 e Y quantidade do corretivo 2.

$$X \times 1,025 + Y \times 0,195 = 2,11 \text{ (Mg)}$$

$$X \times 1,02 + Y \times 1,65 = 6,73 \text{ (Ca)}$$

Obter X

$$X \times 1,025 + Y \times 0,195 = 2,11 \text{ (Mg)}$$

$$X = (2,11 - Y \times 0,195)/1,025$$

Substituir X na segunda equação, para obter valor de Y

$$X \times 1 + Y \times 1,65 = 6,73 \text{ (Ca)}$$

$$((2,11 - Y \times 0,195)/1,025) \times 1 + 0,195Y = 6,73$$

$$(2,11 - 0,195Y + 1,692Y)/1,025 = 6,73$$

$$2,11 + 1,496Y = 6,898$$

$$Y = 4,788/1,496 = 3,2 > Y = 3,2$$

Substituir Y em uma das equações, para obter valor de X.

$$X \times 1,025 + Y \times 0,195 = 2,11 \text{ (Mg)} > X \times 1,025 + 3,2 \times 0,195 = 2,11$$

$$1,025 X + 0,624 = 2,11 > X = 1,484/1,025 = 1,45$$

Quanto aplicar de cada calcário para obter a relação?

$$X \times 1,025 + Y \times 0,195 = 2,11 \text{ (Mg)}$$

$$X \times 1 + Y \times 1,65 = 6,73 \text{ (Ca)}$$

$$X \times 2,025 + Y \times 1,845 = 8,84$$

$$X \times 2,025 = 1,45 \times 2,025 = 2,94 \text{ Mg do calcário 1 (dolomítico)}$$

$$Y \times 1,845 = 3,2 \times 1,845 = 5,90 \text{ Mg do calcário 2 (calcítico)}$$

Logo, para obter uma relação 3/1 de Ca/Mg o produtor deve aplicar 2,94 Mg/ha do calcário dolomítico e 5,90 Mg/ha do calcário calcítico.

31) Usando as informações do exercício anterior indique quanto de calcário dolomítico e calcário de conchas deve ser aplicado ao solo para obter a relação Ca/Mg de 3/1. Considerando que todo corretivo reaja. Calcule a necessidade de calagem para obter 65 % do V.

Utilizando calcário dolomítico e calcário de conchas

	1		2	
	CaO	MgO	CaO	MgO
%	28,6	20,5	53,5	0,2
	Ca	Mg	Ca	Mg
%	20,4	12,3	38,2	0,12
	Ca	Mg	Ca	Mg
Equivalente	1,02	1,03	1,91	0,01
	Ca/Mg		Ca/Mg	
Relação	1,0		191,1	

Estabelecer com base no equivalente do corretivo quando tem que ser adicionado.

X quantidade de corretivo 1 e Y quantidade do corretivo 2.

$$X \times 1,03 + Y \times 0,01 = 2,11 \text{ (Mg)}$$

$$X \times 1,02 + Y \times 1,91 = 6,73 \text{ (Ca)}$$

Obter X

$$X \times 1,02 + Y \times 1,91 = 6,73$$

$$X = (6,73 - 1,91 \times Y) / 1,02$$

Substituir X na segunda equação, para obter valor de Y.

$$X \times 1,03 + Y \times 0,01 = 2,11 \text{ (Mg)}$$

$$((6,73 - 1,91 \times Y) / 1,02) \times 1,03 = 2,11$$

$$(6,73 - 1,91 \times Y) = 2,089$$

$$- 1,91 \times Y = 2,089 - 6,73$$

$$-Y = - 4,64 / 1,91 = -2,42 > Y = 2,42$$

Substituir Y em uma das equações, para obter valor de X.

$$X \times 1,03 + Y \times 0,01 = 2,11$$

$$X \times 1,03 + 2,42 \times 0,01 = 2,11$$

$$X \times 1,03 + 0,024 = 2,11$$

$$X = 2,086 / 1,03 = 2,02 > X = 2,02$$

Quanto aplicar de cada calcário para obter a relação?

$$X \times 1,03 + Y \times 0,01 = 2,11 \text{ (Mg)}$$

$$X \times 1,02 + Y \times 1,91 = 6,73 \text{ (Ca)}$$

$$X \times 2,05 + Y \times 1,92 = 8,84$$

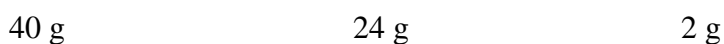
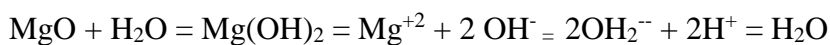
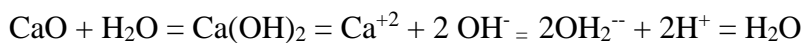
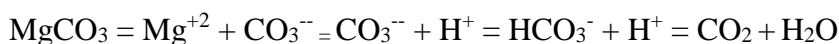
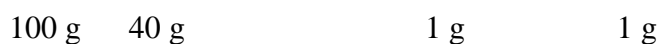
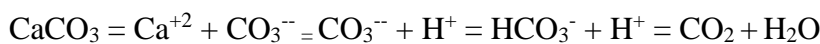
$$2,02 \times 2,05 = 4,15 \text{ Mg do calcário 1 (dolomítico)}$$

$$Y \times 1,92 = 2,42 \times 1,92 = 4,65 \text{ Mg do calcário 2 (conchas)}$$

Logo, para obter uma relação 3/1 de Ca/Mg o produtor deve aplicar 4,15 Mg/ha do calcário dolomítico e 4,65 Mg/ha do calcário de conchas.

32) Exercite os cálculos abaixo sobre corretivos de acidez.

a) Considerando as reações abaixo relacionadas para corrigir a acidez, determine o valor relativo do corretivo em relação ao CaCO_3 puro. Por ser o componente mais comum do calcário o CaCO_3 foi designado como padrão e tem um poder de correção de 100 %.



Poder neutralizante (PN) dos principais compostos químicos utilizados como corretivo de acidez do solo.

Corretivo	Adiciona	Neutraliza
CaCO_3 50 g 1 mol _c	Ca^{+2} 20 g 1 mol _c	H^+ 1 g 1 mol _c
MgCO_3 42 g 1 mol _c	Mg^{+2} 12 g 1 mol _c	H^+ 1 g 1 mol _c
CaO 28 g 1 mol _c	Ca^{+2} 20 g 1 mol _c	H^+ 1 g 1 mol _c
MgO 20 g 1 mol _c	Mg^{+2} 12 g 1 mol _c	H^+ 1 g 1 mol _c
Ca(OH)_2 37 g 1 mol _c	Ca^{+2} 20 g 1 mol _c	H^+ 1 g 1 mol _c
Mg(OH)_2 20 g 1 mol _c	Mg^{+2} 12 g 1 mol _c	H^+ 1 g 1 mol _c

CaCO ₃	neutraliza H ⁺	PN
50 g	1,00 g	100%
MgCO ₃	neutraliza H ⁺	PN
50 g	1,19 g	119%
Ca(OH) ₂	neutraliza H ⁺	PN
50 g	1,35 g	135%
Mg(OH) ₂	neutraliza H ⁺	PN
50 g	1,72 g	172%
CaO	neutraliza H ⁺	PN
50 g	1,79 g	179%
MgO	neutraliza H ⁺	PN
50 g	2,50 g	250%

➤ **Dica:** Embora o carbonato de cálcio (CaCO₃) seja o produto mais comum os corretivos da acidez são apresentados como CaO e MgO.

b) O poder corretivo pode ser determinado diretamente via neutralização de um ácido forte. Outra possibilidade é calcular via % de CaO e MgO, dos corretivos como calcário. Caso o PN determinado com ácido seja diferente do estabelecido pelo cálculo, isso significa que parte do Ca e Mg existente não está na forma de carbonato ou óxido.

