

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro



Os Tratamentos Fitossanitários na Agricultura de Precisão

Fernando A. Santos

fsantos@utad.pt

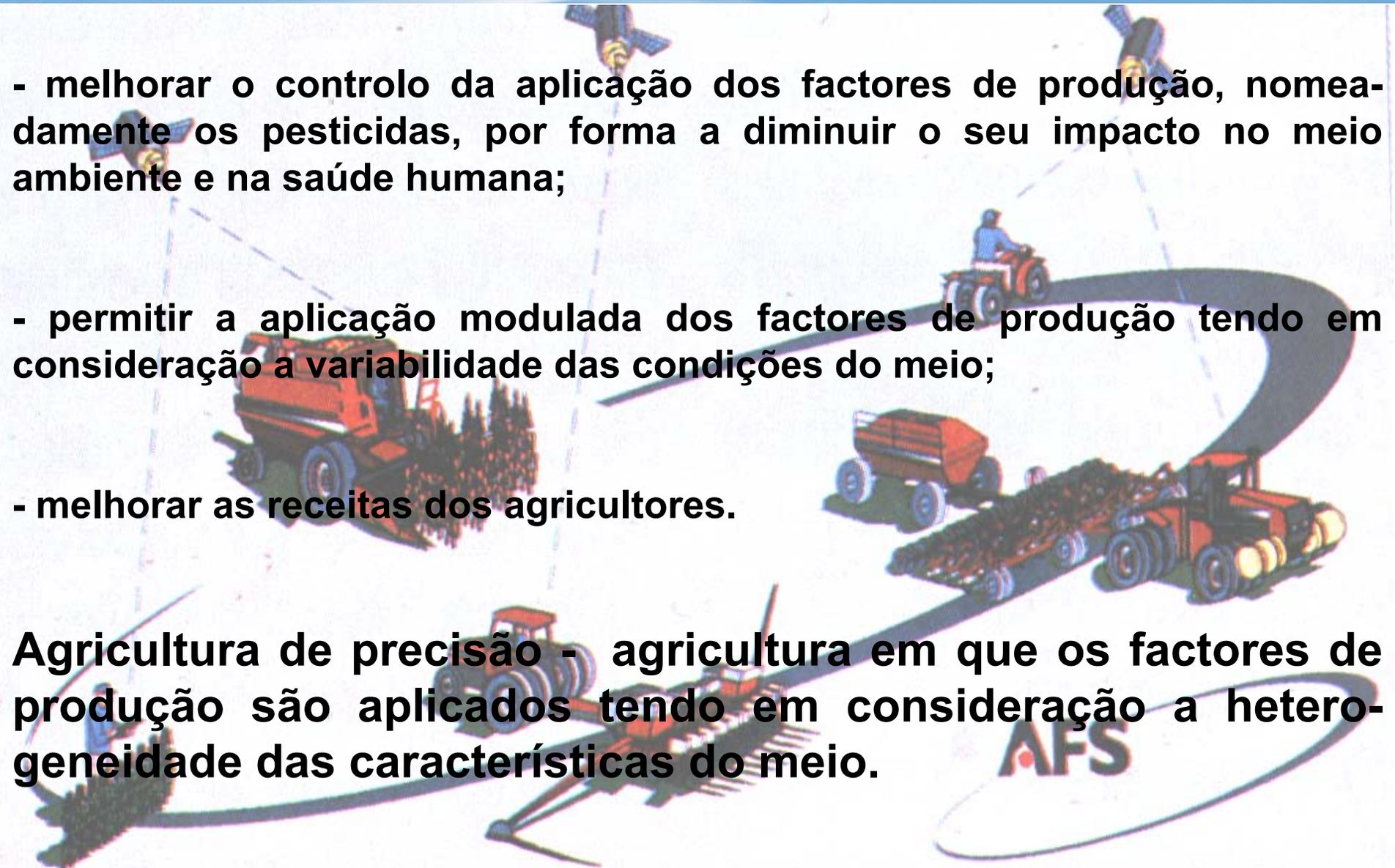
<http://www.utad.pt/~fsantos>

Braga, Abril de 2002

Principais objectivos da agricultura de precisão

- melhorar o controlo da aplicação dos factores de produção, nomeadamente os pesticidas, por forma a diminuir o seu impacto no meio ambiente e na saúde humana;
- permitir a aplicação modulada dos factores de produção tendo em consideração a variabilidade das condições do meio;
- melhorar as receitas dos agricultores.

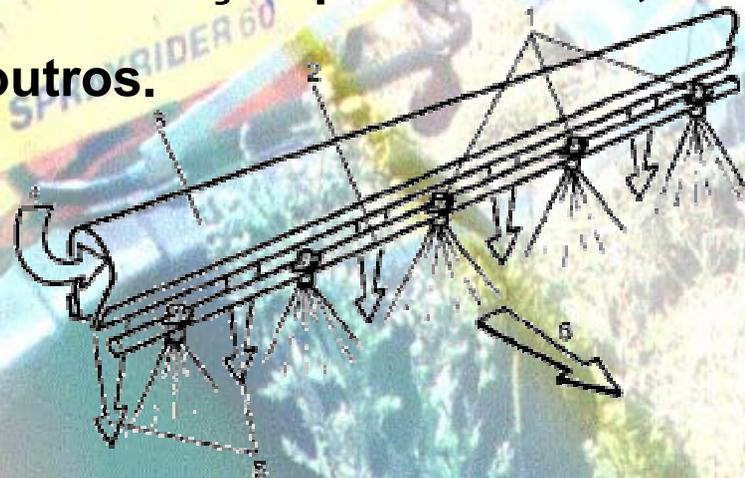
Agricultura de precisão - agricultura em que os factores de produção são aplicados tendo em consideração a heterogeneidade das características do meio.



