

Calibração de turbopulverizador culturas arbóreas e

arbustivas

Ajustar o conjunto ventilador e barra, medir a velocidade real, calcular a vazão necessária por ponta de pulverização e converter a dose da bula em produto por tanque. Método matemático, com o método das tentativas como alternativa.

✓ QUANDO EXECUTAR

No início de cada safra e de cada operação; após troca de ponta de pulverização, manutenção ou reparo; a cada mudança de cultura, de porte da copa, de alvo ou de volume recomendado.

✗ NÃO EXECUTAR SE

Houver vazamento; o manômetro não estiver aferido; as pontas forem de cone ajustável; a tomada de potência não atingir 540 rpm na marcha de trabalho; o local não for seguro para acionar a cortina de ar.

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Proveta graduada Cronômetro Trena de 50 m
Estacas Manômetro aferido Tacômetro Água limpa
Papel hidrossensível Tabela do fabricante da ponta
Calculadora

EPI OBRIGATÓRIO

Luvas nitrílicas Óculos panorâmicos Protetor auricular
Botas de cano alto Macacão

Ajustar o conjunto e medir BLOCOS A-B

A VERIFICAÇÃO E AJUSTE DO CONJUNTO

- 1 Verifique vazamentos, filtros, manômetro e o estado das pontas de pulverização.
- 2 Confirme que as pontas são cônicas, de jato vazio ou cheio.
↳ ponta de cone ajustável não é recomendada, pela dificuldade de repetibilidade em posições intermediárias
- 3 Ajuste os defletores para confinar a cortina de ar à cultura-alvo.
- 4 Feche as pontas que pulverizarem acima do topo do alvo ou fora da faixa.
- 5 Ligue a tomada de potência a **540 rpm**.
↳ o ventilador é dimensionado para essa rotação; a velocidade se regula só por troca de marcha

B MEDIÇÃO EM CAMPO

- 6 Marque 50 m no terreno.
- 7 Meça o espaçamento entre plantas na linha (**e**) ou entre linhas (**E**).
↳ e para volume por planta; E para volume por hectare
- 8 Selecione a marcha e percorra os 50 m a partir de 5 m antes da marca, cronometrando o tempo.
- 9 Leia na bula o volume recomendado (VR) e confirme a unidade em que ele está expresso.

PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE

- **Velocidade se regula por troca de marcha**, nunca alterando a rotação do motor. O ventilador é dimensionado para 540 rpm na tomada de potência.
- Velocidade típica não passa de **4,0 km/h**. Muito baixa desperdiça produto, tempo e combustível; muito alta não troca o ar interno da copa.
- **Duas unidades, conforme a cultura**: L/planta em citros e manga, L/ha em café e uva. Escolher a unidade errada erra a dose inteira.
- Gota grande fica pesada e se deposita na parte externa da copa, com má penetração. Gota muito fina evapora ou se perde por corrente de convecção.

SEGURANÇA

- A cortina de ar sai a alta velocidade. Ninguém permanece na faixa de sopro durante a operação.
- Trajeto de teste livre de pessoas: a tomada de potência gira com partes móveis expostas.
- Ajuste a pressão com o trator parado.
- Calibre com água limpa, nunca com calda. Use protetor auricular.

Calcular, ajustar e conferir no alvo BLOCOS C-D

C CÁLCULO E AJUSTE DAS PONTAS

- 10 Calcule a velocidade pelo cálculo 1 e a vazão da barra pelo cálculo 2.
- 11 Consulte a tabela do fabricante e escolha a ponta e a pressão que entregam a vazão por ponta calculada.
- 12 Ajuste a pressão com o trator parado.
- 13 Colete a vazão real de várias pontas por 1 minuto.
↳ nenhuma pode variar mais de 10% da média, e a média não pode variar mais de 10% do valor calculado

D VERIFICAÇÃO NO ALVO E DOSE

- 14 Avalie a deposição real na copa com papel hidrossensível, conforme o TA-POP-10.
- 15 Confira a distribuição entre os setores superior e inferior da copa.
- 16 Calcule a dose de produto por tanque pelo cálculo 4.
↳ antes, calcule o volume de vegetação pelo cálculo 3 (Bloco E) — V_c é insumo obrigatório do cálculo 4
- 17 Registre marcha, rotação, pressão, ponta, vazão e volume obtido.

