

**O SISTEMA DO CONTROLO ELECTRÓNICO DE DÉBITO
PROPORCIONAL AO AVANÇO**

Introdução

A agricultura de precisão, utilizando sistemas de recolha, integração e tratamento da informação e a incorporação de tecnologias microprocessadoras, sensoriais e actuadoras permite:

- diminuir os custos ambientais e de produção,
- aumentar a quantidade e qualidade das produções;
- melhorar as condições de trabalho do operador.

A utilização crescente destas técnicas nos equipamentos agrícolas tem melhorado o nível tecnológico de todas as fases do ciclo de produção agrário.

Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural

Sistemas de regulação dos pulverizadores:

- sistemas de regulação por pressão constante (PC) - mantêm as características dimensionais das gotas, mas o volume aplicado por unidade de superfície varia, desde que a velocidade não se mantenha uniforme.**
- sistemas de regulação para obtenção de volume / unidade de superfície constante, mas em que as características dimensionais das gotas varia.**

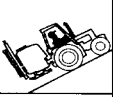
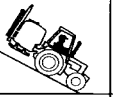
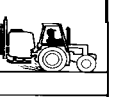
Tipos de regulação que permitem manter o volume / ha:

- sistemas em que a concentração da calda é proporcional ao avanço (CPA);**
- sistemas em que o débito é proporcional ao regime motor (DPM);**
- sistemas em que o débito é proporcional à velocidade de avanço (DPA).**

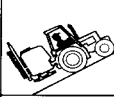
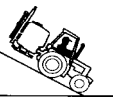

Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural

Os diferentes sistemas de regulação dos pulverizadores

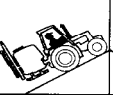
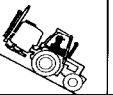
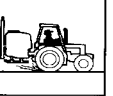
Pressão constante (PC)

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

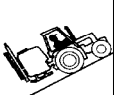
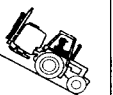
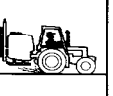
Débito proporcional ao regime motor (DPM)

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

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 =

Sistema DPA electrónico

Constituição:

- calculador - regulador de pulverização (CCS);
- controlador de pulverização (CMS);
- sensor para medição da velocidade (radar);
- medidor de pressão;
- interruptor para ligar - desligar;
- cabos vários.

O sistema CCS funciona em:

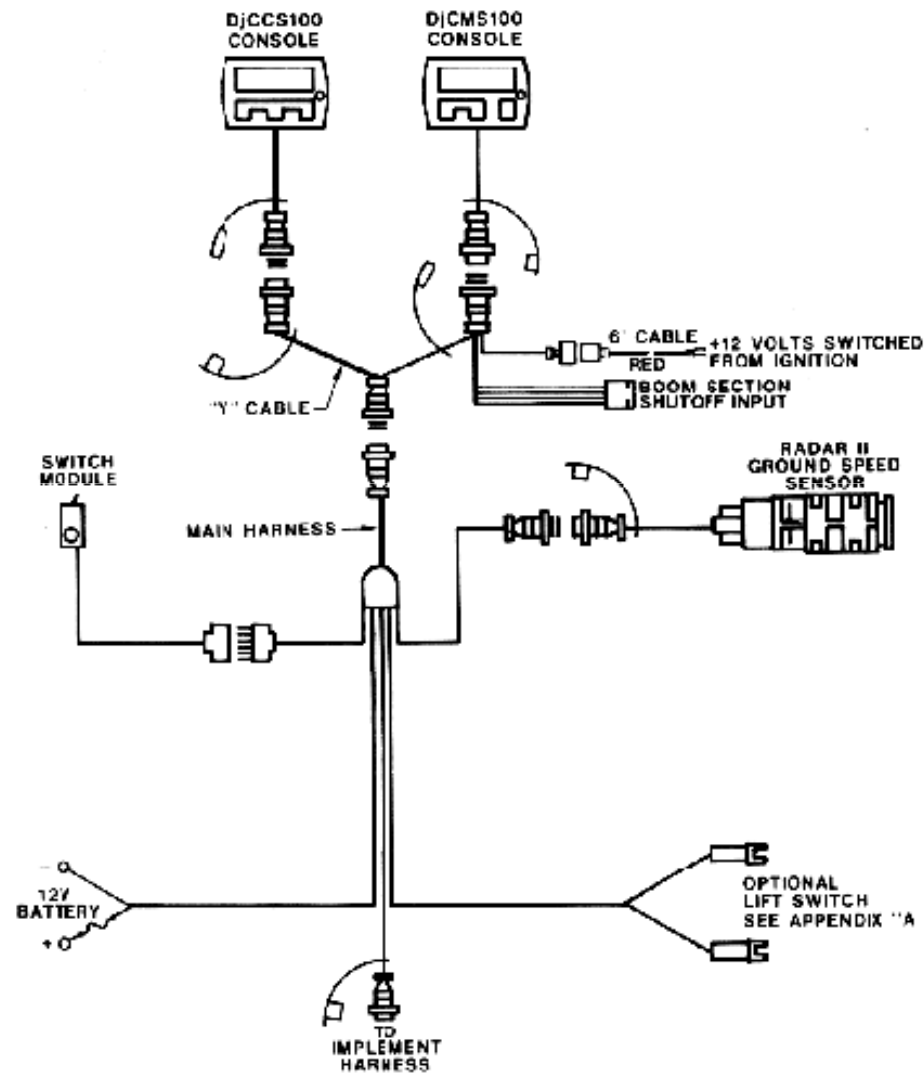
- modo operacional dando informações sobre a velocidade de deslocamento e quantidade de calda aplicada por hectare;
- em modo programação, para se introduzirem os parâmetros desejados.