Evolução das técnicas de aplicação

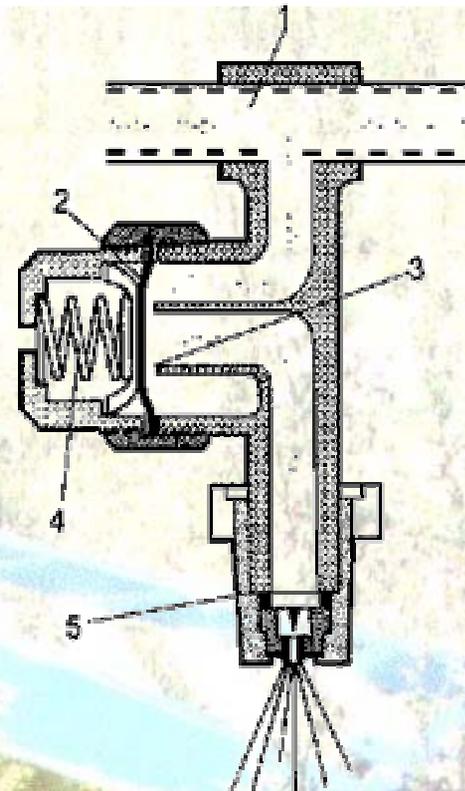
Melhoria das técnicas de aplicação tradicionais

- bicos anti-gotas;
- sistemas anti-deriva;
- sistemas de injeção directa;
- sistemas de estabilização das rampas;
- pulverização por contacto;
- outros.



Rampa de pulverização com sistema anti-deriva

1- Bicos 2- rampa 3- ventilação
4- entrada de ar 5-ar 6- sentido de avanço



Bico de fenda anti-gota.
1- Rampa 2- membrana 3- sede
4- mola 5- porta-bicos

Evolução das técnicas de aplicação

Utilização de sistemas electrónicos de controlo de débito

Pressão constante (PC)

			
Terreno	Subida	Descida	Patinar
Regime motor	↘	↗	→
Velocidade	↘	↗	↘
Débito (l/min)	→	→	→
Volume (l/ha)	↘	↘	↘
Pressão	→	→	→
s.a./ ha	↗	↘	↗
Resultado	Dose >	Dose <	Dose >

Débito proporcional ao regime motor (DPM)

			
Terreno	Subida	Descida	Patinar
Regime motor	↘	↗	→
Velocidade	↘	↗	↘
Débito (l/min)	↘	↗	→
Volume (l/ha)	→	→	↘
Pressão	↘	↗	→
s.a./ ha	→	→	↗
Resultado	Dose =	Dose =	Dose <

Os sistemas electrónicos de controlo do débito permitem manter o volume / ha, mas alterando as características das gotas

Débito proporcional ao avanço (DPA)

Débito proporcional electrónico (DPE)

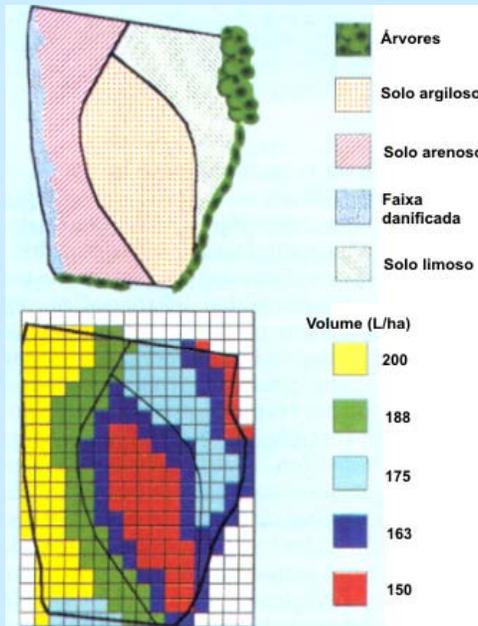
			
Terreno	Subida	Descida	Patinar
Regime motor	↘	↗	→
Velocidade	↘	↗	↘
Débito (l/min)	↘	↘	↘
Volume (l/ha)	→	→	→
Pressão	↘	↘	→
s.a./ ha	→	→	→
Resultado	Dose =	Dose =	Dose =

Concentração proporcional ao avanço (CPA)

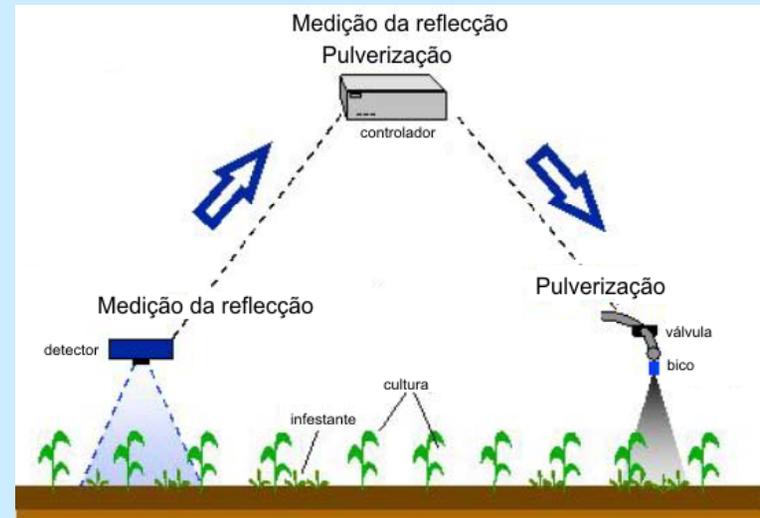
			
Terreno	Subida	Descida	Patinar
Regime motor	↘	↗	→
Velocidade	↘	↗	↘
Débito (l/min)	→	→	→
Volume (l/ha)	↘	↘	↘
Pressão	→	→	→
s.a./ ha	→	→	→
Resultado	Dose =	Dose =	Dose =

Evolução das técnicas de aplicação

Utilização de dispositivos de modulação baseados em cartas de preconização ou sensores de proximidade



Cartografia do solo de uma parcela e dos volumes de herbicida a aplicar



Detecção óptica de infestantes para aplicação de herbicidas em tempo real

A melhoria da eficiência dos pulverizadores.