	A	B	C	D
CaO (%)	28	28,62	28,79	46,23
MgO (%)	20	20,48	20,09	3,93
PN calculado (%)	100,12			92,58

100 g de CaO ----- 179 g de CaCO₃

28 g de CaO ----- X g de CaCO₃

X = 50,12 g de CaCO₃

100 g de MgO ----- 250 g de CaCO₃

20 g de CaO ----- X g de CaCO₃

X g de CaCO₃ = 50 g de CaCO₃

Somando os 50,12 g de CaCO_3 associado ao CaO e 50 g de CaCO_3 associado ao MgO temos: 100,12 g de CaCO_3 . Logo, o PN vai ser de 100,12 %.

Podemos simplificar:

$$\text{PN} = (46,23 \times 1,79) + (3,93 \times 2,50) = 92,58 \text{ g de } \text{CaCO}_3.$$

Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas



33) Demonstrar o potencial de liberação de nutrientes através da decomposição da matéria orgânica do solo. Um solo possui 5 % de matéria orgânica (MO), que sofre decomposição anual de 3 %. Quanto de N deve ser liberado anualmente caso a relação C/N seja de 12/1? (considerar que a MO possui 58 % de C e que o N seja liberado na mesma proporção que o C). Densidade (D) do solo = 1,2 g/cm³. Considerando 1 hectare a 20 cm de profundidade.

$$D = 1,2\text{g/cm}^3 = 1,2\text{ kg/dm}^3 = 1,2\text{ Mg/m}^3$$

$$1\text{ ha} = 10.000\text{ m}^2 \text{ (área de 1 ha)}$$

$$\text{Profundidade: } 20\text{ cm} = 0,2\text{ m}$$

$$10.000\text{ m}^2 \times 0,2\text{ m} = 2000\text{ m}^3 \text{ (volume de 1 ha)}$$

$$D = M/V \rightarrow M = D \times V$$

$$M = 1,2\text{ Mg/m}^3 \times 2000\text{ m}^3 = 2400\text{ toneladas de solo/ha ou } 2.400.000\text{ kg de solo/ha}$$

$$2.400.000 \times 0,03 \text{ (3 \% de decomposição de MO)} \times 0,05 \text{ (5 \% de MO)} = 3600\text{ kg de MO/ano (quantidade de MO decomposta a cada ano)}$$

$$3600\text{ kg de MO/ano} \times 0,58 \text{ (58 \% de C na MO)} = 2088\text{ kg de C/ano (quantidade de MO decomposta a cada ano)}$$

$$C/N = 12/1$$

$$12\text{ kg de C} \text{ ----- } 1\text{ N}$$

$$2088\text{ kg de C} \text{ ----- } X\text{ N}$$

$$X = 174\text{ kg/ha/ano}$$

- **Dica:** (I) É importante lembrar que aqui existe também o processo de imobilização de N, a longo do ano, não significando que haverá 174 kg/ha disponível as plantas de uma só vez. (II) É comum pensar que aplicação de *material orgânico* irá proporcionar elevada mudança na concentração do nível de *matéria orgânica* no solo. Tal fato é difícil de ser obtido uma vez que principal componente da decomposição é CO₂, ou seja, o gás que irá voltar para atmosfera. Veja a seguir um

exemplo teórico do baixo incremento de matéria orgânica com aplicação de dose elevada de esterco.

34) Demonstrar que, da grande quantidade de compostos orgânicos aplicados no solo, apenas uma pequena fração permanecerá no solo e, assim, também será pequeno o incremento no teor de matéria orgânica do solo. Um agricultor deseja aplicar cerca de 50 Mg de composto orgânico, com 65 % de umidade, em um hectare e incorporar a 30 cm de profundidade no solo. Qual deve ser o acréscimo no nível de matéria orgânica (MO) (% e g/kg), sabendo-se que apenas 6 % permanecerão no solo na forma estável? Densidade (D) do solo = 1,1 g/cm³.

$$1 \text{ ha} = 10.000 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} 10.000 \text{ m}^2 \times 0,30 \text{ m (30 cm de profundidade)} &= 3000 \text{ m}^3 = 3.000.000.000 \text{ cm}^3 \times 1,1 \text{ g/cm}^3 \\ &= 3.300.000.000 \text{ g} = 3,3 \times 10^9 \text{ g} = 3,3 \times 10^6 \text{ kg} = 3,3 \times 10^3 \text{ t} = 3300 \text{ toneladas de solo em} \\ &\text{um hectare a 30 cm de profundidade} \end{aligned}$$

$$50.000 \text{ kg} = 50 \text{ toneladas de MO}$$

$$50 \text{ t MO} \text{ ----- } 100 \%$$

$$X \text{ t MO} \text{ ----- } 35 \%$$

$$X = 17,5 \text{ t de MO (base seca)}$$

$$17,5 \text{ t MO} \text{ ----- } 100 \%$$

$$X \text{ t MO} \text{ ----- } 6 \%$$

$$X = 1,05 \text{ t de MO (quantidade que ficou no solo)}$$

$$1,05 \text{ t de MO} \text{ ----- } 3300 \text{ t de solo}$$

$$X \text{ t MO} \text{ ----- } 100 \text{ t de solo}$$

$$X = 0,03181 \text{ t MO/100 t solo ou } 0,031 \%$$

$$100 \text{ g de solo} \text{ ----- } 0,031 \text{ g MO}$$

$$1000 \text{ g (1 kg) de solo} \text{ ---- } X$$

$$X = 0,31 \text{ g/kg}$$

- **Dica:** (I) O exercício demonstra a dificuldade de aumentar o teor de matéria orgânica no solo com material não estabilizado, visto que a grande maioria do C da matéria orgânica sai do solo na forma de CO₂. (II) Como apresentado anteriormente, os resíduos de animais e outros compostos orgânicos têm mais elementos além de N, P e K e, quando se conhece a composição química, pode-se determinar a quantidade adicionada.

35) Exercitar os cálculos a seguir para conhecer o potencial ou não de um determinado composto orgânico ser uma boa fonte de nutrientes, ou seja, ser um fertilizante orgânico.

a) Determinar também quanto de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn é incorporado quando da adição de 10 Mg de esterco de frango, em peso seco. Dados: N - 2,4 %, P - 16 g/kg, K - 23 g/kg, Ca - 2,3 %, Mg - 0,52 %, Fe - 2377 mg/kg, Mn - 348 g/Mg, Cu - 473 ppm e Zn - 315 µg/g. E compare com a necessidade da planta de milho quanto à extração e exportação pelos grãos.

