

# Os Sistemas Electrónicos de Regulação de Débito nos Pulverizadores

→ A diminuição da quantidade de calda a aplicar por unidade de superfície, com o objectivo de aumentar o rendimento em trabalho e melhorar a oportunidade na execução dos tratamentos, é, hoje em dia, um imperativo na aplicação dos produtos fitossanitários. Assim, quanto menor for a quantidade de calda a aplicar por unidade de superfície, mantendo constante a quantidade de substância activa, mais importante se torna a precisão da regulação do débito, obtida com os sistemas de regulação electrónica.







Fernando A. Santos\* e Joaquim M. Alonso\*

## 1 – Sistema de regulação de débito constante.

Nos pulverizadores, o sistema de regulação de débito constante (pressão constante), permite obter um débito uniforme, mantendo as características dimensionais das gotas, mas conduz, se a velocidade de deslocamento se alterar, à variação do volume aplicado por unidade de superfície. Os sistemas de regulação de débito variável permitem, ao contrário dos anteriores, manter constante o volume por hectare, mas as características dimensionais das gotas alteram-se.

A Fig. 1 ilustra os diferentes tipos de regulação.

O sistema de regulação deve, pois, ser esco-

Pressão constante (PC)				Débito proporcional ao regime motor (DPM)			
							
Terreno	Subida	Descida	Patinar	Terreno	Subida	Descida	Patinar
Regime motor	↘	↗	→	Regime motor	↘	↗	→
Velocidade	↘	↗	→	Velocidade	↘	↗	→
Débito (l/min)	→	→	→	Débito (l/min)	↘	↗	→
Volume (l/ha)	↘	↗	→	Volume (l/ha)	↘	↗	→
Pressão	→	→	→	Pressão	↘	↗	→
s.a./ha	↘	↗	→	s.a./ha	→	→	→
Resultado	Dose >	Dose <	Dose >	Resultado	Dose =	Dose =	Dose <







Débito proporcional ao avanço (DPA) Débito proporcional electrónico (DPE)				Concentração proporcional ao avanço (CPA)			
							
Terreno	Subida	Descida	Patinar	Terreno	Subida	Descida	Patinar
Regime motor	↘	↗	→	Regime motor	↘	↗	→
Velocidade	↘	↗	→	Velocidade	↘	↗	→
Débito (l/min)	↘	↗	→	Débito (l/min)	↘	↗	→
Volume (l/ha)	→	→	→	Volume (l/ha)	↘	↗	→
Pressão	↘	↗	→	Pressão	↘	↗	→
s.a./ha	→	→	→	s.a./ha	→	→	→
Resultado	Dose =	Dose =	Dose =	Resultado	Dose =	Dose =	Dose =

Figura 1 – Efeitos comparativos dos diferentes princípios de regulação.

Fonte: Boisgontier (1990)

lhido em função das condições de utilização, ou seja, se a velocidade se mantiver ± constante, o que acontece quando o escorregamento do tractor é mínimo, o sistema de débito constante é suficiente, mas, para situações em que se prevejam variações de velocidade, os sistemas de regulação de débito variável são os mais indicados.

### 1.1 – Regulação de débito nos pulverizadores de débito constante

Antes de proceder à regulação de débito nos

pulverizador de pressão constante é necessário verificar:

- o estado geral do pulverizador, nomeadamente as condutas da calda e ar e as juntas dos bicos;
- o circuito da calda, para se certificar se está perfeitamente limpo;
- a lubrificação das transmissões, articulações, bomba, etc.;
- a tensão das correias e suas protecções;
- a pressão do amortecedor de ar, que, caso não disponhamos de indicações do constru-

tor, deve estar compreendido entre 0.6 a 0.8 da pressão de trabalho.

Para proceder à regulação de um pulverizador de débito constante, depois de efectuadas as operações prévias mencionadas, deve-se ter em atenção:

- o volume de caída a espalhar por hectare (Q), em l/ha, função da cultura, do pulverizador, do tipo de tratamento e do produto a utilizar;
- a velocidade de trabalho (v), em km/h, que deve ser a mais elevada possível, tendo em conta a cultura, o estado do terreno e do material e o regime normalizado da TDF.

