

Quebras de Impureza e Umidade¹

Por: Luís César da Silva

1. Introdução

O produto proveniente da área de cultivo, normalmente, apresenta teores de impureza e umidade superiores aos recomendados para comercialização, armazenagem ou processamento. Portanto, na recepção as cargas devem ser devidamente amostradas, para que sejam determinados os teores de impureza e umidade a fim de proceder aos cálculos relativos às quantidades de: (i) impurezas a ser removida pelas máquinas de pré-limpeza e limpeza; e (ii) água a ser evaporada durante a secagem.

2. Quebra de impureza

Denomina-se quebra de impureza o valor percentual a ser aplicado ao valor da massa da carga recebida para determinar a quantidade de impureza a ser removida. Entende-se por impurezas materiais estranhos à massa de grãos, como: partículas de solo, pedras e restos vegetais. E por teor de impurezas a relação percentual entre as quantidades de impureza e de produto.

Algumas empresas calculam a quebra de impureza pela simples subtração entre os teores de impurezas inicial e final (equação 01), o que, somente, é correto se o teor de impurezas final for definido como zero. Para outras situações o emprego da equação 01 não se aplica, pois conforme as regras aritméticas, para calcular a soma ou a subtração de relações (frações) os denominadores devem ser iguais. E para o caso, a razão para o teor de impureza inicial tem por denominador a quantidade de produto sujo, enquanto para o teor de impureza final o denominador é a quantidade de produto limpo.

Abstract

Dust and Moisture Shrinks

(AGAIS – Grain Storage, Agroindustry and Simulation - Technical Bulletin: AG: 01/09 - 03/24/2009, Revised: 08/26/2018)

This extension bulletin shows how to calculate correctly dust and moisture shrinks related to cleaning and drying operations in grain storage facilities. It has highlighted the importance of correct determination of dust and water quantities to be removed from received loads. Errors in determinations will be evaluated in a negative balance of received and dispatched loads of grains.

Dr. Luís César Silva – website: www.agais.com

^{1 1} Artigo Publicado na Revista: Grãos Brasil: Da Semente ao Consumo, Ano VIII, nº 34, Fev. de 2009, p. 23 - 27.

$$QI = I_i - I_f \quad \text{eq. 01}$$

$$QI = \left(\frac{I_i - I_f}{100 - I_f} \right) \times 100 \quad \text{eq. 02}$$

em que:

QI = quebra de impurezas, %;

I_i = impureza inicial, %; e

I_f = impureza final, %.

Para exemplificar, o erro no uso da equação 01, considere a recepção de uma carga de 18.500 kg com 4,0% de impurezas. Ao aplicar a equação 01, considerando o teor de impureza para armazenagem igual a 1,0%, a quebra de impureza seria de 3,00%. Ou seja, 555 kg (= 18.500 kg x 3,00%) de impurezas deveriam ser removidas do produto. No entanto, ao aplicar a equação 02, a quebra de impureza será de 3,03%, correspondendo à remoção de 560 kg de impurezas. Constata-se, portanto, que ao utilizar a equação 01, deixaria de ser computada a remoção de 5 kg de impurezas de cada carga de 18.500 kg.

Desse modo, a cada doze cargas recebidas geraria o débito de uma saca de no estoque físico (= 5 kg x 12 cargas = 60 kg), enquanto o romanceio de movimentação de cargas e armazenagem reportaria um maior valor para o estoque físico, gerando inconsistência de informação, o que afeta a gestão da unidade armazenadora.

Observação: algumas empresas agregam ao desconto de quebra de impurezas, pontos percentuais relativos aos grãos avariados.

3. Determinação da umidade dos grãos

Para o cálculo da quebra de umidade é necessário determinar a umidade inicial da carga, que pode ser expressa em base úmida ou base seca.

A umidade em base úmida, ou teor de água, é a relação percentual entre a quantidade de água presente no produto e a quantidade de produto (equação 03).

$$U = \left(\frac{Ma}{Mt} \right) \times 100 \quad \text{eq. 03}$$

em que:

U = umidade do produto, %;

Ma = massa de água contida na amostra de grãos, kg (g, ou t); e

Mt = massa total da amostra, kg (ou toneladas).