Quantidade de esterco aplicada = 10 Mg (ou, toneladas) = 10.000 kg = 10.000.000 g

N

2,4 kg de N ----- 100 kg de esterco

X kg de N ----- 10.000 kg de esterco

X = 240 kg de N

P

16 g de P ----- 1 kg de esterco

X g de P ----- 10.000 kg de esterco

X = 160000 g ou 160 kg de P

K

23 g de K ----- 1 kg de esterco

X g de K ----- 10.000 kg de esterco

X = 230.000 g ou 230 kg de K

Ca

2,3 kg de Ca ----- 100 kg de esterco

X kg de Ca ----- 10.000 kg de esterco

X = 230 kg de Ca

Mg

0,52 kg de Mg ----- 100 kg de esterco

X kg de Mg ----- 10.000 kg de esterco

X = 52,0 de kg Mg

Mn

348 g ----- 1 t de esterco

X g ----- 10 t de esterco

X = 3480 g ou 3,48 kg de Mn

Fe

2377 mg/kg = 2,377 g/kg

2,377 g ----- 1 kg de esterco

X g ----- 10.000 kg de esterco

X = 23.770 g ou 23,77 kg de Fe

Cu

473 ppm (partes por milhão)

473 g de Cu ----- 1.000.000 g de esterco

X g de Cu ----- 10.000.000 g de esterco

X = 4730 g ou 4,73 kg de Cu

Zn

315 µg de Zn ----- 1 g de esterco

X µg de Zn ----- 10.000.000 g de esterco

315×10^{-6} g de Zn ----- 1 g de esterco

X g de Zn ----- 10×10^6 g de esterco

X = 3150 g ou 3,15 kg de Zn

Extração (quantidade total contida na parte aérea) de nutrientes para uma produtividade de milho 9237 kg/ha.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
	----- kg ha ⁻¹ -----					----- g ha ⁻¹ -----				
	178	42	141	7,6	14,0	36,3	1033	281	273	701
Adicionado	240	160	230	230	52	4730	23770	3480	3150	
Eficiência (%)	60	80	100	100	100	20	10	10	70	
Ativo	144	128	230	230	52	944	238	35	2205	
Balanço	+	86	89	222	38	908				
	-	34					795	246	1932	

Exportação (quantidade total contida nos grãos) de nutrientes para uma produtividade de milho 9237 kg/ha.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
	----- kg ha ⁻¹ -----					----- g ha ⁻¹ -----				
	139	38	71	1,09	8,6	17,9	51	16	90	159
Adicionado	240	160	230	230	52	4730	23770	3480	3150	
Eficiência (%)	60	80	100	100	100	20	10	10	70	
Ativo	144	128	230	230	52	944	238	35	2205	
Balanço	+	5	90	159	43	926	187	19	2115	

➤ **Dica:** O cálculo acima indica que o uso de esterco tem como vantagem a adição de outros nutrientes além do N, P e K. Particularmente os teores de Zn e Cu no esterco são muito mais altos do que normalmente é encontrado nos grãos de milho e soja. Isto ocorre devido à adição de grande quantidade desses nutrientes na ração. Logo, o valor de Zn e Cu adicionado corresponde a uma adubação normal ou mesmo acima do recomendado. Este também é um dos motivos de acumulação de Zn e Cu em área de horta e outros locais que recebem grande quantidade de esterco de animais.

b) A recomendação de adubação indicou a necessidade de 250 kg de N, 90 kg de P₂O₅ e 110 kg de K₂O por hectare, para suprir um cultivo de milho segundo, com base em análise de solo e manual de recomendação de adubação. O agricultor possui um dejetos líquido de suínos e deseja aplicar na lavoura. Na ausência de uma análise do

dejetos o agricultor utilizará uma concentração média de 5,3; 4,68 e 2,44 kg de N, P_2O_5 e K_2O por m^3 , respectivamente. Ainda, considerando uma eficiência relativa ao adubo químico de 0,8; 0,9 e 1,0 para N, P e K, respectivamente.

Determine a dose de dejetos a ser utilizada para suprir N a cultura. Calcule ainda a quantidade de P_2O_5 e 110 kg K_2O adicionado e comparar com necessidade do milho.

$$N = 5,3 \times 0,8 = 4,24 \text{ kg } m^3 \text{ de N equivalente ao mineral}$$

$$P_2O_5 = 4,68 \times 0,9 = 4,21 \text{ kg } m^3 \text{ de } P_2O_5 \text{ equivalente ao mineral}$$

$$K_2O = 2,44 \times 1,0 = 2,44 \text{ kg } m^3 \text{ de } K_2O \text{ equivalente ao mineral}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ de dejetos ----- } 4,24 \text{ kg de N}$$

$$X \text{ m}^3 \text{ de dejetos ----- } 250 \text{ kg de N}$$

$$X = 58,96 \text{ m}^3 \text{ hectare de dejetos líquido de suíno}$$

Calcular quanto de P_2O_5 e K_2O adicionado por 58,96 m^3 de dejetos.

$$1 \text{ m}^3 \text{ de dejetos ----- } 4,21 \text{ kg de } P_2O_5$$

$$58,96 \text{ m}^3 \text{ de dejetos ----- } X \text{ kg de } P_2O_5$$

$$X = 248 \text{ kg de } P_2O_5$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ de dejetos ----- } 2,44 \text{ kg de } K_2O$$

$$58,96 \text{ m}^3 \text{ de dejetos ----- } X$$

$$X = 144 \text{ kg de } K_2O$$

- **Dica:** Ao utilizar o dejetos líquido para suprir N são adicionados mais P (158 kg/hectare de P_2O_5), ou seja, mais de uma vez e meia que o recomendado.

c) Utilizando as informações contidas no exercício anterior (item b). Determine a dose de dejetos a ser utilizada para suprir P_2O_5 ao milho. Calcule ainda a quantidade de N e K_2O adicionado e compare com a necessidade da cultura do milho.

1 m³ de dejetos ----- 4,21 kg de P_2O_5

X m³ de dejetos ----- 90 kg de P_2O_5

X = 21,4 m³ hectare de dejetos líquidos de suíno

Calcular quanto de N e K_2O adicionado por 58,96 m³ de dejetos

1 m³ de dejetos ----- 4,24 kg de N

21,4 m³ de dejetos ----- X kg de N

X = 90,7 kg de N

1 m³ de dejetos ----- 2,44 kg de K_2O

21,4 m³ de dejetos ----- X

X = 52 kg de K_2O

- **Dica:** Ao utilizar o dejetos líquidos para suprir P_2O_5 são adicionados menos N (91 kg/hectare de N) e K (52 kg/hectare de K_2O), ou seja, deve-se complementar com adubo mineral para atingir as exigências do milho.

36) A utilização agrícola do lodo de esgoto já é uma prática consagrada em algumas regiões do Brasil e que traz benefícios ao solo e ao ambiente por transformar um resíduo em insumo. Porém, sua aplicação deve ser monitorada, pois é comum a presença de elementos potencialmente tóxicos. Por quanto tempo poderia ser aplicado um resíduo como lodo de esgoto no solo até que seja atingido o nível máximo de Pb, Se e Cd no solo permitido por legislação?

- **Dica:** A resolução do CONAMA nº 375 de 29 de agosto de 2006 define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto e seus produtos derivados. Um desses critérios se refere à carga acumulada de substâncias inorgânicas cujos valores estão descritos na tabela abaixo.

Carga acumulada de substâncias inorgânicas permitida pelo CONAMA.

Substância inorgânica	Carga acumulada teórica permitida de substâncias inorgânicas pela aplicação do lodo de esgoto ou produto derivado (kg/ha)
Arsênio	30
Bário	265
Cádmio	4
Chumbo	41
Cobre	137
Cromo	154
Mercúrio	12
Molibdênio	13
Níquel	74
Selênio	13
Zinco	445

Considerando a recomendação agrícola do lodo de esgoto a partir do suprimento em N recomendada para a cultura do milho, cultivado uma vez por ano, num solo com 2,7 % de matéria orgânica, que teve como cultura antecedente uma leguminosa e com expectativa de produção de 6 t/ha, a dose de N deve ser de 90 kg/ha.