Com os dois factores anteriores fixos e tendo em conta a largura de trabalho do equipamento (L), em m, calcula-se o débito do pulverizador (Dc), em l/min. mediante a fórmula:

$$Dc = \frac{Q * v * L}{600}$$

O débito dos bicos depende basicamente do seu calibre e pressão, devendo ter-se presente que esta não deve variar para além dos valores dados pelo fabricante.

Exemplo:

$$Q = 500 \text{ l};$$

$$L = 2 \text{ m};$$

$$v = 3.6 \text{ km/h}$$

$$Dc (\text{l/min}) = 500 * 3.6 * 2 / 600 = 6 \text{ l/min}$$

### 1.1.1 – Escolha do calibre e verificação dos bicos

A escolha do calibre dos bicos faz-se tendo em atenção as pressões de funcionamento aconselhadas, por forma a obter-se o valor de débito desejado. As pressões de funcionamento dos diferentes tipos de bicos são definidas em função do tipo de tratamento. Pressões baixas conduzem a gotas de grande dimensão, que têm tendência para escorrer para o solo, enquanto as pressões mais altas permitem obter um maior número de impactos, gotas mais pequenas e uma repartição mais homogénea.

A gama de pressões, em bar, normalmente indicada para os diferentes tipos de bicos é a seguinte:

Bicos de fenda – 2 a 3;

Bicos de turbulência – 2 a 20;

Bicos de filete – 1 a 2;

Bicos de espelho – 0.5 a 1.5.

Assim, utilizando as tabelas fornecidas pelos fabricantes, onde são apresentados, para cada tipo de bico, os débitos, em l/min. em função da pressão, selecciona-se o calibre que permite uma maior aproximação ao valor desejado, utilizando-se, depois, a pressão para fazer a sua correcção.

As utilizações dos diferentes bicos são as seguintes:

- bicos de fenda, para distribuição num solo nu ou fracamente recoberto, como a aplicação de herbicidas ou fungicidas sistémicos;
- bicos de turbulência, na cobertura de vegetação desenvolvida, especialmente em viticultura e arboricultura, quando, por exemplo, se aplicam fungicidas e insecticidas;
- bicos de filetes para distribuição de adubos líquidos;
- bicos de espelho para distribuição de adubos líquidos em suspensão.

Com a verificação dos bicos pretende-se:

- certificar que todos os bicos são do mesmo tipo, ângulo e calibre, pois, caso isto não aconteça, é preferível mudar todo o conjunto por forma a não ter bicos novos e usados em funcionamento simultâneo;
- detectar possíveis diferenças de débito.

Para se realizar esta última operação é necessário recolher, durante um determinado tempo, água de cada bico e comparar os volumes obtidos de cada um deles. Se as diferenças forem superiores a 10-15 % deve verificar-se o estado de limpeza dos bicos e do sistema em geral, procedendo-se, caso seja necessário, à sua substituição.

### 1.1.2 – Determinação da velocidade de trabalho

A velocidade de trabalho deve ser determinada em condições semelhantes àquelas em que o tractor vai trabalhar, não devendo ser utilizadas as indicadas pelo fabricante, pois estas não consideram o eventual desgaste dos pneus, a taxa de carga do motor, o nível de escorregamento, etc.

Assim, para determinar a velocidade real de trabalho (v), é necessário:

- calibrar a pressão dos pneus em função da massa do pulverizador cheio com água;
- encher o reservatório do pulverizador até meio da sua capacidade;
- marcar no campo uma distância (L), em

metros;

- percorrer o trajecto definido, com a relação de transmissão escolhida e com o regime motor que permita obter 540 rpm da TDF;
- medir, com precisão, o tempo (t), em segundos, gasto a percorrer aquela distância.

A fórmula que permite determinar a velocidade, em km/h, é a seguinte:

$$v = 3.6 * \frac{L}{t}$$

Nos pulverizadores de débito constante a velocidade e o débito variam na razão inversa.