Assim, uma carga de 18.000 kg com umidade de 13,0%, corresponde afirmar que 2.340 kg é água e 15.660 kg é matéria seca. Matéria seca corresponde aos componentes dos grãos, como: carboidratos, proteínas, lipídios, minerais e vitaminas.

Quanto à umidade em base seca a determinação refere à relação entre a massa de água e a massa de matéria seca (equação 04). Portanto, para a carga citada acima a umidade em base seca será 0,15. Ou seja, para cada 1.000 kg matéria seca no produto tem-se 150 kg de água.

$$U_{bs} = \frac{Ma}{Mms} \quad \text{eq. 04}$$

em que:

U_{bs} = umidade em base seca, decimal;

Ma = massa de água contida na amostra de grãos, kg (g, ou t); e

Mms = massa de matéria seca da amostra de grãos, kg (g, ou t).

Para medir a umidade, são empregados os métodos diretos ou métodos indiretos. Enquadram como métodos diretos os procedimentos em que a massa ou o volume de água extraídos da amostra de grãos são medidos. A extração da água das amostras é realizada por meio da secagem ou destilação.

No caso da secagem, as amostras de grãos são colocadas em estufas à temperatura de 105 °C por 24 a 72 horas, sendo as amostras pesadas antes de colocar e após a retirada da estufa. Por diferença nas pesagens é quantificada a massa de água evaporada. No Brasil a determinação por meio da estufa é considerada padrão, portanto é tomado como referência para aferição dos demais procedimentos. O maior inconveniente no emprego da estufa é o tempo necessário para determinação, no mínimo 24 horas.

Para o caso da destilação, normalmente, emprega-se amostra de 100 gramas de produto, que devem ser imersas em óleo de soja. Então é procedido ao aquecimento da mistura até uma temperatura específica para cada produto, exemplo: milho 195 °C, soja 175 °C e trigo 190 °C. Desse modo, a água contida na amostra é evaporada. Para quantificar essa fração de água, o recipiente com a amostra, óleo e o termômetro é pesado antes e após o aquecimento e pela diferença dos pesos determina-se a umidade.

Outra forma de quantificar a água evaporada é proceder a condensação e coletar o volume de água em uma proveta graduada em mililitros. Assim, se a amostra de produto

for de 100 g e o volume de água coletado for 13,0 mL, a umidade do produto corresponderá a 13,0%.

Os métodos indiretos são utilizados para inferir sobre a umidade dos grãos, sendo, atualmente, mais empregando os equipamentos baseados nos princípios elétricos: resistência e capacitância.

Nos equipamentos fundamentados no princípio resistivo, como o determinador de umidade universal, a amostra de grãos é submetida a uma corrente elétrica. Quanto mais seca estiver a amostra, menor será o fluxo de corrente elétrica devido a maior resistência. Nesse determinador de umidade a corrente elétrica é obtida por meio de uma bateria ou um megômetro acionado por uma pequena manivela. Para a determinação da umidade, as amostras são pesadas e colocadas na cuba de amostra para serem prensadas conforme as especificações para cada produto. Em sequência o operador gira a manivela do megômetro e procede as leituras do megômetro e do termômetro que mede a temperatura do ambiente, supostamente, igual a temperatura da amostra. Por fim, o operador procede a leitura no disco conversor de umidade, em que, os dados de entrada são as leituras do megômetro e do termômetro.

Segundo os princípios de eletricidade, quanto maior a temperatura do resistor, menor será a resistência oferecida à passagem de corrente. Portanto, a medição da umidade em amostras com altas temperaturas pode levar a erros. Para o uso adequado do determinador de umidade universal, o ideal, é que as amostras possuam temperatura próxima a do ambiente, e umidade entre 10,0 a 20,0%.

Quanto aos equipamentos fundamentados no princípio da capacitância (dielétricos), tem-se que a cuba onde é deposita a amostra, é um capacitor constituído de duas placas metálicas. A depender das características do material entre as placas, o que se denomina meio dielétrico, o capacitor armazenará mais ou menos carga elétrica.