O PRINCÍPIO: TROCAR O AR DA COPA

- O turbopulverizador troca o ar seco da folhagem por ar saturado de gotículas.
- Depende de três variáveis: vazão de ar do ventilador, velocidade de deslocamento e tamanho da copa.
- Defletor de **simples escoamento** concentra ar nas partes baixas, indicado para arbustos como café e videira.
- Defletor de **duplo escoamento** reforça a parte superior do jato, para atingir o ponteiro de plantas altas.

CONVENCIONAL OU DIFERENCIADA

- Distribuição **convencional** usa pontas idênticas: serve quando a densidade foliar é homogênea em toda a copa.
- Distribuição **diferenciada** combina pontas de vazões distintas por setor, para concentrar calda nas zonas de maior massa foliar.
- Fruteiras costumam usar cerca de 30% do volume no setor superior e 20% no inferior, por lado.
- A divisão real se verifica com papel hidrossensível, não se adota por tabela.

Dois caminhos para chegar ao volume ESTE POP ADOTA O MATEMÁTICO

MÉTODO	COMO FUNCIONA	QUANDO USAR
Tentativas	Enche o tanque até a marca, pulveriza uma área demarcada e mede a água necessária para reabastecer até a mesma marca	Mais simples e mais demorado. Dispensa cálculo, mas exige demarcação e reabastecimento controlado
Matemático	Mede velocidade e espaçamento, calcula a vazão necessária e seleciona ponta e pressão pela tabela do fabricante	Mais rápido e com mais conta. É o método dos blocos B e C deste POP

Área de teste do método das tentativas. Para volume por planta, demarque **100 covas** em cultura baixa, como café, ou **10 covas** em cultura alta, como citros. Para volume por hectare, percorra a distância que cobre 100 m², ou seja **100 ÷ E**, e multiplique o volume gasto por **100** se pulverizar os dois lados da rua ao mesmo tempo, ou por **200** se pulverizar um lado só.

Antes de calcular, confira as unidades. Para volume por planta use velocidade em **m/s**; para volume por hectare use **km/h**. Espaçamentos em metros, vazão em L/min, volume em L/ha ou L/planta. Trocar a unidade da velocidade entre as duas fórmulas é o erro mais comum deste bloco.

1 Velocidade de deslocamento

a mesma marcha que será usada na aplicação

$$V \text{ (m/s)} = \frac{50}{T}$$

$$V \text{ (km/h)} = \frac{50}{T} \times 3,6$$

T tempo para percorrer os 50 m (s), medido com a tomada de potência a 540 rpm e começando 5 m antes da marca.

EXEMPLO RESOLVIDO · 50 m EM 45 s

$$V = 50 \div 45 = 1,111 \text{ m/s}$$

$$V = 1,111 \times 3,6$$

$$V = 4,0 \text{ km/h}$$

2 Vazão da barra e por ponta

duas fórmulas, uma por unidade da bula

$$\text{L/planta: } Q = \frac{60 \times V \times VR}{e}$$

$$\text{L/ha: } Q = \frac{V \times VR \times E}{600}$$

Q vazão total da barra (L/min) · **VR** volume recomendado na bula · **e** espaçamento entre plantas (m) · **E** espaçamento entre linhas (m). Pulverizando um lado só da rua, use **VR/2**. Vazão por ponta: **q = Q ÷ NB**, com NB = número de pontas na barra.

EXEMPLO · L/PLANTA · T 45 s (V 1,111 m/s), VR 0,8 L/PLANTA, e 3 m (ILUSTRATIVOS)

$$V \text{ em m/s} = 1,111 \text{ m/s (não } 4,0 \text{ km/h)}$$

$$Q = (60 \times 1,111 \times 0,8) \div 3 = 53,33 \div 3$$

$$Q = 17,78 \text{ L/min}$$

EXEMPLO · L/HA · VR 1.200 L/HA, E 5 m, V 4,0 km/h, 12 PONTAS (ILUSTRATIVOS)

$$Q = (4,0 \times 1.200 \times 5) \div 600 = 24.000 \div 600 = 40 \text{ L/min}$$

$$q = 40 \div 12$$

$$q = 3,33 \text{ L/min por ponta}$$

3 Volume de vegetação

o análogo arbóreo do índice de área foliar

$$VV = \frac{10.000 \times A \times C}{F}$$

$$V_c = \frac{VV \times V_g}{1.000}$$

VV volume de vegetação (m³/ha) · **A** altura da árvore (m) · **C** largura de copa (m) · **F** distância entre fileiras (m) · **V_g** volume de calda por 1.000 m³ de vegetação, faixa usual de **20 a 30 L**. Para árvore isolada: **Va = A × C²**.