Para calcular a dose de lodo a ser aplicada, deve ser considerado o N recomendado para a cultura e o N disponível no lodo, utilizando a fórmula abaixo:

$$\text{Taxa de aplicação (t/ha)} = \frac{\text{N recomendado (kg/ha)}}{\text{N disponível (kg/t)}}$$

$$\text{Taxa de aplicação} = \frac{90}{13,2} = 6,8 \text{ t/ha de lodo}$$

A partir dessa dose e dos teores de metais obtidos da análise do lodo de esgoto e apresentado na tabela 2, por quanto tempo poderia ser aplicado este resíduo no solo até que seja atingida a carga acumulada de Pb, Se e Cd permitido por legislação (tabela anterior)?

Teores de metais em lodo de esgoto aeróbio

N	As	Ba	Cd	Pb	Cu	Cr	Hg	Mo	Ni	Se	Zn
kg/t	-----					mg/kg	-----				
13,2	< ld	161,4	0,46	34,5	96,8	49,1	0,24	2,28	30,1	61	369

Pb

1 kg de lodo ----- 34,5 mg de Pb

6800 kg de lodo ----- X mg de Pb

X = 234.600 mg de Pb ou 0,2346 kg de Pb

0,2346 kg de Pb ----- 1 aplicação/ano

41 kg de Pb ----- X aplicações

X = 175 aplicações ou 175 anos

Se

1 kg de lodo ----- 61 mg de Se

6800 kg de lodo ----- X mg de Pb

X = 414800 mg de Se ou 0,4148 kg de Pb

0,4148 kg de Pb ----- 1 aplicação/ano

13 kg de Pb ----- X aplicações

X = 31 aplicações ou 31 anos

Cd

1 kg de lodo ----- 0,46 mg de Cd

6800 kg de lodo ----- X mg de Cd

X = 3128 mg de Cd ou 0,003128 kg de Cd

0,003128 kg de Cd ----- 1 aplicação/ano

4 kg de Cd ----- X aplicações

X = 1279 aplicações ou 1279 anos

- **Dicas:** (I) Foram considerados apenas Pb, Se e Cd, portanto ao atingir o valor limite para Se já não seria mais permitido aplicar lodo mesmo não atingindo os valores

máximos para Pb e Cd. (II) Vale destacar que o Se vem sendo aplicado em pequenas doses em algumas espécies utilizadas na alimentação, visando a biofortificação, uma vez que esse elemento é essencial para os humanos e frequentemente está presente em baixas concentrações nos alimentos de origem vegetal. Uma exceção é a castanha do Pará, que pode conter naturalmente altos teores de Se.

37) Verificar qual o incremento nos teores de nutrientes no solo após a adição de compostos orgânicos, de maneira a verificar o potencial fertilizante e/ou poluente. Determine ainda qual deve ser o acréscimo de Fe, Mn, Cu e Zn no teor total do solo em mg/dm³ e ppm, considerando que o esterco tenha sido incorporado até 10 cm de profundidade (sem perda). Densidade (D) do solo = 1,1 g/cm³.

$$10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$1 \text{ ha} = 10.000 \text{ m}^2 \text{ (área de um ha)}$$

$$10000 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m} = 1000 \text{ m}^3 \text{ ou } 1.000.000 \text{ dm}^3 \text{ (volume de um ha)}$$

$$D = 1,1 \text{ g/cm}^3 = 1,2 \text{ kg/dm}^3 = 1,2 \text{ Mg/m}^3$$

$$D = M/V \rightarrow M = D \times V$$

$$M = 1,1 \text{ Mg/m}^3 \times 1.000 \text{ m}^3 = 1100 \text{ toneladas de solo/ha ou } 1.100.000 \text{ kg de solo/ha (massa de 1 ha a 10 cm de profundidade)}$$

$$X = 1100 \text{ toneladas}$$

Cu

$$2830 \text{ g de Cu} \text{ ----- } 1.100 \text{ t}$$

$$2830 \text{ g de Cu} \text{ ----- } 1.100.000.000 \text{ g de solo}$$

$$X \text{ g de Cu} \text{ ----- } 1000.000 \text{ g de solo}$$

$$X = 2,57 \text{ ppm de Cu (máximo aumento de Cu na camada se solo)}$$

$$2830 \text{ g de Cu} \text{ ----- } 1000.000 \text{ dm}^3$$

$$2.830.000 \text{ mg} \text{ ----- } 1000.000 \text{ dm}^3$$

$$X = 2,83 \text{ mg/dm}^3 \text{ de Cu}$$

Fe

14.262 g de Fe ----- 1100 t de solo

14.262 g de Fe ----- 1.100.000.000 g de solo

X g de Fe ----- 1.000.000 g de solo

X = 12,96 ppm de Fe

$14.262 \text{ g de Fe} / 1.000.000 \text{ dm}^3 = 14.262.000 \text{ mg de Fe} / 1.000.000 \text{ dm}^3$

X = 14,262 mg de Fe/dm³

Mn

2088 g de Mn ----- 1100 t de solo

2088 g de Mn ----- 1.100.000.000 g de solo

X g de Mn ----- 1.000.000 g de solo

X = 1,89 ppm de Mn

$2.088.000 \text{ mg de Mn} / 1.000.000 \text{ dm}^3$

$2.088.000 \text{ mg de Mn} / 1.000.000 \text{ dm}^3$

X = 2,088 mg de Mn/dm³

Zn

1890 g de Zn ----- 1100 t de solo

1890 g de Zn ----- 1.100.000.000 g de solo

X g de Zn ----- 1.000.000 g de solo

X = 1,718 ppm de Zn

$1.890.000 \text{ mg de Zn} / 1.000.000 \text{ dm}^3$

$189.000 \text{ mg de Zn} / 1.000.000 \text{ dm}^3$

X = 1,89 mg de Zn/dm³

38) Exercitar cálculos referentes a transformações de unidades comumente utilizadas na área de fertilidade do solo. Uma análise de solo (teores totais) com 4000 ppm de K, 50 µg/cm³ de Zn, 800 µg/g de P, 20 µg/g de Cu e 2000 mg/m³ de Mo. Calcular quantos kg de cada elemento existe em 1 ha a 40 cm de profundidade. Densidade (D) do solo = 1,3 g/cm³.

$$1 \text{ ha} = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 10.000 \text{ m}^2$$

$$10.000 \text{ m}^2 \times 0,4 \text{ m (profundidade)} = 4000 \text{ m}^3 = 4.000.000 \text{ dm}^3 = 4.000.000.000 \text{ cm}^3 \text{ de solo}$$

$$D = 1,3 \text{ g/cm}^3 = 1,3 \text{ kg/dm}^3 = 1,3 \text{ Mg/m}^3$$

$$D = M/V \rightarrow M = D \times V$$

$$M = 1,3 \text{ Mg/m}^3 \times 4.000 \text{ m}^3 = 5200 \text{ toneladas de solo/ha ou } 5.200.000 \text{ kg de solo/ha (massa de 1 ha a 40 cm de profundidade)}$$