Internamente, os determinadores de umidade dielétricos são dotados de dois osciladores, que geram correntes elétricas em dadas frequência. O primeiro oscilador tem por componentes o capacitor formado pela cuba de amostra, enquanto o segundo é constituído por componentes eletrônicos do aparelho, que durante a operação, automaticamente, busca gerar uma frequência igual à frequência do primeiro oscilador. Ao se coincidir os valores das frequências, o que se denomina balanceamento ou sintonia, é inferida a umidade da amostra.

Os determinadores de umidade dielétricos estão sujeitos a interferência de fatores, como: (i) temperatura da amostra; (ii) teor de impureza; (iii) massa específica do produto; (iv) a forma como a amostra é depositada na câmara de medição; e (v) a variedade dos grãos. Para minimizar a influência desses fatores, os equipamentos

fabricados atualmente, apresentam alto grau de automatização, o que aprimorou a precisão. Desse modo, os órgãos governamentais recomendam o uso desses equipamentos.

4. Quebra de umidade

A quebra de umidade refere ao cálculo da quantidade de água a ser removida do produto no processo de secagem. Ao se utilizar umidade expressa em base úmida emprega-se a equação 05, e se for em base seca a equação 06.

$$QU = \frac{(U_i - U_f) \times 100}{(100 - U_f)} \quad \text{eq. 05}$$

em que:

- QU = quebra de umidade, %;
 U_i = umidade inicial em base úmida, %; e
 U_f = umidade final em base úmida, %.

$$QU_{bs} = (U_{bs_i} - U_{bs_f}) \quad \text{eq. 06}$$

em que:

- QU_{bs} = quebra de umidade em base seca, decimal;
 U_{bs_i} = umidade inicial expresso em base seca, decimal; e
 U_{bs_f} = umidade final expresso em base seca, decimal.

Nota: a demonstração da equação 05 é feita no boletim: “[Dedução da equação de quebra de umidade em grãos](#)”

5. Exemplo aplicativo – Quebras impurezas e umidade em base úmida

Suponha que uma unidade armazenadora receba 25.000 kg de milho a granel com 26,0 % de umidade e 4,0 % de impurezas. Pede-se calcular a quantidade de produto que será armazenada. Considere que as condições de armazenagem sejam 13,0% de umidade e 1,0% de impurezas.

Passo 1 - Calcular a quebra de impurezas (QI)

$$QI = \left(\frac{I_i - I_f}{100 - I_f} \right) \times 100 = \left(\frac{4,0 - 1,0}{100 - 1,0} \right) \times 100 = 3,03\%$$

Passo 2 – Calcular a quantidade de impurezas a ser removida

$$\text{Impureza removida} = 25.000 \times 3,03\% = 757,50 \text{ kg de impurezas}$$

Passo 3 – Calcular a quantidade de produto limpo

$$\begin{aligned} \text{Produto limpo} &= \text{Quantidade de produto recebida} - \text{Impureza removida} \\ &= 25.000 - 757,50 = 24.242,50 \text{ kg de produto limpo} \end{aligned}$$

Passo 4 – Calcular a quebra de umidade (QU)

$$QU = \left(\frac{U_i - U_f}{100 - U_f} \right) \times 100 = \left(\frac{26,0 - 13,0}{100 - 13,0} \right) \times 100 = 14,94\%$$

Passo 5 - Calcular a quantidade de água a ser evaporada

$$\text{Água evaporada} = \text{Produto limpo} \times QU = 24.242,50 \text{ kg} \times 14,94\% = 3.621,83 \text{ kg de água}$$

Passo 5 - Calcular a quantidade de produto armazenada

$$\begin{aligned} \text{Quantidade de produto armazenado} &= \text{Produto limpo} - \text{Água evaporada} \\ &= 24.242,50 - 3.621,83 = 20.620,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

Passo 6 - Calcular o total de descontos

$$\begin{aligned} \text{Desconto} &= \text{Quantidade de produto recebida} - \text{Quantidade de produto armazenada} \\ &= 25.000 - 20.620,67 = 4.379,33 \text{ kg} (\approx 73 \text{ sacas de } 60 \text{ kg}) \end{aligned}$$

5.1. Cálculo do desconto total relativo às quebras de impureza e umidade

Ao invés de proceder aos cálculos das quebras de impureza e umidade, separadamente, pode-se calcular o desconto total por meio da equação 07, que é empregada para elaborar tabelas de descontos. Por exemplo, na Tabela 01 são apresentados os valores de desconto total calculados considerando a umidade final igual a 13% e impurezas final 1%.

$$DE = 100 - \frac{(100 - QI) \times (100 - QU)}{100} \quad \text{eq. 07}$$

em que:

DE = desconto total relativo às quebras de impurezas e umidade, %.