EXEMPLO · A 5 m, C 3 m, F 5 m, V_g 30 L/1.000 m³

$$VV = (10.000 \times 5 \times 3) \div 5 = 30.000 \text{ m³/ha}$$

$$V_c = (30.000 \times 30) \div 1.000$$

$$V_c = 900 \text{ L/ha}$$

4 Produto por tanque

fechando a dose

$$P_t = \frac{D}{V_c} \times V_{\text{tanque}}$$

D dose da bula (L/ha) · **V_c** volume de calda calibrado (L/ha) · **V_{tanque}** capacidade do tanque (L). Quando a bula expressar a dose por concentração, como 150 mL/100 L, multiplique-a pelo volume do tanque dividido por 100.

EXEMPLO · DOSE 2,0 L/HA, V_c 900 L/HA (RESULTADO DO CÁLCULO 3), TANQUE 2.000 L (ILUSTRATIVOS)

$$P_t = (2,0 \div 900) \times 2.000$$

$$P_t = 4,44 \text{ L por tanque}$$

Ventilador axial · parâmetros de referência

O AR É PARTE DA CALIBRAÇÃO

PARÂMETRO	FAIXA TÍPICA
Vazão de ar	570 a 870 m³/min
Velocidade do ar	112 a 150 km/h
Rotação da tomada de potência	540 rpm
Velocidade de deslocamento	até 4,0 km/h
Volume de calda por volume de vegetação	20 a 30 L por 1.000 m³

O tamanho de gota depende da **velocidade do ar**, e não da vazão. Daí nasce um impasse de regulagem: a velocidade de ar ideal para o espectro desejado pode não coincidir com a vazão de ar necessária para movimentar a massa foliar. Nesse caso, a **velocidade de deslocamento** é o parâmetro usado para conciliar os dois objetivos.

Frequência QUANDO RECALIBRAR

EVENTO	AÇÃO
Início de safra e de cada operação	Calibrar
Troca de ponta de pulverização, manutenção ou reparo	Recalibrar
Mudança de cultura, de alvo ou de volume recomendado	Recalibrar
Crescimento da copa entre safras	Recalcular o volume de vegetação e o volume de calda
Sinal de má penetração ou de escorrimento na copa	Reavaliar a deposição pelo TA-POP-10 antes de mudar produto ou dose

Registro da operação EVIDÊNCIA DA CALIBRAÇÃO

DATA	OPERADOR	CULTURA	A / C / F (M)	VR	MARCHA	V (KM/H)	PONTA	PRESSÃO	q (L/MIN)	PROD./T ANQUE	ASSIN. RT
__/__/__	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
__/__/__	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
__/__/__	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Referências normativas

NR-31 · segurança no trabalho rural
ABNT NBR ISO 16122 · inspeção de pulverizadores
ISO 5682 · equipamentos de pulverização
ASABE S572.1 · classificação do espectro de gotas de pontas de pulverização
ASABE S572.3 · classificação do espectro de gotas de pontas de pulverização (rev.)
ISO 25358 · classificação do espectro de gotas e leitura de catálogo de ponta
Bula do produto e tabela do fabricante da ponta



Aula 10 · material de apoio

Autoria. Prof. Dr. Anísio da Silva Nunes, Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat), Campus de Tangará da Serra. Material didático da disciplina Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários. © 2026. **Uso.** Licenciado sob Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Compartilhável 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0): a cópia, a adaptação e o uso em ensino e extensão são livres, desde que citada a autoria e mantida a mesma licença. **A exploração comercial, a venda e a revenda deste documento, isolado ou integrado a outro material, não estão autorizadas.**