K

$$4000 \text{ kg de K} \text{ ----- } 1 \text{ } 10^6 \text{ kg de solo}$$

$$X \text{ kg de K} \text{ ----- } 5,2 \times 10^6 \text{ kg}$$

$$X = 20.800 \text{ kg de K}$$

Zn

$$1 \text{ cm}^3 \text{ de solo} \text{ ----- } 50 \text{ µg de Zn}$$

$$4 \times 10^9 \text{ cm}^3 \text{ de solo} \text{ ---- } X \text{ µg de Zn}$$

$$X = 200 \times 10^9 \text{ µg de Zn} = 200.103 \text{ g ou } 200 \text{ kg de Zn}$$

P

$$1 \text{ g de solo} \text{ ----- } 800 \text{ µg de P}$$

$$5,2 \times 10^9 \text{ g de solo} \text{ ---- } X \text{ µg de P}$$

$$X = 4160 \times 10^9 \text{ µg ou } 4160 \times 10^3 \text{ g ou } 4160 \text{ kg de P}$$

Cu

$$1 \text{ g de solo} \text{ ----- } 20 \text{ µg de Cu}$$

$$5,2 \times 10^9 \text{ g} \text{ ----- } X \text{ µg de Cu}$$

$$X = 104 \times 10^9 \text{ µg ou } 104 \times 10^3 \text{ g ou } 104 \text{ kg de Cu}$$

Mo

1 m³ de solo ----- 2000 mg de Mo

4 x 10³ m³ de solo ----- X mg de Mo

X = 8 x 10⁶ mg ou 8000 g ou 8 kg de Mo

39) Demonstrar e exercitar a respeito do incremento de nutrientes no solo após a aplicação de insumos. Qual deveria ser o aumento de Ca em cmol_c/dm³ de solo, caso aplique e incorpore (20 cm de profundidade) 1 Mg de CaCO₃ em um hectare?

1 mol Ca = 40 g

1 mol_c Ca = 40 g/2 = 20 g

1000 kg (tonelada) de CaCO₃ = 400 kg de Ca

Profundidade = 20 cm = 0,2 m

10.000 m² x 20 m = 2000 m³ ou 2 x 10⁶ dm³ (volume de 1 ha)

400 kg = 40.0000 g/20 g = 20.000 mol_c de Ca em 2000 m³ de solo

1 mol_c de Ca ----- 100 cmol_c de Ca

20.000 mol_c de Ca ----- X cmol_c de Ca

X = 2000.000 cmol_c de Ca

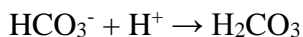
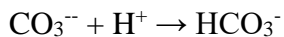
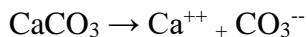
1 ha = 2 x 10⁶ dm³

2.000.000 cmol_c/2 x 10⁶ dm³ = 1 cmol_c de Ca/dm³

40) Exercitar como se neutraliza o Al³⁺ no solo. Considerando que um cmol_c de H⁺ ou Al³⁺ é neutralizado por 1 cmol_c de CaCO₃, quanto de CaCO₃ deve ser adicionado e incorporado (20 cm de profundidade) em um hectare para corrigir um solo com 3 cmol_c de Al³⁺/dm³ de solo?

Profundidade = 20 cm = 0,2 m

$10.000 \text{ m}^2 \times 20 \text{ m} = 2000 \text{ m}^3$ ou $2.000.000 \text{ dm}^3$ (volume de 1 ha)



100 g de CaCO_3 neutraliza 2 g de H^+ ou 50 g de CaCO_3 neutraliza 1 g de H^+

$1 \text{ mol}_c = \text{PM}/\text{val\^encia}$

$1 \text{ mol}_c \text{ de } \text{CaCO}_3 = 100/2 = 50 \text{ g de } \text{CaCO}_3$

$1 \text{ mol}_c \text{ H}^+ = 1/1 = 1 \text{ g de } \text{H}^+$

50 g de CaCO_3 ($1 \text{ mol}_c \text{ CaCO}_3$) neutraliza 1 g de H^+ ($1 \text{ mol}_c \text{ H}^+$)

$1 \text{ cmol}_c \text{ de } \text{CaCO}_3$ neutraliza $1 \text{ cmol}_c \text{ de } \text{H}^+$

$1 \text{ cmol}_c \text{ de } \text{CaCO}_3 = 50\text{g}/100 = 0,50 \text{ g de } \text{CaCO}_3$

0,50 g de CaCO_3 ----- $1 \text{ cmol}_c \text{ de } \text{H}^+$

X g de CaCO_3 ----- $3 \text{ cmol}_c \text{ de } \text{H}^+$

X = 1,50 g de CaCO_3

1,50 g de CaCO_3 ----- 1 dm^3

X g de CaCO_3 ----- $2.000.000 \text{ dm}^3$

X = 3.000.000 g ou 3000 kg ou 3 Mg de CaCO_3

41) Acréscimos de nutrientes no solo em decorrência da fertilização potássica: Você está planejando aplicar 150 kg de KCl em um hectare em área total e incorporar (20 cm de profundidade) para o plantio de uma cultura perene. Em outro caso você vai aplicar a mesma quantia na linha de plantio, ou seja, o equivalente a 10 % da área total. Quais os prováveis acréscimos de K $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ na área total ou na faixa adubada, logo após incorporação?

$$\text{KCl} = 74,5 \text{ g}$$

$$74,5 \text{ kg de KCl} \text{ ----- } 39 \text{ kg de K}$$

$$150 \text{ kg de KCl} \text{ ----- } X \text{ kg de K}$$

$$X = 78,52 \text{ kg de K}$$

$$78,52/\text{ha a } 20 \text{ cm de profundidade } (2.000.000 \text{ dm}^3)$$

$$78,52 \text{ kg de K} \text{ ----- } 2.000.000 \text{ dm}^3$$

$$X \text{ kg de K} \text{ ----- } 1 \text{ dm}^3$$

$$X = 3,92 \times 10^{-5} \text{ kg} = 3,92 \times 10^{-2} \text{ g de K/dm}^3$$

$$1 \text{ mol de K} = 39 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol}_c = 39/1 = 39$$

$$1 \text{ cmol}_c = 39/100 = 0,39 \text{ g}$$

$$1 \text{ cmol}_c \text{ de K} \text{ ----- } 0,39 \text{ g de K}$$

$$X \text{ cmol}_c \text{ de K} \text{ ----- } 3,92 \times 10^{-2} \text{ g de K}$$

$$X = 0,1 \text{ cmol}_c \text{ de K/dm}^3 \text{ quando aplicado em área total e } 1 \text{ cmol}_c \text{ de K/dm}^3 \text{ quando aplicado em } 10 \% \text{ da área total}$$

42) Solos salinos são comuns na região nordeste do Brasil, contudo, águas utilizadas para irrigação com excesso de sais podem elevar a salinidade de solos que naturalmente não são salinos. Assim, é importante verificar quando a salinidade pode prejudicar a produção vegetal. Considerando os seguintes teores de cátions trocáveis: $\text{Na}^+ = 6,23$, $\text{Ca}^{2+} = 7,08$, $\text{Mg}^{2+} = 2,12$ e $\text{K}^+ = 0,32 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, qual é a capacidade de troca de cátions (CTC) desse solo e qual é a porcentagem de Na^+ trocável no complexo sortivo?

$$\text{CTC} = 6,23 + 7,08 + 2,12 + 0,32$$

$$\text{CTC} = 15,75 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$$

$$15,75 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ ----- } 100 \%$$

$$6,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ ----- } X \%$$

$$X = 39,5 \%$$

43) Mostrar a diferença de extração entre nutrientes pela cana de açúcar. Um cultivo de cana-de-açúcar extraiu 200 kg de N, 190 kg de K, 20 kg de P, 15 kg de S, 40 kg de Ca, 30 kg de Mg, 1 kg de Fe, 500 g de Mn, 250 g de Zn, 150 g de Cu e 10 g de Mo, para produzir 15.000 kg de matéria seca (MS). Qual a concentração dos elementos em %, g/kg e µg/g?