Escolha correcta do equipamento

- tipo de pulverizador;**
- escolha da capacidade do reservatório;**
- escolha do tipo de bomba;**
- escolha do sistema de regulação da pressão, manómetro, etc;**
- escolha dos bicos;**
- escolha do tipo de ventilador.**



A melhoria da eficiência dos pulverizadores

Regulação do equipamento

Aspectos a considerar:

Circuito da calda:

- escolha do volume, em litros, de calda a aplicar por hectare em função do equipamento, cultura, tipo de tratamento e produto a utilizar;
- escolha da velocidade de trabalho, em km/h, tendo em consideração o estado do terreno, cultura e o regime normalizado da TDF;
- escolha do calibre dos bicos e sua pressão de funcionamento (a esta pressão todos os bicos devem ter o mesmo débito) para, em função da largura e velocidade de trabalho, se obter o volume, em L/ha, desejado.

Circuito do ar:

- distribuição uniforme do ar na parede da vegetação;
- utilização do ângulo de incidência mais favorável à penetração do ar no interior da planta;
- regulação da velocidade do ar por forma a maximizar a deposição da calda na planta (diminuição da deriva).

A melhoria da eficiência dos pulverizadores

Manutenção do equipamento

- verificação do estado geral, nomeadamente das condutas da calda e ar e das juntas dos bicos;
- limpeza do o circuito da calda;
- lubrificação das transmissões, articulações, bomba, etc.,
- regulação da tensão das correias e colocação das suas protecções;
- regulação da pressão do amortecedor de ar;
- etc.

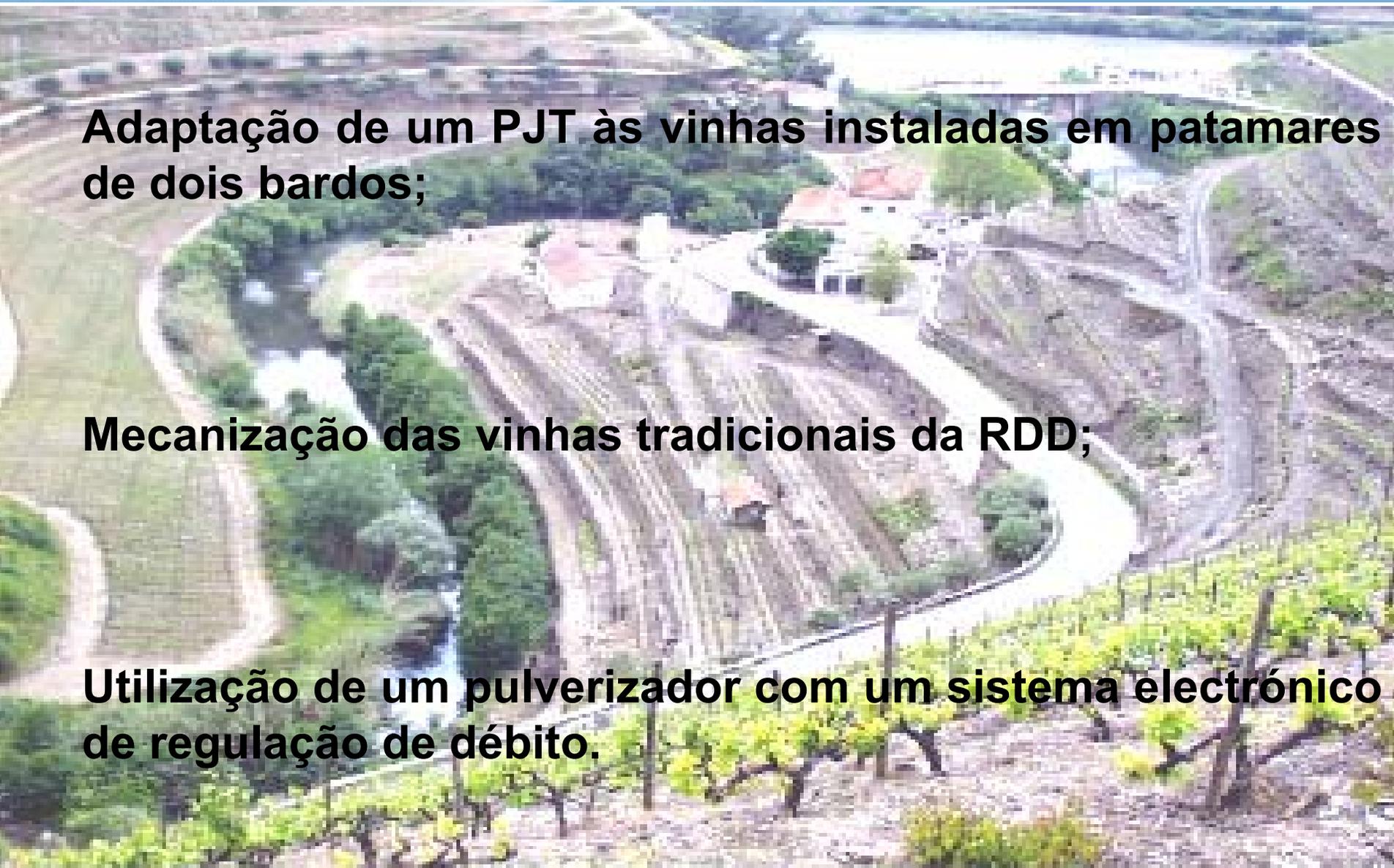


Estudos efectuados com vista à melhoria da aplicação dos produtos

Adaptação de um PJT às vinhas instaladas em patamares de dois bardos;