### 1.1.3 – Determinação do débito da bomba (Db)

Para determinação do débito da bomba deve-se proceder do seguinte modo:

- encher completamente o reservatório do pulverizador;
- desmontar a ligação da conduta de retorno à saída da bomba;
- por o motor a funcionar, por forma a obter-se as 540 rpm da TDF;
- fazer funcionar a bomba durante alguns minutos (t);
- medir o volume de água (q), em litros, necessário para repor o nível inicial.

O débito da bomba (Db), em l/min. é dado pela fórmula:

$$D_b = \frac{q}{t}$$

O valor obtido deve ser sempre superior ao débito real, para que seja possível o retorno, para o reservatório, de parte da calda; este não deverá ser em grande quantidade para não provocar a alteração da substância activa e/ou a deterioração das condutas.

O volume do retorno, para que se verifique uma boa homogeneização da calda, deve ser cerca de 5% do volume do reservatório, se este tiver uma capacidade inferior a 500 l, e 10%, caso seja superior.

### 1.1.4 – Medição do débito real (Dr) e do retorno (Da)

A medição do débito real e de retorno do pul-



verizador, deve ser realizada com os bicos que se vão utilizar, e repetida sempre que se altere a pressão de funcionamento.

A realização desta operação consiste em:

- fazer funcionar o pulverizador e certificar-mo-nos que todos os bicos debitam regularmente e que não haja nenhuma fuga nos mesmos;
- regular a pressão, para obter o débito desejado;
- interromper a alimentação das rampas;
- encher completamente o reservatório;
- fazer rodar a bomba a 540 rpm;
- fazer funcionar as rampas durante alguns minutos (t);
- medir o volume de água gasto (q).

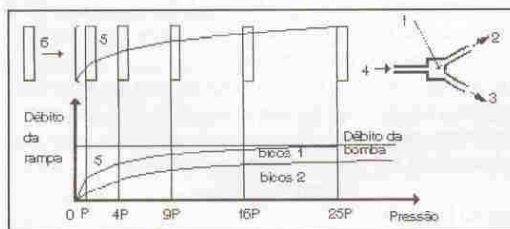
O débito real (Dr) será dado por:

$$D_r = \frac{q}{t}$$

e o débito de retorno (Da) por:

$$D_a = D_b - D_r$$

Para além do débito real do pulverizador, é fundamental verificar o débito de cada bico; que pode ser efectuado comparando os volumes obtidos em cada um deles, utilizando-se provetas graduadas; esta verificação é especialmente importante nas rampas de grande dimensão utilizadas no tratamento de culturas baixas. Variações superiores a 10-15 %, relativamente ao débito dos bicos novos, devem ser corrigidas mediante a sua substituição, e não por variação da pressão de funcionamento, pois esta altera as características da pulverização. Regra geral, volumes superiores aos originais resultam da utilização de bicos usados e volumes inferiores, indiciam que os bicos estão parcialmente entupidos.



**Figura 2 – Princípio da regulação de pressão**  
**1 – Regulador; 2 – Retorno; 3 – Rampa;**  
**4 – Saídas; 5 – Retorno; 6 – Débito da bomba**  
**Fonte: CEMAGREF (1982)**

A utilização de um banco de controlo, semelhante ao existente na Universidade de Trás os Montes e Alto Douro – UTAD, permite determinar, de uma forma expedita, a distribuição da calda nas rampas de pulverização utilizadas nas culturas baixas. A uniformidade da distribuição depende, para além do estado dos bicos, da sua inclinação e da distância da rampa ao solo.

A caracterização dimensional das gotas nestas rampas, assim como o número de impactos por unidade de área, pode ser efectuada colocando sob a rampa uma faixa de papel hidrosensível sobre a qual se faz passar o pulverizador. O papel hidrosensível é, também, utilizado para controlar a penetração e repartição da calda no interior da vegetação.

**1.1.5 – Ajustamento do débito real de pulverização**

O ajustamento do débito real de pulverização deve ser efectuado sempre que o seu valor seja inferior ao débito calculado. Esta diferença, que resulta das perdas de carga nas condutas, pode ser detectada comparando a pressão obtida ao nível do manómetro do distribuidor, com a pressão nos bicos.