N

15.000 kg de MS ----- 100 %

200 kg de MS ----- X %

X = 1,33 % de N

15.000 kg de MS ----- 200.000 g de N

1 kg de MS ----- X g de N

X = 13,33 g/kg de N

1 g = 10^6 µg

15.000.000 g de MS ----- 200.000 x 10^6 µg de N

1 g de MS ----- X

X = 13.333,33 µg/g de N

K

15000 kg de MS ----- 100 %

190 kg de MS ----- X %

X = 1,266 % de K

15000 kg de MS ----- 190000 g de K

1 kg de de MS ----- X

X = 12,66 g/kg de K

15000.000 g de MS ----- 190.000 x 10^6 de K

1 g de MS ----- X

X = 12.666 µg/g de K

P

15000 kg de MS ----- 100 %

20 kg de MS ----- X %

X = 0,13 % de P

15.000 kg de MS ----- 20.000 g de P

1 kg de MS ----- X g de P

X = 1,33 g/kg de P

15.000.000 g de MS ----- 20.000 x 10⁶ µg de P

1 g de MS ----- X

X = 1333,3 µg/g de P

S

15000 kg de MS ----- 100 %

15 kg de MS ----- X %

X = 0,1 % de S

15.000 kg de MS ----- 15.000 g de S

1 kg de MS ----- X g de S

X = 1g/kg de S

15.000.000 g de MS ----- 15.000 x 10⁶ µg de S

1 g de MS ----- X

X = 15 x 10⁹/15 x 10⁶ = 1000 µg/g de S

Ca

15.000 kg de MS ----- 100 %

40 kg de MS ----- X

X = 0,2666 % de Ca

15.000 kg de MS ----- 40.000 g de Ca

1 kg de MS ----- X g de Ca

X = 2,666 g/kg de Ca

15.000.000 g de MS ----- 40.000 x 10⁶ µg de Ca

1 g de MS ----- X = 4.10¹⁰/15 x 10⁶ = 2666 µg/g de Ca

Mg

15.000 kg de MS ----- 100 %

30 kg de MS ----- X %

$X = 0,2 \text{ \% de Mg}$

15000 kg de MS ----- 30.000 g de Mg

1 kg de MS ----- X g de Mg

$X = 2 \text{ g/kg de Mg}$

15.000.000 g de MS ----- $30.000 \times 10^6 \text{ }\mu\text{g de Mg}$

1 g de MS ----- X

$X = 3 \times 10^{10} / 15 \times 10^6 = 2000 \text{ }\mu\text{g/g de Mg}$

Fe

15.000 kg de MS ----- 100 %

1 kg de MS ----- X %

$X = 0,00666 \text{ \% de Fe}$

15.000 kg de MS ----- 1000 g de Fe

1 kg de MS ----- X g de Fe

$X = 0,0666 \text{ g/kg de Fe}$

15.000.000 g de MS ----- $1000 \times 10^6 \text{ }\mu\text{g de Fe}$

1 g de MS ----- X

$X = 10^6 / 15 \times 10^3 = 0,0666 \times 10^3 \text{ }\mu\text{g} = 66,6 \text{ }\mu\text{g/g Fe}$

Mn

15.000 kg de MS ----- 100 %

0,500 kg de MS ----- X %

$X = 0,0033 \text{ \% de Mn}$

15.000 kg de MS ----- 500 g de Mn

1 kg de MS ----- $X \text{ g de Mn} = 0,033 \text{ g/kg de Mn}$

15.000.000 g de MS ----- $500 \times 10^6 \text{ de Mn}$

1 g de MS ----- $X = 33,3 \text{ }\mu\text{g/g de Mn}$

Zn

15.000 kg de MS ----- 100 %

0,25 kg de MS ----- X %

$X = 0,001666 \text{ \% de Zn}$

15.000 kg de MS ----- 250 g de Zn

1 kg de MS ----- X

$X = 0,01666 \text{ g/kg de Zn}$

15.000.000 g de MS ----- $250 \times 10^6 \text{ }\mu\text{g de Zn}$

1 g de MS ----- X

$X = 250 \times 10^6 / 15 \times 10^6 = 16,66 \text{ }\mu\text{g/g de Zn}$

Cu

150 g de Cu = 0,15 kg de Cu

15.000 kg de MS ----- 100 %

0,15 kg de MS ----- X

$X = 0,0015 \text{ \% de Cu}$

15.000 kg de MS ----- 150 g de Cu

1 kg de MS ----- X

$X = 0,01 \text{ g/kg de Cu}$

15.000.000 g de MS ----- $150 \times 10^6 \text{ }\mu\text{g de Cu}$

1 g de MS ----- X

$X = 150 \times 10^6 / 15 \times 10^6 = 10 \text{ }\mu\text{g/g de Cu}$

Mo

15.000 kg de MS ----- 100 %

0,01 kg de MS ----- X

$X = 0,0000666 \text{ \% de Mo}$

15.000 kg de MS ----- 10 g de Mo

1 kg de MS ----- X g de Mo

$X = 0,000666 \text{ g/kg de Mo}$

15.000.000 g de MS ----- $10 \times 10^6 \mu\text{g de Mo}$

1 g de MS ----- X

$X = 10^7/15 \times 10^6 = 0,666 \mu\text{g/g de Mo}$

44) Demonstrar como algumas espécies vegetais podem extrair quantidades relativamente altas de nutrientes, normalmente de baixo acúmulo, como o Mn na erva mate. A produtividade de erva mate foi de 2 Mg/ha, com uma concentração de 4500 mg/kg de Mn, 800 ppm de Fe, 30 $\mu\text{g/g}$ de Zn e 20 g/Mg de Cu. Qual foi a extração de Fe, Mn, Zn em kg?

Mn

4500 mg ----- 1 kg

X mg ----- 2000 kg

$X = 9.000.000 \text{ mg} = 9 \times 10^6 = 9 \times 10^3 \text{ g} = 9 \text{ kg de Mn}$

Fe

1 kg ----- 800 mg de Fe

$2 \times 10^3 \text{ kg}$ ----- X mg de Fe

$X = 16 \times 10^5 \text{ mg de Fe} = 1600 \text{ g} = 1,6 \text{ kg de Fe}$

Zn

1 g ----- 30 $\mu\text{g de Zn}$

$2 \times 10^6 \text{ g}$ ----- X $\mu\text{g de Zn}$

$X = 6 \times 10^7 \mu\text{g} = 6 \times 10^4 \text{ mg} = 60 \text{ g} = 0,06 \text{ kg de Zn}$

Cu

1 Mg ----- 20 g de Cu

2 Mg ----- X g de Cu

$X = 40 \text{ g de Cu} = 0,04 \text{ kg de Cu}$

➤ **Dica:** Apesar dos altos teores de Mn nas folhas de erva-mate não ocorre toxidez, indicando que a planta é adaptada.

45) Salientar a maior exportação de nutrientes pelo milho silagem e que o esgotamento de nutrientes do solo varia com a reserva do solo em determinado nutriente. Um solo com vegetação nativa de mata de araucária possui os teores totais de 3,7 e 71 g/kg para K e Fe, respectivamente. Considerando a quantidade total destes nutrientes em 1 ha (0-20 cm de profundidade e densidade do solo = 1,0 g/dm³), quantos cultivos de milho poderiam ser realizados se 100 ou 5 % fosse disponibilizado?