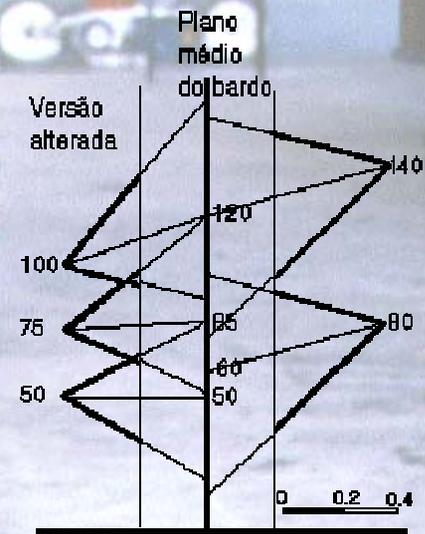
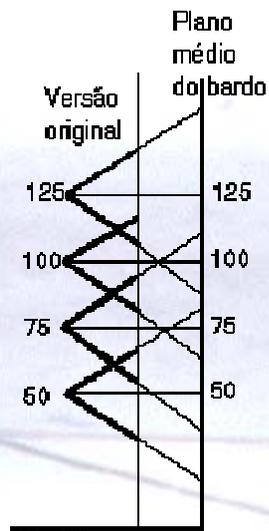
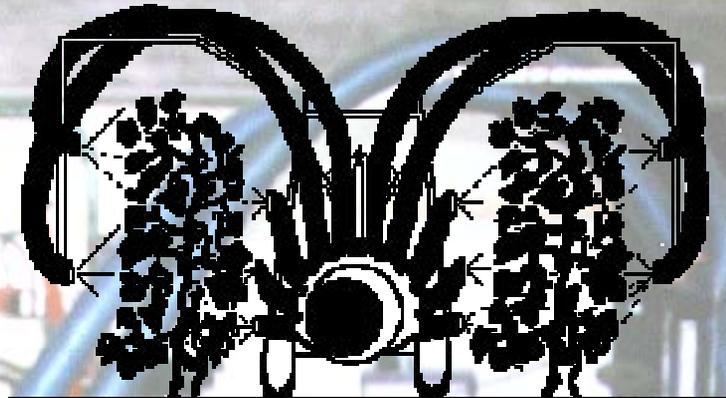
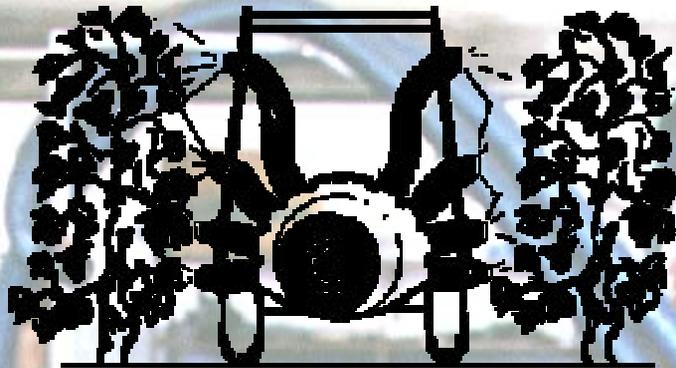
Mecanização das vinhas tradicionais da RDD;

Utilização de um pulverizador com um sistema electrónico de regulação de débito.



Adaptação de um PJT às vinhas instaladas em patamares de dois bardos

Apresentação



Adaptação de um PJT às vinhas instaladas em patamares de dois bardos

Resultados

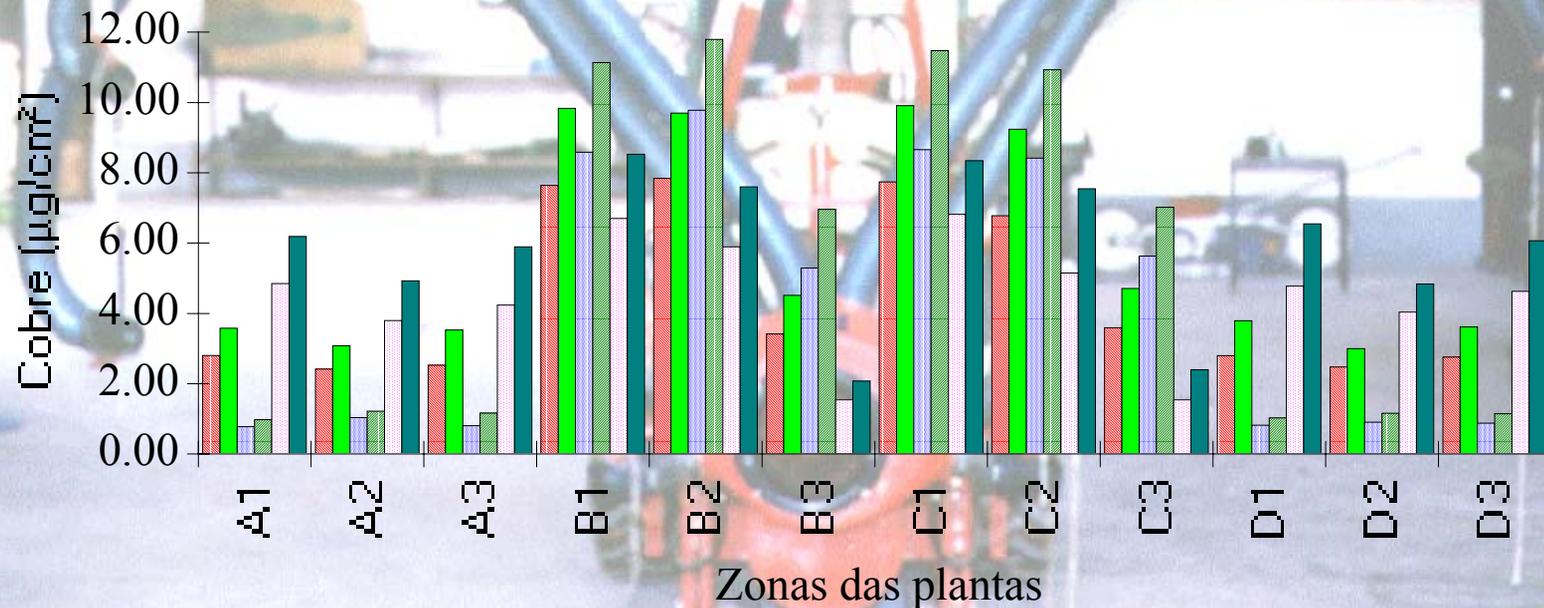
Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas das plantas.