Tabela 01 - Valores de desconto total para quebras de impurezas e de umidade, expresso em percentagem, ao considerar teor de umidade final igual a 13% e de impurezas 1%

Teor de umidade inicial %	Teores de iniciais impurezas (%)					
	7	6	5	4	3	2
26	20,10	19,24	18,38	17,52	16,66	15,80
25	19,02	18,15	17,28	16,41	15,53	14,66
24	17,94	17,06	16,17	15,29	14,41	13,53
23	16,86	15,96	15,07	14,18	13,28	12,39
22	15,78	14,87	13,97	13,06	12,16	11,25
21	14,70	13,78	12,86	11,95	11,03	10,11
20	13,62	12,69	11,76	10,83	9,90	8,97
19	12,54	11,60	10,66	9,72	8,78	7,84
18	11,46	10,51	9,56	8,60	7,65	6,70
17	10,38	9,42	8,45	7,49	6,53	5,56
16	9,30	8,32	7,35	6,37	5,40	4,42
15	8,22	7,23	6,25	5,26	4,27	3,29
14	7,14	6,14	5,14	4,14	3,15	2,15

Desse modo, para o exemplo acima, *DE* seria igual a 17,52% (Tabela 01), que ao ser aplicado a carga de 25.000 kg corresponderia aos descontos das quebras de impureza e de umidade igual a 4.380,00 kg (= 25.000 kg x 17,52%).

6. Exemplo aplicativo - Quebras de impurezas e umidade em base úmida e seca

Em relações comerciais, tradicionalmente, a umidade é expressa em base úmida. Mas se for considerado, que o objetivo maior na armazenagem é a conservação da massa de matéria seca, o ideal seria ter por foco, o quanto de massa de matéria seca, que está, realmente, sendo comercializada, armazenada ou processada.

Para tanto, seria necessário trabalhar com umidade expressa em base seca. Nesse caso a solução do exemplo supradescrito dar-se-ia da seguinte forma:

Dados:

- massa inicial, 25.000 kg de milho;
- umidade inicial igual a 26%, que corresponde a 0,3513 em base seca; e
- umidade para armazenagem igual a 13%, que corresponde a 0,1494 em base seca.

Observação: para converter umidade de base úmida para base seca emprega-se a equação 08.

$$U_{bs} = \frac{U}{(100-U)} \quad \text{eq. 08}$$

Passo 1 – O cálculo da quebra de impurezas seria procedido da mesma forma do exemplo anterior. Assim, é obtido 24.242,50 kg de produto limpo.

Passo 2 – Calcular a quantidade de água inicial contida na carga de produto limpo

Quantidade de água inicial = Quantidade de produto limpo x umidade inicial =
 $24.242,50 \times 26\% = 6.303,05$ kg de água

Passo 3 – Calcular a quantidade de matéria seca

Quantidade de matéria seca = Quantidade de produto limpo - Quantidade de água=
 $24.242,50 - 6.303,05 = 17.939,45$ kg de matéria seca

Passo 4 – Calcular a quebra de umidade em base seca (equação 06)

Quebra de umidade em base seca = $0,3513 - 0,1494 = 0,2019$

Passo 5 – Calcular a quantidade de água evaporada

Quantidade de água evaporada = Quantidade de matéria seca x Quebra de umidade em base seca = $17.939,45 \times 0,2019 = 3621,97$ kg de água

Passo 6 – Calcular a quantidade de produto final

Quantidade de produto final = Quantidade de matéria seca + Quantidade de água inicial – Quantidade de água evaporada = $17.939,45 + 6.303,05 - 3621,97 = 20.620,53$ kg de produto limpo e seco.