Exploração	Produtividade	Exportação (kg/ha)	
	Mg/ha	K	Fe
Grãos	7,8	113	0,28
Silagem	18	259	4,2

$$1 \text{ ha} = 10.000 \text{ m}^2$$

$$V = 10.000 \times 0,20 = 2000 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ ----- } 1000 \text{ kg}$$

$$2000 \text{ m}^3 \text{ ----- } X$$

$$X = 2.000.000 \text{ kg de solo/ha}$$

K

$$3,7 \text{ g ----- } 1 \text{ kg}$$

$$X \text{ g ----- } 2.000.000 \text{ kg}$$

$$X = 7.400.000 \text{ g/ha ou } 7400 \text{ kg/ha}$$

$$7400 \text{ ----- } 100 \%$$

$$X \text{ ----- } 5 \%$$

$$X = 370 \text{ kg/ha}$$

Para 100 % de disponibilidade

Grãos

$$1 \text{ cultivo ----- } 113 \text{ kg/ha}$$

$$X \text{ ----- } 7400 \text{ kg/ha}$$

$$X = 65,5 \text{ cultivos}$$

Silagem

1 cultivo ----- 259 kg/ha

X ----- 7400 kg/ha

X = 28,5 cultivos

Para 5 % de disponibilidade**Grãos**

1 cultivo ----- 113 kg/ha

X ----- 370 kg/ha

X = 3,2 cultivos

Silagem

1 cultivo ----- 259 kg/ha

X ----- 370 kg/ha

X = 1,4 cultivos

Fe

71 g ----- 1 kg

X g ----- 2.000.000 kg

X = 142.000.000 g/ha ou 142.000 kg/ha

142.000 kg/ha ----- 100 %

X kg/ha ----- 5 %

X = 7100 kg/ha

Para 100 % de disponibilidade**Grãos**

1 cultivo ----- 0,280 kg/ha

X ----- 142.000 kg/ha

X = 507.142 cultivos

Silagem

1 cultivo ----- 4,2 kg/ha

X ----- 142000 kg/ha

X = 33.809 cultivos

Para 5 % de disponibilidade

Grãos

1 cultivo ----- 0,280 kg/ha

X ----- 7100 kg/ha

X = 25.357 cultivos

Silagem

1 cultivo ----- 4,2 kg/ha

X ----- 7100 kg/ha

X = 1690 cultivos

- **Dica:** A quantidade de nutrientes disponibilizada varia em função dos tipos de minerais que compõem o solo. Assim, solos menos intemperizados tendem a disponibilizar mais nutrientes para as plantas devido à presença de minerais primários.

46) Apresentar as variações de exportação de macronutrientes (N) e micronutrientes (Zn) por grãos e resíduos de milho e a sua possível variação entre genótipos. Considerando os valores do quadro abaixo indique a quantidade de nutrientes exportados totalmente com a colheita dos grãos e na colheita de 30 % dos resíduos (parte aérea menos os grãos) do milho.

	Concentração N		Concentração Zn		Produção	
	Grão	Resíduo	Grão	Resíduo	Grão	Resíduo
	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		kg ha ⁻¹	
Híbridos simples	15	6,5	25	10	8000	7500
Cultivar comercial	16	7,5	27	11	5000	9000
Cultivar crioula	17	9	22	10	4000	9000

Exportação = Concentração x Produção

N – híbridos simples

120 e 48,75 kg ha⁻¹ de N no grão e no resíduo, respectivamente.

Zn – híbrido simples

200 e 75 g ha⁻¹ de Zn no grão e no resíduo, respectivamente.

30 % resíduo

48,75 kg de N ha⁻¹ ----- 100 %

X kg de N ha⁻¹ ----- 30 %

X = 14,62 kg de N ha⁻¹

75 g de Zn ha⁻¹ ----- 100 %

X g de Zn ha⁻¹ ----- 30 %

X = 22,5 g de Zn ha⁻¹

N – cultivar comercial

75 e 67,5 kg ha⁻¹ de N no grão e no resíduo, respectivamente.

Zn – cultivar comercial

125 e 99 g ha⁻¹ de Zn no grão e no resíduo, respectivamente.

30 % resíduo

67,5 kg de N ha⁻¹ ----- 100 %

X kg de N ha⁻¹ ----- 30 %

X = 20,25 kg de N ha⁻¹

99 g de Zn ha⁻¹ ----- 100 %

X g de Zn ha⁻¹ ----- 30 %

X = 29,7 g de Zn ha⁻¹

N – cultivar crioula

68 e 81 kg ha⁻¹ de N no grão e no resíduo, respectivamente

Zn – cultivar crioula

88 e 90 g ha⁻¹ de Zn no grão e no resíduo, respectivamente

30 % resíduo

81 kg de N ha⁻¹ ----- 100 %

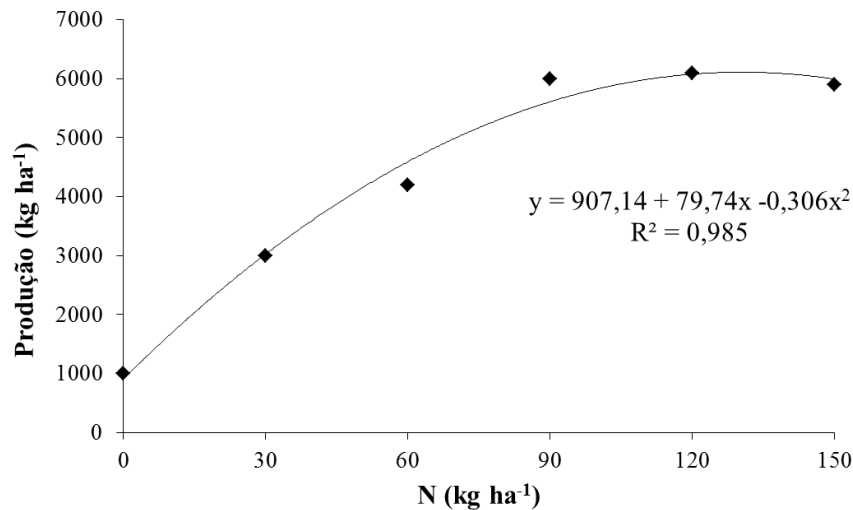
X kg de N ha⁻¹ ----- 30 %

X = 24,3 kg de N ha⁻¹

90 g de Zn ha⁻¹ ----- 100 %

X g de Zn ha⁻¹ ----- 30 % = 27 g de Zn ha⁻¹

47) Sabe-se que o nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais exigidos pela cultura do milho. A partir dos dados mostrados no gráfico abaixo em que no eixo X estão as doses de N aplicadas (plantio + cobertura) e no eixo Y a produção obtida, obteve-se a equação quadrática que representa os dados. A partir da equação como pode ser calculada: a) a dose em que se obtém a máxima produção e b) a máxima produção.



➤ **Dicas:** Qualquer função do 2º grau do tipo $f(x) = a + bx + cx^2$, com $c \neq 0$ é representada graficamente por uma parábola e a concavidade da parábola varia de acordo com o coeficiente c . Ou seja:

Se $c < 0 \rightarrow$ a concavidade da parábola é voltada para baixo.

Se $c > 0 \rightarrow$ a concavidade da parábola é voltada para cima.

Neste caso $c < 0$, então a concavidade da parábola é voltada para baixo.