VP	BR	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
-	300	2,81	2,42	2,53	7,64	7,84	3,42	7,74	6,78	3,59	2,80	2,48	2,76
	600	3,58	3,08	3,53	9,83	9,70	4,52	9,91	9,24	4,71	3,79	3,00	3,62
VO	300	0,78	1,04	0,81	8,59	9,78	5,29	8,66	8,42	5,63	0,82	0,91	0,88
	600	0,98	1,22	1,17	11,14	11,80	6,96	11,48	10,93	7,02	1,03	1,16	1,15
VA	300	4,85	3,80	4,24	6,70	5,90	1,54	6,82	5,15	1,54	4,78	4,04	4,63
	600	6,19	4,93	5,90	8,53	7,60	2,08	8,35	7,55	2,40	6,55	4,84	6,07

Adaptação de um PJT às vinhas instaladas em patamares de dois bardos

Resultados

Representação gráfica da quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas das plantas.



BR3 BR6 BR3*Vc BR6*Vc BR3*Vl BR6*Vl

Adaptação de um PJT às vinhas instaladas em patamares de dois bardos

Conclusões

- a utilização deste pulverizador nestas vinhas, sem as devidas adaptações, está perfeitamente desajustada pois, ao aplicar a calda com cinco bicos apenas numa face dos bardos, distribui-a de uma forma muito heterogénea;**
- a utilização de correntes de ar de elevada velocidade, necessária para atravessar todo o bardo, aumenta a deriva e pode danificar as partes mais jovens da planta;**
- a pulverização de uma face aumenta o volume de calda escorrida para o solo, com todos os inconvenientes que daí advêm;**
- a aplicação nas duas faces do bardo permite aumentar significativamente a uniformidade da deposição, reduzindo as perdas por escorrimento e deriva;**
- a utilização de jactos de ar nas duas faces do bardo, com uma incidência de 45°, de sentido contrário ao do deslocamento (para trás), provoca uma maior turbulência no interior da vegetação, facilitando a deposição das gotículas.**

Mecanização das vinhas tradicionais da RDD

Apresentação



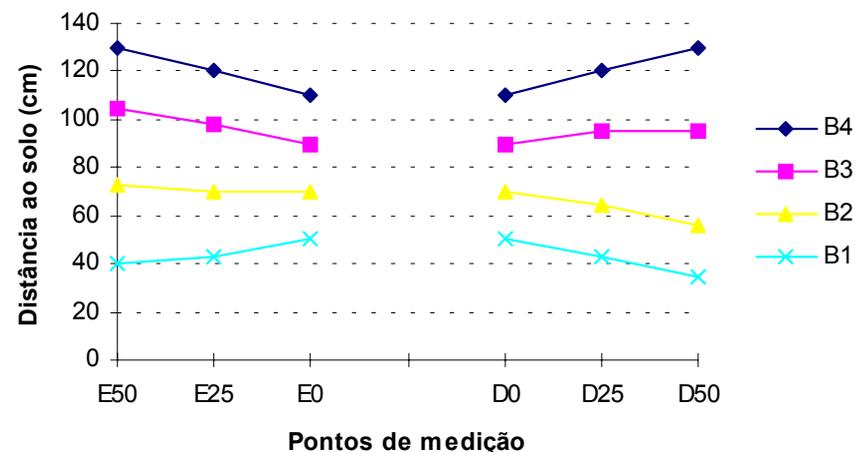
Características do pulverizador:

- ventilador axial accionado pela TDF, com 500 mm de diâmetro, oito pás orientáveis e sistema de multiplicação do regime;
- reservatório em poliéster translúcido, com uma capacidade de 200 L;
- retorno por um circuito principal e um secundário comandados por uma electroválvula, accionada por um dispositivo de controlo;
- dez bicos (cinco de cada lado), montados em 4 sectores independentes;
- bomba de êmbolos com um débito máximo de 30 L/min a 30 bar.

Mecanização das vinhas tradicionais da RDD

Resultados

Circuito do ar:
Distância, ao solo, dos bicos e de dois pontos dos jactos de ar



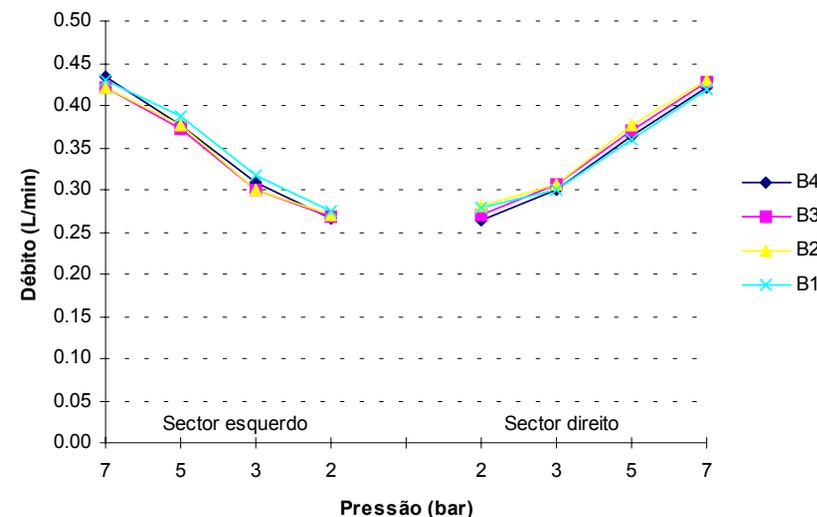
Distância ao solo (cm) do jacto, a várias distâncias dos bicos