O sistema CMS funciona em:

- modo operacional dando informações sobre a velocidade de deslocamento, área tratada, quantidade de produto aplicado e distância percorrida.
- em modo de programação permite introduzir as constantes que serão utilizadas na monitorização do sistema.

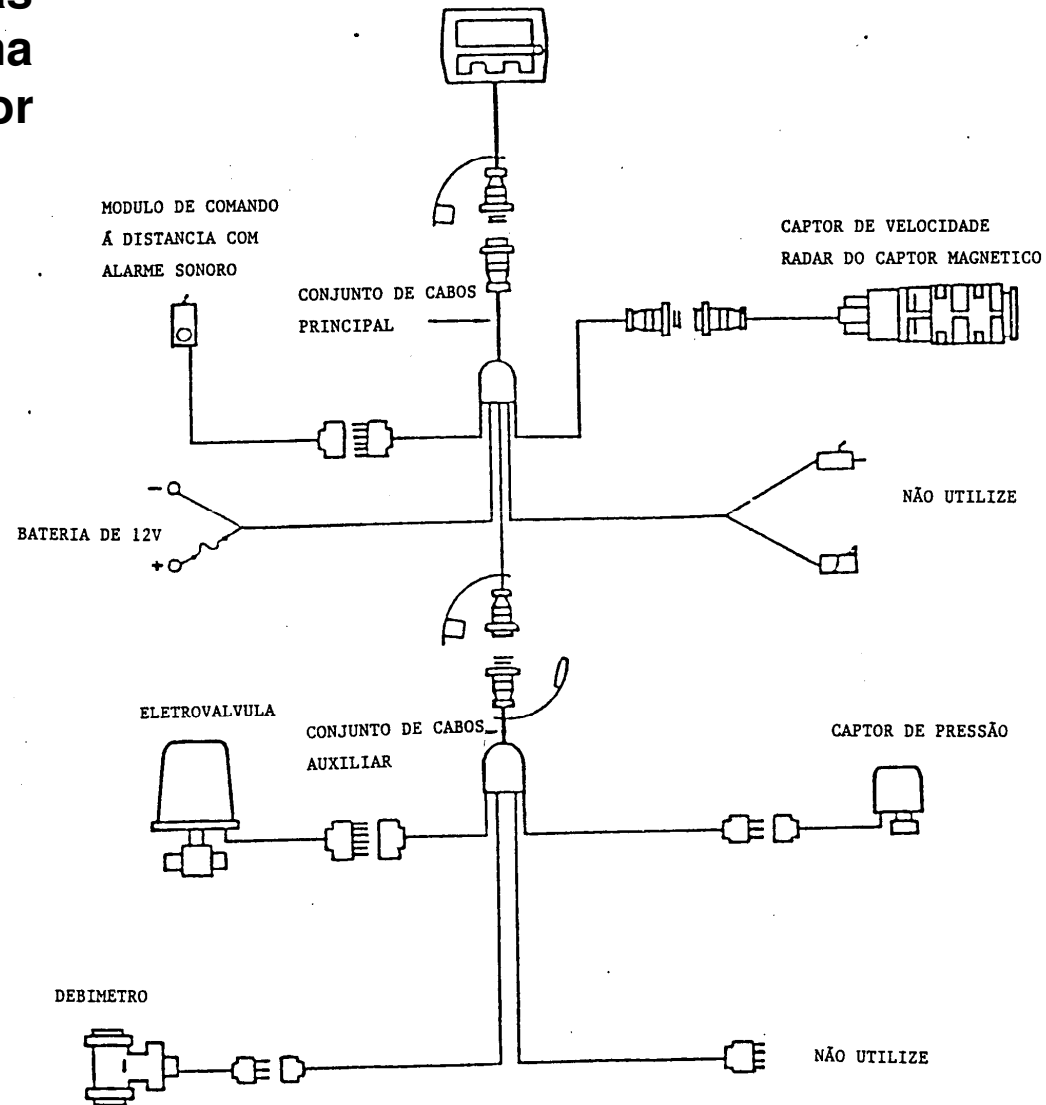
Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural

Esquema geral do sistema de controlo do débito dos pulverizadores



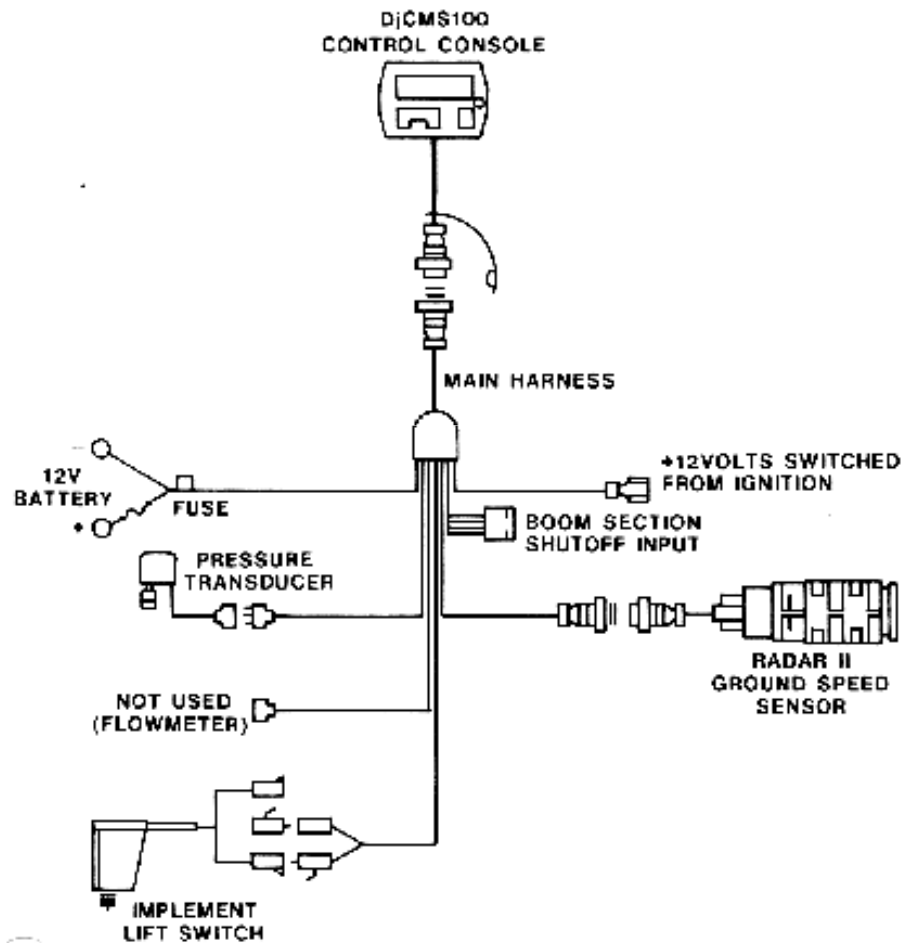
Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural

Esquema geral das ligações do sistema calculador - regulador de pulverização CCS

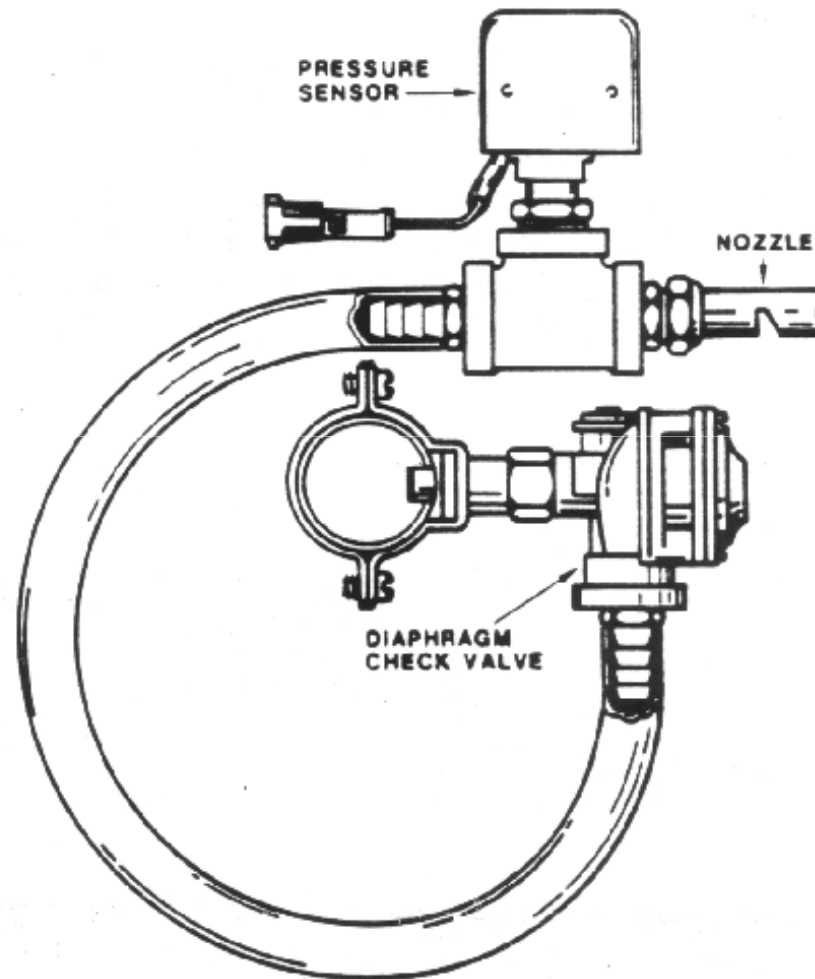


Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural

Esquema do sistema de monitorização da pulverização (CMS) baseado na pressão

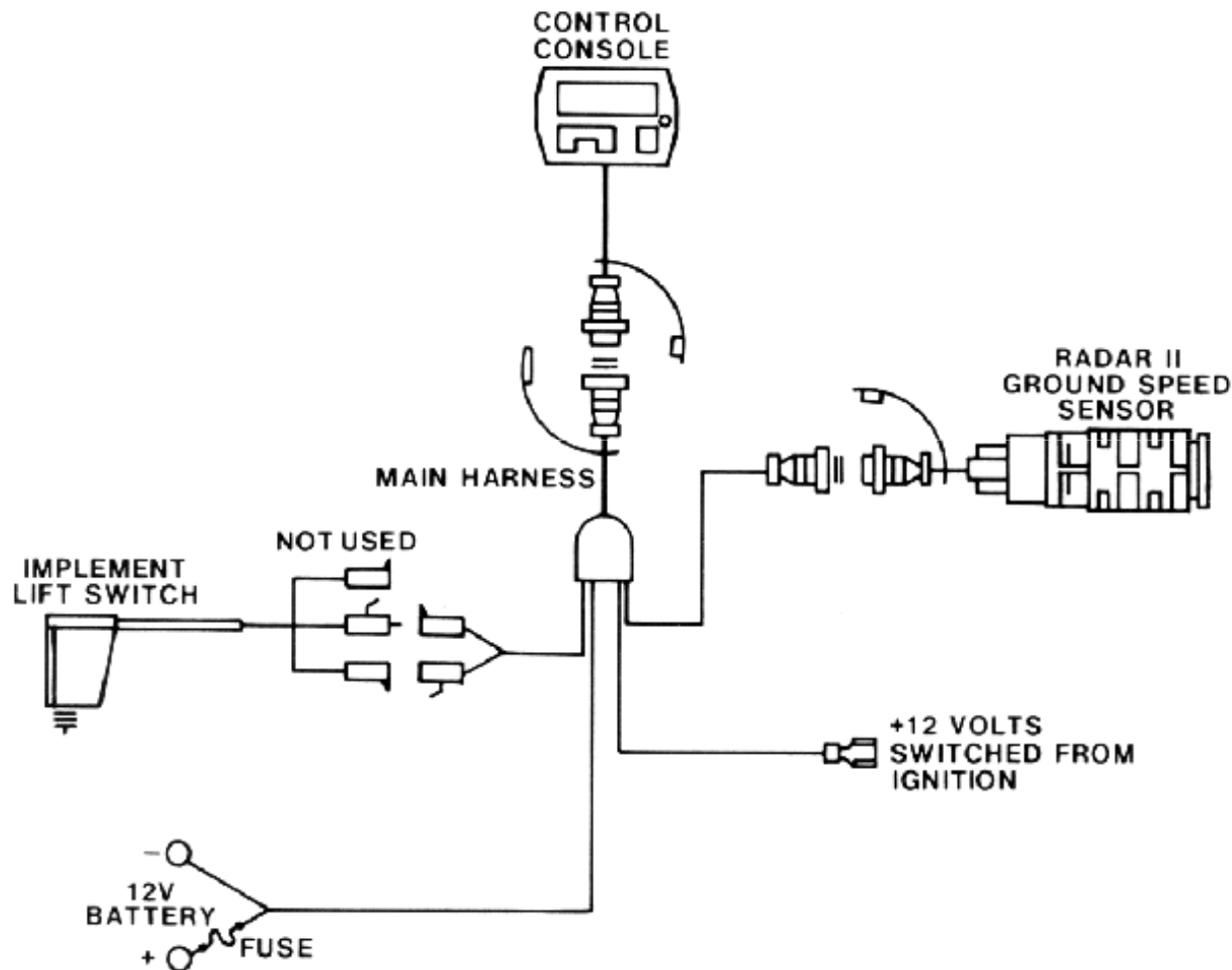


Esquema da montagem do sensor de pressão



Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural

Representação do sistema de controlo da velocidade



Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural

CCS - Liquid Sprayer Control System Table

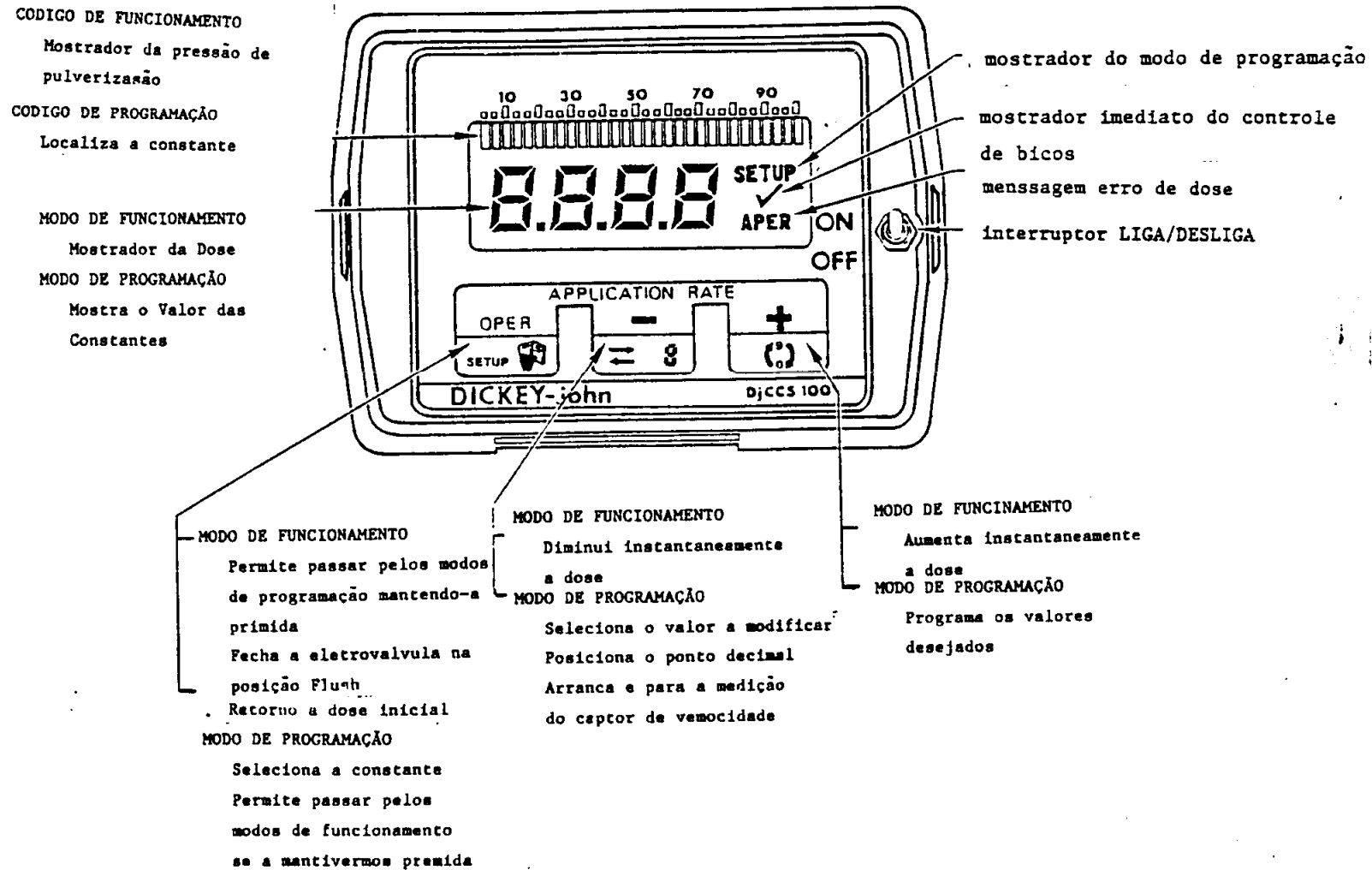
Set Up No.	SPRAYER CONSTANTS
10	p or Pn
20	Application Rate
30	Application Rate +/-
40	Nozzle Spacing
50	Nozzle Capacity Pressure
60	Nozzle Flow Capacity
70	Flush Pressure
80	Conversion Factor
90	Zero Pressure Cal.
100	System Response
110	Nozzle Mon. Set
120	Ground Speed Cal.
130	Pressure Limits Set

CMS - Custom Monitoring System Table

Set Up No.	SPRAYER CONSTANTS
CO	P
C1	Conversion Factor
C2	Sum of Nozzle Capacities
C4	Nozzle Capacity Pressure
C5	Pressure Sensor Offset
C6	Tank Level -Full (-10)
C7	Tank Alarm Level (-10)
U2	Volume Units Constant
U6	Ground Speed Calibration
E0	Boom Switch Sense
E1	Boom Section 1
E2	Boom Section 2
E3	Boom Section 3
E4	Boom Section 4
E5	Boom Section 5
E6	Boom Section 6