Para se proceder a este ajustamento é necessário utilizar pressões de funcionamento superiores às indicadas, o que se consegue:

- regulando a pressão, até obter um débito real igual ao calculado;
- escolhendo uma nova pressão de funcionamento através de ábacos;
- calculando a nova pressão, utilizando a fórmula:

$$P_2 = P_1 * \left(\frac{D_c}{D_r}\right)^2$$

em que:

- P<sub>2</sub> é a nova pressão de funcionamento e P<sub>1</sub> a pressão inicial.

Exemplo:

- débito calculado para distribuir 500 l/ha a 3,6 km/h, numa largura de trabalho de 2 m:

$$D_c = 6 \text{ l/min}$$

- bicos escolhidos, para

distribuir 500 l/ha, com uma pressão de 2,5 bar;

- pressão no manómetro – 2,5 bar;
- débito real medido – 5 l/min.

A pressão de funcionamento será:

$$P_2 = 2,5 * (6 * 6) / (5 * 5)$$

$$P_2 = 3,6 \text{ bar}$$

**1.2 – Regulação do débito nos pulverizadores de débito variável**

Das várias alternativas de regulação de débito nos pulverizadores de débito variável, o sistema electrónico de débito proporcional ao avanço (DPA) é dos mais utilizados.

O sistema de regulação electrónico, montado num pulverizador de jacto transportado, existente na UTAD, utiliza uma electroválvula que, em função da velocidade de deslocamento do tractor, dá pressão de pulverização e das variáveis previamente introduzidas, altera a posição da electroválvula, fazendo variar o débito por forma a mantê-lo constante por unidade de superfície. A velocidade e a pressão são determinadas através da utilização de captadores.

O sistema electrónico de regulação de débito é constituído por:

- consola do sistema de monitorização ou controlo (CMS), que pode funcionar em modo de funcionamento (operacional) e em modo de programação (SET UP). Em modo operacional, utilizado durante a pulverização no campo, dá indicações sobre a velocidade de deslocamento, superfície total e parcial coberta, distância percorrida, dose aplicada etc.. Em modo de programação, permite introduzir as constantes específicas das funções a controlar, nomeadamente o factor de conversão da densidade da calda relativamente à da água, a soma do débito e pressão de referência dos bicos, o zero de pressão, a aferição do captor de velocidade, etc.. Para passar do modo de funcionamento para o de programação, ou vice-versa, é necessário carregar, durante 3 segundos, no botão SET UP;
- consola do sistema calculador-regulador (CCS) que também pode funcionar em modo operacional e em modo de programação. Em modo operacional as indicações fornecidas são, a pressão de funcionamento (dada pelos segmentos gráficos existentes

na parte superior da informação digital) e o débito instantâneo; ao ligar este equipamento aparece o valor da dose programada para a pulverização, seguindo-se os valores limite da velocidade de avanço, entre os quais o computador-regulador consegue manter o débito desejado. Em modo de programação as constantes a introduzir são a dose/ha desejada, a variação de débito admissível, a distância entre os bicos, a pressão de abertura da válvula, etc.. Para passar do modo de funcionamento para o de programação ou vice-versa é necessário carregar durante 3 segundos no botão OPER/SET UP;

- interruptor ou módulo de comando, que permite iniciar ou interromper a pulverização e que tem três posições (ON, AUTO, FLUSH);
- electroválvula de controlo, cujo tempo de resposta, desde a abertura até ao fecho total, é de 2 s;
- captor de pressão, que no caso presente permite trabalhar entre 0 e 7 bar de pressão, medindo, em permanência, a pressão no circuito;
- radar, de efeito DOPPLER, para medir a velocidade real de deslocamento;
- cabos eléctricos que permitem a ligação entre os componentes.

Os dois sistemas apresentados, o de controlo e o computador-regulador, podem ser montados isoladamente, sendo os restantes componentes comuns a cada um deles.

**2 - Comparação entre as prestações do pulverizador sem e com sistema electrónico de regulação de débito**

Para comparar as prestações do pulverizador, sem e com o sistema electrónico de regulação de débito, fizeram-se vários ensaios utilizando a relação de transmissão que permite, para o regime normalizado da TDF, uma velocidade de  $\pm 4$  km/h.