	E50	E25	E0	D0	D25	D50
B4	130	120	110	110	120	130
B3	105	98	90	90	95	95
B2	73	70	70	70	64	56
B1	40	43	50	50	43	35

Mecanização das vinhas tradicionais da RDD

Resultados

Circuito da calda:
Débito, em L/min, dos vários bicos de cada sector a diferentes pressões de funcionamento



	Sector esquerdo				Sector direito			
	7	5	3	2	2	3	5	7
B4	0.43	0.38	0.31	0.27	0.26	0.30	0.36	0.42
B3	0.42	0.37	0.30	0.27	0.27	0.31	0.37	0.43
B2	0.42	0.38	0.30	0.27	0.28	0.31	0.38	0.43
B1	0.43	0.39	0.32	0.27	0.28	0.30	0.36	0.42
Média	0.43	0.38	0.31	0.27	0.27	0.30	0.37	0.42
Total	1.71	1.51	1.23	1.08	1.09	1.21	1.47	1.70

Mecanização das vinhas tradicionais da RDD

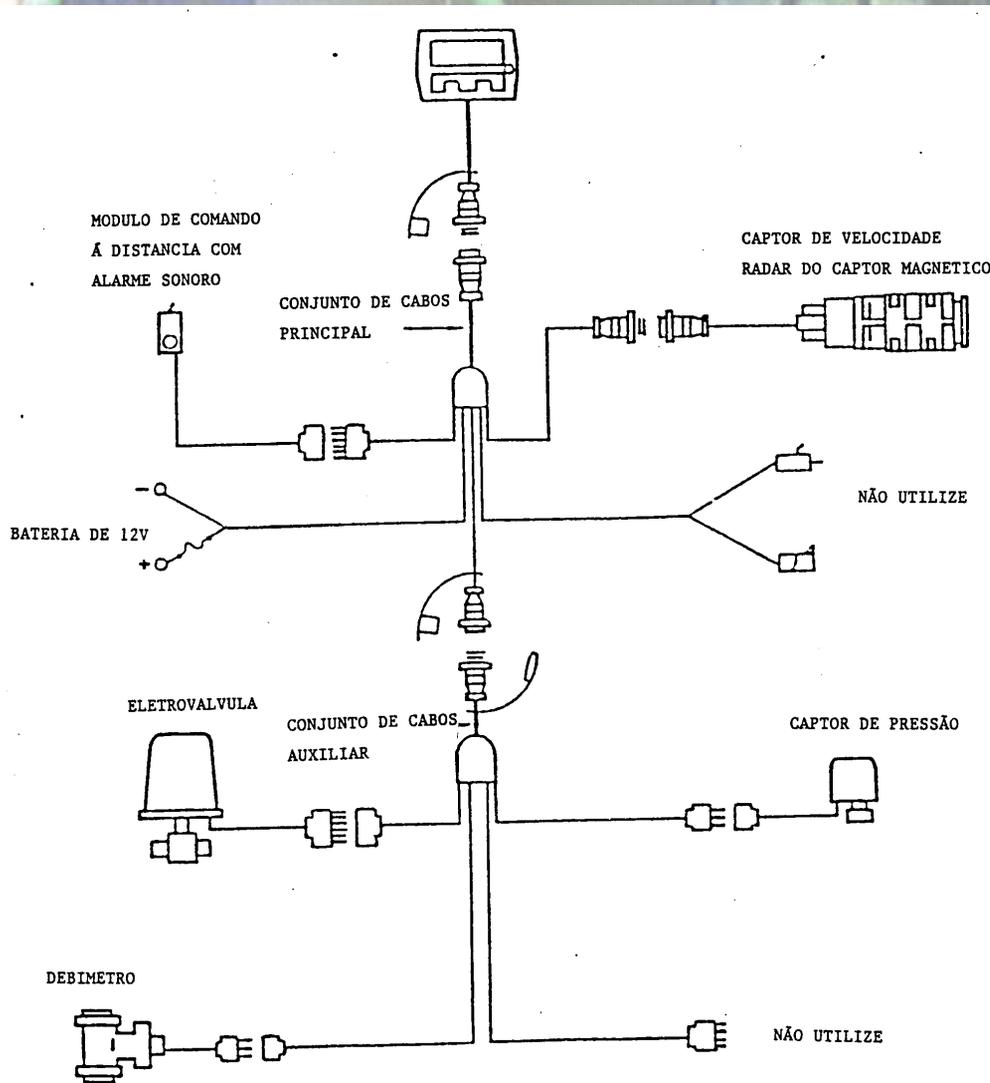
Conclusões

- a adaptação do circuito do ar e calda à cultura onde se vai utilizar o pulverizador permite melhorar significativamente a sua prestação;
- a utilização de débitos de 200 L/ha, depois de efectuadas as regulações necessárias, permite um controlo eficaz das doenças mais frequentes da vinha;
- a utilização de bicos anti-gota é mais importante quando se utilizam pressões baixas de funcionamento pois, nesta situação, as perdas, relativamente aos valores obtidos em estação, são mais elevadas;
- a condução e controlo da vegetação, são fundamentais para uma boa distribuição da calda em toda a planta.
- atendendo à dimensão do conjunto é fundamental uma boa regularização da plataforma das entrelinhas para manter a sua estabilidade.

Utilização de um pulverizador com um sistema electrónico de regulação de débito.

Apresentação

Constituição do sistema de controlo electrónico de débito



Utilização de um pulverizador com um sistema electrónico de regulação de débito.

Apresentação

Constantes programadas no CCS e CMS

Const.	Referência	Valor	Const.	Referência	Valor
A	Forma de funcionamento	P	C0	Pressão	P
B	Dose (l/ha)	500,0	C1	Factor de conversão	1,0
C	Dose +/- (l/ha)	+/- 50	C2	Soma do débito dos bicos	Variável
D	Encaixe dos bicos (m)	0,250	C4	Pressão de referência dos bicos (bar)	3 ou 5
E	Pressão de referência dos bicos (bar)	3 ou 5	C5	Zero de pressão (bar)	0,5
F	Débito de referência dos bicos	Variável	C6	Nível de enchimento da cuba (/10)	30,0
G	Pressão de abertura das válvulas (bar)	1,0	C7	Nível de alarme da cuba (/10)	5,0
H	Factor de conversão	1,0	U6	Afericção do captor de velocidade	6096
I	Zero de pressão (bar)	0,5	E0	Comando do corte dos lanços	0,0
J	Tempos de resposta (s)	2,0			
A	Controlo dos bicos	0,0			
B	Afericção do captor	6096			
C	Limites de pressão	Variável			

Utilização de um pulverizador com um sistema electrónico de regulação de débito.