Além disso, se a concavidade for voltada para baixo, a função apresenta ponto de máximo absoluto e se a concavidade for voltada para cima, a função apresenta ponto de mínimo absoluto.

As coordenadas dos vértices X e Y da parábola são dadas por:

$$X = \frac{-b}{2c}$$

$$Y = \frac{-\Delta}{4c}$$

Portanto, ao calcularmos o ponto de máxima no eixo X estaremos calculando a dose de N que representa a máxima produção. E ao calcularmos o ponto de máxima no eixo Y estaremos calculando a máxima produção.

a) dose em que se obtém a máxima produção

$$X = \frac{-b}{2c}$$

$$X = \frac{-79,74}{2 (-0,306)}$$

$$X = 130 \text{ kg/ha de N}$$

b) máxima produção

$$Y = \frac{-\Delta}{4c}$$

$$Y = \frac{-[79,74^2 - 4 (-0,306) * (907,14)]}{4 (-0,306)}$$

$$Y = \frac{-[6358,5 - (-1110,3)]}{-1,122}$$

$$Y = \frac{-7468,8}{-1,122}$$

$$Y = 6102 \text{ kg/ha de milho}$$

48) Saber a quantidade de nutrientes aplicados via foliar é necessário para não aplicar doses elevadas que causem toxidez tão pouco doses abaixo do ideal. Calcule quanto de cada elemento é adicionado com adubação foliar, seguindo a recomendação a partir dos produtos comerciais Ultrassuper e Thebest, ambos para a cultura da alface.

Ultrassuper - Dados do produto

$B = 0,36 \%$ (m/m – massa/massa)

$Cu = 0,9 \%$

$Fe = 1,80 \%$

$Zn = 0,09 \%$

$Co = 0,009 \%$

$Mo = 0,009 \%$

$Mn = 0,9 \%$

$Densidade = 1,28 \text{ g/cm}^3 \text{ a } 25^\circ \text{ C}$

Recomendação para alface: 625 mL/ha

Mo e Co = 0,009 %

$D = M / V$

$1,28 = m / 625$

$m = 800 \text{ g}$

800 g ----- 100 %

X ----- 0,009 %

$X = 0,072 \text{ g de Mo e Co/ha}$

Mn e Cu = 0,9 %

$D = M / V$

$1,28 = m / 625$

$m = 800 \text{ g}$

800 g ----- 100 %

X ----- 0,9 %

$X = 7,2 \text{ g de Mn/ha}$

$B = 0,36 \%$

$D = M / V$

$1,28 \text{ g} = m / 625$

$m = 800 \text{ g}$

800 g ----- 100 %
 X ----- 0,36 %
 X = 2,88 g de Zn/ha

Fe = 1,9 %
 $D = M / V$
 $1,28g = m/625$
 $m = 800 \text{ g}$
 800 g ----- 100 %
 X ----- 1,8 %
 X = 14,4 g de Fe/ha

Thebest - Dados do produto:

$Mn = 27,4 \%$
 $D = 1,827 \text{ g/cm}^3$
recomendação para alface (não protegida) = 1 L/ha

$D = M / V$
 $1,827 = m/1000$
 $m = 1827 \text{ g}$
 1827 g ----- 100 %
 X ----- 27,4 %
 X = 500,6 g de Mn/ha

- **Dica:** A adubação foliar é uma excelente ferramenta na correção de problemas nutricionais, principalmente para micronutrientes e Ca. Em alguns casos, a aplicação de apenas um nutriente em maior concentração pode atender a demanda da planta em caso de uma necessidade. Contudo, em muitos casos são realizadas misturas com diversos nutrientes em pequena concentração que na maioria dos casos não atenderão a demanda da planta.

Produção vegetal



Informações para as questões 49 e 50

1 alqueire (alq)	2,42 ou 4,84 hectare (ha)
1 hectare (ha)	10.000m ²
1 alqueire (alq) - paulista	24.200 m ²
1 alqueire (alq) - mineiro	48.400 m ²
1 litro (alq/40)	605 m ²
1 quarta (1/4 de alq)	6050 m ²
1 acre	4047 m ²
1 mou (mu)	666,5 m ² (unidade chinesa de área – 1/15 ha)
bushel	35 L
1 bushel - soja	60 libras
1 bushel - milho	54 libras
1 libra	454 g

49) As unidades de medida utilizadas localmente dificultam comparações, por isso é interessante padronizar as unidades, adotando como base as unidades internacionais de medida. Um produtor aplicou 750 kg de um formulado em 1 alqueire e produziu 160 sc/alq de soja. Transforme para a unidade internacional (kg/ha).

$$1 \text{ ha} \text{ ----- } 10.000 \text{ m}^2$$

$$X \text{ ha} \text{ ----- } 24.200 \text{ m}^2$$

$$X = 2,42 \text{ ha}$$

$$1 \text{ alq} = 2,42 \text{ ha}$$

$$750 \text{ kg/alq} = 750 \text{ kg}/2,42 \text{ ha} = 310 \text{ kg/ha do formulado}$$

$$1 \text{ saca/alq} \rightarrow 60 \text{ kg/alq} \rightarrow 60 \text{ kg}/2,42 \text{ ha} \rightarrow 24,8 \text{ kg/ha ou aproximadamente } 2500 \text{ kg/ha}$$

$$160 \times 24,8 = 3968 \text{ kg/ha}$$

$$\text{Ou } 120 \text{ sacas/alq} \rightarrow 120 \times 60 \text{ kg/alq} \rightarrow 7200 \text{ kg/alq} \rightarrow 7200 \text{ kg}/2,42 \text{ ha} \rightarrow 3968 \text{ kg/ha}$$

50) As unidades de medida relacionadas a produção agrícola utilizadas nos Estados Unidos são diferentes das brasileiras, portanto, são importantes para conversões dos dados, por exemplo, para análise econômico-produtiva. Um produtor americano produziu 50 bushel/acre de soja. Qual a produtividade em sc/ha, sc/alq e kg/ha?

$$50 \text{ bushel/1 acre} = ?/4050 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ bushel} = 60 \text{ libras}$$

$$1 \text{ libra} = 454 \text{ g}$$

$$1 \text{ libra} \text{ ----- } 454 \text{ g}$$

$$60 \text{ libras} \text{ ----- } X \text{ g}$$

$$X = 27.240 \text{ g ou } 27,24 \text{ kg}$$

$$1 \text{ bushel} \text{ ----- } 27,24 \text{ kg}$$

$$50 \text{ bushel} \text{ ----- } X \text{ kg}$$

$$X = 1362 \text{ kg}$$

$$50 \text{ bushel/1 acre} = 1362 \text{ kg}/4050 \text{ m}^2$$

$$1362 \text{ kg} \text{ ----- } 4050 \text{ m}^2$$

$$X \text{ kg} \text{ ----- } 10.000 \text{ m}^2 (1\text{ha})$$

$$X = 3362 \text{ kg/ha}$$

$$3362 \text{ kg}/60 \text{ kg (saca de soja)} = 56 \text{ sc/ha}$$

$$56 \text{ sc} \text{ ----- } 1 \text{ ha}$$

$$X \text{ sc} \text{ ----- } 2,42 \text{ ha}$$

$$X = 135,64 \text{ sc/alq}$$

$$1 \text{ bushel/acre} = 27,24 \text{ kg}/0,4050 \text{ ha} = 67,25 \text{ kg/ha ou seja } 50 \times 67,25 = 3362 \text{ kg/ha}$$