As variáveis utilizadas foram as seguintes:

- tipos de piso;
- inclinação do terreno;
- bicos (pastilhas de 1 e 1.2 mm);
- pressões de funcionamento (3 e 5 bar).

Da análise dos valores obtidos nos ensaios pode-se tirar as seguintes conclusões:

- a utilização do sistema de regulação elec-

trónico permite obter, desde que se trabalhe dentro da gama de velocidades indicadas no computador-regulador, valores de débito muito semelhantes ao débito introduzido pelo operador, ou seja, este equipamento "corrige" a deficiente regulação introduzida pelo operador. Os valores obtidos com o sistema electrónico, para um débito de 500 l/ha, variaram entre 493-511 l/ha e sem ele entre 405-793 l/ha;

- em solo mobilizado e não mobilizado não há diferenças significativas no que respeita aos valores dos débitos, o que está de acordo com a determinação da velocidade de translação previamente medida nas duas situações. A mobilização do solo consistiu numa escarificação a  $\pm 6$  cm de profundidade;
- os valores de débito determinados em campo, sem o sistema electrónico e em situações de declive descendente, são semelhantes aos obtidos em estação, extrapolados para o hectare;
- em situações de declive nulo ou ascendente e sem o sistema electrónico, os valores determinados no campo, afastaram-se dos determinados em estação, atingindo-se aumentos de 17%.

Dos resultados obtidos, é possível, em função do acréscimo de débito que se verifica nas situações mais desfavoráveis, determinar o aumento dos encargos por hectare com os tratamentos e, assim, definir a área, a partir da qual se justifica a sua aquisição. □

**Bibliografia**

Alonso, J. (1995). Comparação das prestações de um pulverizador de jacto transportado sem e com computador-regulador electrónico de débito. Vi-

la Real. UTAD. 75 pp.

Boisgontier, D. (1990). Pulverisation et choix du pulverisateur. Perspectives Agricoles 147: 88-97

CEMAGREF (1982). Livre du Maitre - Les matériels de protection des cultures. 4<sup>ème</sup> Partie. Antony. CEMAGREF

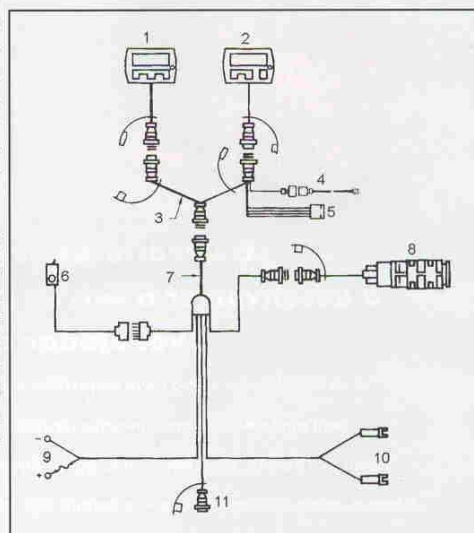
Dickey - John. Controlador de pulverização DJ CMS 100. Manual de operação e montagem.

Dickey - John. Calculador-regulador de pulverização DJ CCS 100. Manual de operação e montagem.

Santos, F. (1992). Estudo e adaptação de um pulverizador de jacto transportado à cultura da vinha instalada em patamares na Região Demarcada do Douro. Vila Real. UTAD. 256 pp.

Santos, F. (1995). Equipamentos para tratamentos de culturas. Vila Real. UTAD. 60 pp.

\* Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro



**Figura 3 - Representação do sistema de controlo electrónico com o sistema computador-regulador. 1 - Consola do computador-regulador; 2 - Consola de monitorização; 3 - Cabos; 4 - Cabos de ligação à ignição; 5 - Ligações para os sectores das rampas; 6 - Módulo de comando; 7 - Feixe principal; 8 - Radar; 9 - Ligação à bateria; 10 - Ligações opcionais; 11 - Conjunto de cabos auxiliares**  
Fonte: DICKEY - John