Metodologia

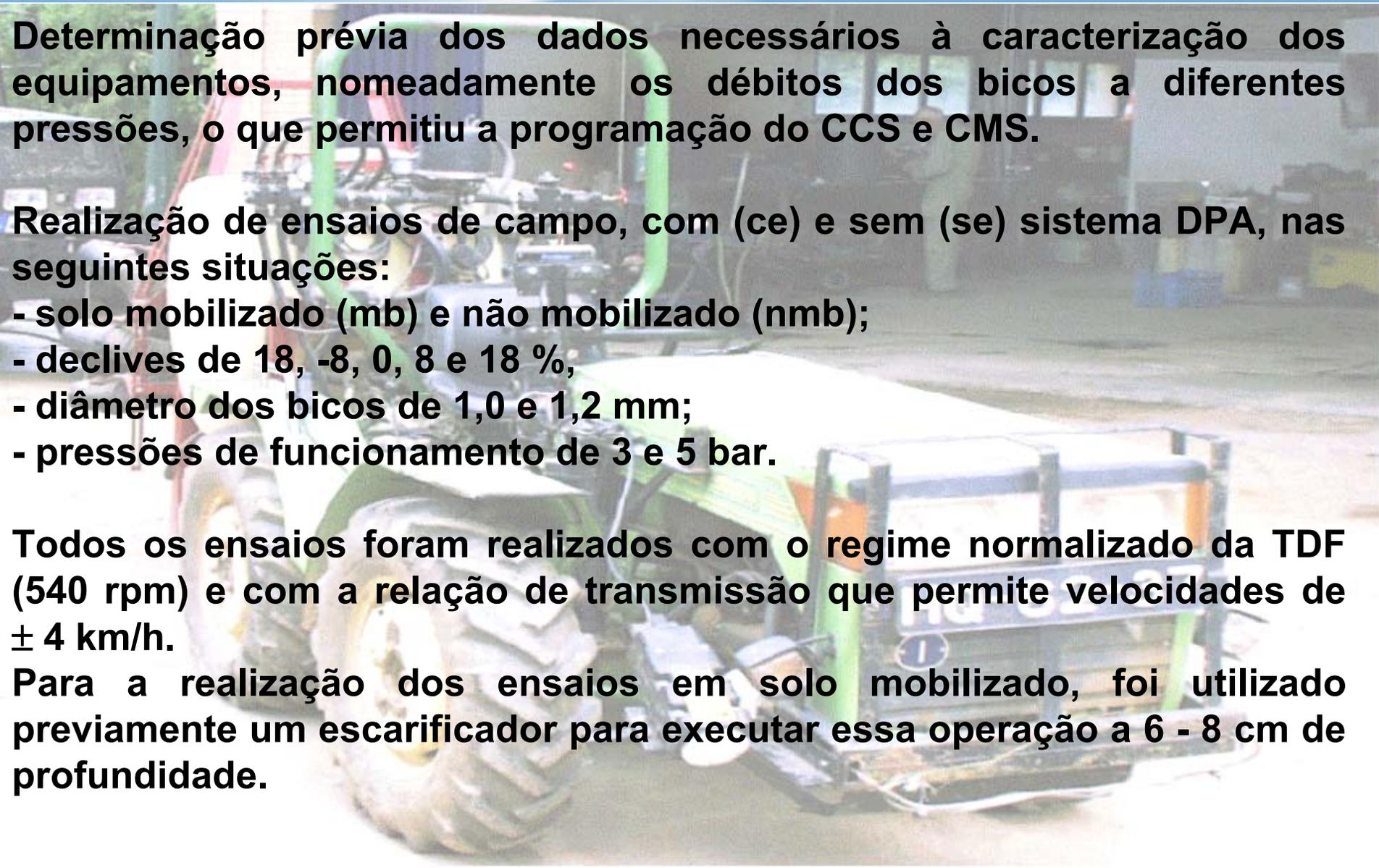
Determinação prévia dos dados necessários à caracterização dos equipamentos, nomeadamente os débitos dos bicos a diferentes pressões, o que permitiu a programação do CCS e CMS.

Realização de ensaios de campo, com (ce) e sem (se) sistema DPA, nas seguintes situações:

- solo mobilizado (mb) e não mobilizado (nmb);**
- declives de 18, -8, 0, 8 e 18 %;**
- diâmetro dos bicos de 1,0 e 1,2 mm;**
- pressões de funcionamento de 3 e 5 bar.**

Todos os ensaios foram realizados com o regime normalizado da TDF (540 rpm) e com a relação de transmissão que permite velocidades de ± 4 km/h.

Para a realização dos ensaios em solo mobilizado, foi utilizado previamente um escarificador para executar essa operação a 6 - 8 cm de profundidade.



Utilização de um pulverizador com um sistema electrónico de regulação de débito.

Resultados

Débitos (l/ha) obtidos com 3 bar

se / ce	-18%		-8%		0%		8%		18%	
nmb/mb	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,2
se-nmb	418,00	517,33	406,76	536,00	442,50	550,67	436,78	577,33	490,00	594,67
se-mb	405,33	550,40	424,50	537,33	466,00	558,66	446,50	568,00	472,67	593,33
ce-nmb	498,67	493,33	493,33	494,67	504,00	500,00	502,67	508,00	504,00	509,33
ce-mb	496,00	494,67	497,33	494,67	502,67	501,33	509,33	504,00	508,00	505,33

Utilização de um pulverizador com um sistema electrónico de regulação de débito.