Portanto, se assim fosse procedido, para a carga de 25.000 kg, no momento da recepção seria calculado que esta conteria 17.939,45 kg de matéria seca. E quando da expedição, independente a umidade, o depositante teria o direito de resgatar os 17.939,45 kg de matéria seca.

7. Quantidade ajustada

Outra forma de determinar a redução da massa de produto mediante a limpeza ou secagem é calcular a Quantidade ajustada (Q_{aj}), equação 09

$$Q_{aj} = \frac{(100 - T_a)}{(100 - T_d)} \cdot Q_p \quad \text{eq. 09}$$

em que,

Q_{aj} - quantidade de produto ajustada (obtida), t;

T_a - teor de atual (impureza ou umidade), %;

T_d - teor de desejado (impureza ou umidade), %;

Q_p - quantidade de produto atual, t.

Exemplo 1 – Calcule a massa da carga de milho de 24.500 kg com 18,0% de umidade após ser seca para 14,0%.

$$Q_{aj} = \frac{(100 - 18)}{(100 - 14)} \cdot 24500 = 23.360 \text{ kg de produto com } 14\% \text{ de umidade.}$$

→ Portanto, na secagem foram removida 1.140 kg de água (= 24.500 – 23.360).

A equação 09 também pode ser utilizada para calcular o debito de produto em razão do processo de supersecagem.

Exemplo 2 – Por erro operacional uma carga de milho foi superseca, sendo constatada a massa final de 34,5 t e umidade de 12,5%. Calcule qual deveria ser a massa da carga para umidade de 14%.

$$Q_{aj} = \frac{(100 - 12,5)}{(100 - 14,0)} \cdot 34500 = 35.102 \text{ kg de produto com } 14\% \text{ de umidade}$$

→ Portanto, com o erro da supersecam foi removido em excesso 602 kg de água (= 35.102 – 34.500).

A equação 09 pode também ser adaptada para calcular os descontos da quebra de impureza e umidade, equação 10.

$$Q_{aj} = \frac{(100 - I_a)}{(100 - I_d)} \times \frac{(100 - U_a)}{(100 - U_d)} \cdot Qp_a \quad \text{eq. 10}$$

Para exemplificar, é apresentada a solução do exemplo aplicativo descrito no item 5. Assim,

$$Q_{aj} = \frac{(100 - 4)}{(100 - 1)} \times \frac{(100 - 26)}{(100 - 13)} \cdot 25000$$

$$= 20.620 \text{ kg de milho com } 13\% \text{ de umidade e } 1\% \text{ de impureza.}$$

8. Ponderações finais

Neste artigo são apresentadas equações básicas para os cálculos das quebras de impureza e umidade. Pode ocorrer que algumas empresas agreguem as essas quebras pontos percentuais correspondentes à cobrança de prestações de serviços, como: descarga, secagem e tratamento para controle de pragas. Desse modo, o cliente estará pagando por esses serviços na forma de produto. Portanto, cabe cliente ter conhecimento das rotinas de cálculo desses procedimentos, e analisar se esta prática não o prejudica financeiramente.

Por outro lado, para os gestores de unidades armazenadoras é importante: (i) não cometer erros na amostragem das cargas; (ii) manter aferidas balanças e determinadores de umidade; e (iii) adotar metodologias adequadas para aplicação dos índices de quebras de impureza e umidade. Tomando esses cuidados não ocorrerão balanços negativos quanto da movimentação de produtos.

9. Referências

BROOKER, D. B., BAKKER ARKEMA, F. W., HALL, C. W. **Drying cereal grains**. Westport: The Avi Publishing Company, Inc., 1974. 256 p.

SILVA, J. S. [editor] **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. 509 p.

SILVA, J. S.; BEBERT, P. A. **Colheita, secagem e armazenagem de café**. Juiz de Fora: Editora Aprenda Fácil, 1999. 137 p.

SILVA, L. C. **Armazenagem de grãos e oleaginosas**. [Notas de aula]. Alegre: UFES, 2008. 105 p.

WEBER, E. A. **Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos**. Canoas: Salles Editora 2005. 586p.