Resultados

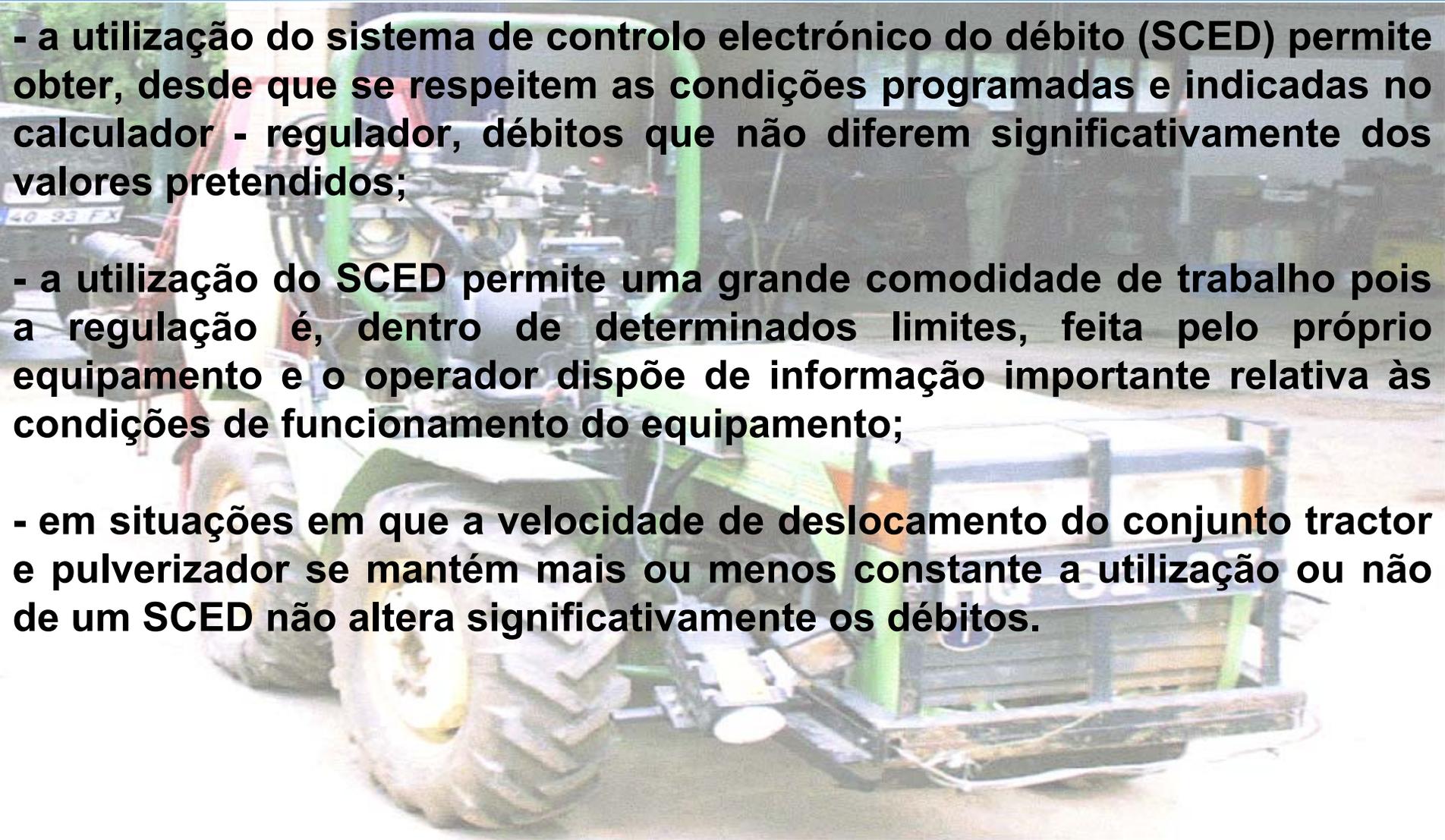
Débitos (l/ha) obtidos com 5 bar

se / ce	-18%		-8%		0%		8%		18%	
nmb/mb	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,2
se-nmb	512,67	-	523,93	701,33	569,50	724,00	567,14	762,67	564,00	732,67
se-mb	552,67	717,33	554,00	708,00	589,50	728,00	595,00	752,00	606,00	793,07
ce-nmb	497,33	498,67	501,33	497,33	500,00	501,33	504,00	506,67	506,67	504,00
ce-mb	500,00	494,67	497,33	497,33	505,33	502,67	509,33	509,33	504,00	510,67

Utilização de um pulverizador com um sistema electrónico de regulação de débito.

Conclusões

- a utilização do sistema de controlo electrónico do débito (SCED) permite obter, desde que se respeitem as condições programadas e indicadas no computador - regulador, débitos que não diferem significativamente dos valores pretendidos;
- a utilização do SCED permite uma grande comodidade de trabalho pois a regulação é, dentro de determinados limites, feita pelo próprio equipamento e o operador dispõe de informação importante relativa às condições de funcionamento do equipamento;
- em situações em que a velocidade de deslocamento do conjunto tractor e pulverizador se mantém mais ou menos constante a utilização ou não de um SCED não altera significativamente os débitos.



Conclusões

Equipamentos:

- escolha correcta do tipo de equipamento, e sua posterior regulação e manutenção;
- realização de ensaios prévios para conhecer as condições reais de aplicação.
- ajustar a distribuição da calda e ar ao objectivo a tratar;

Plantas:

- condução das plantas que permita uma distribuição uniforme da calda e ar no interior da copa;
- correcta implantação (alinhamento) das cepas por forma a não dificultar a transitabilidade dos equipamentos.

Vinha:

- comprimento da entrelinha que não dificulte a transitabilidade dos equipamentos;
- plataforma das entrelinhas regular e horizontal para atenuar as oscilações e permitir a estabilidade transversal dos equipamentos.