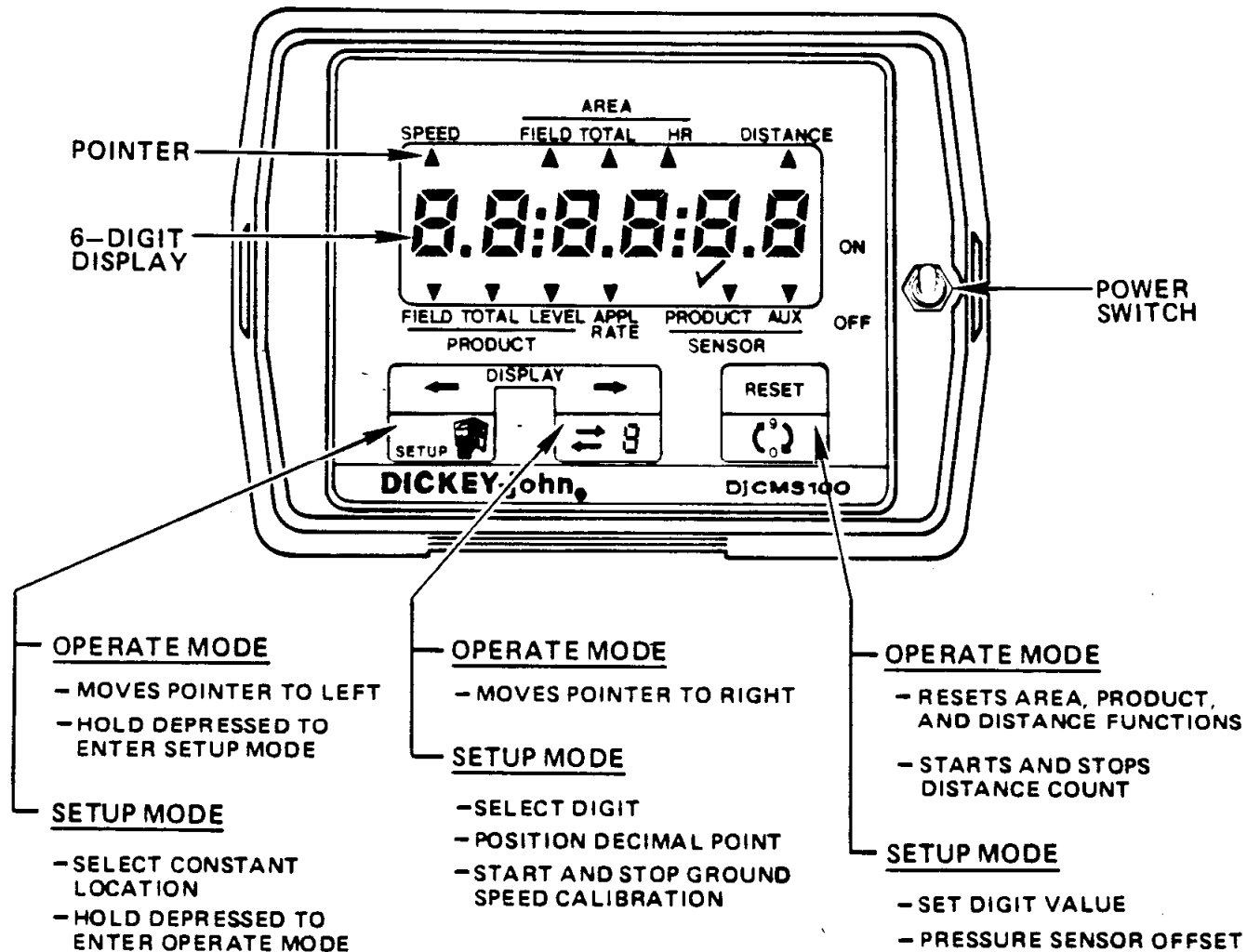
Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural

Consola CCS - modo de funcionamento e programação

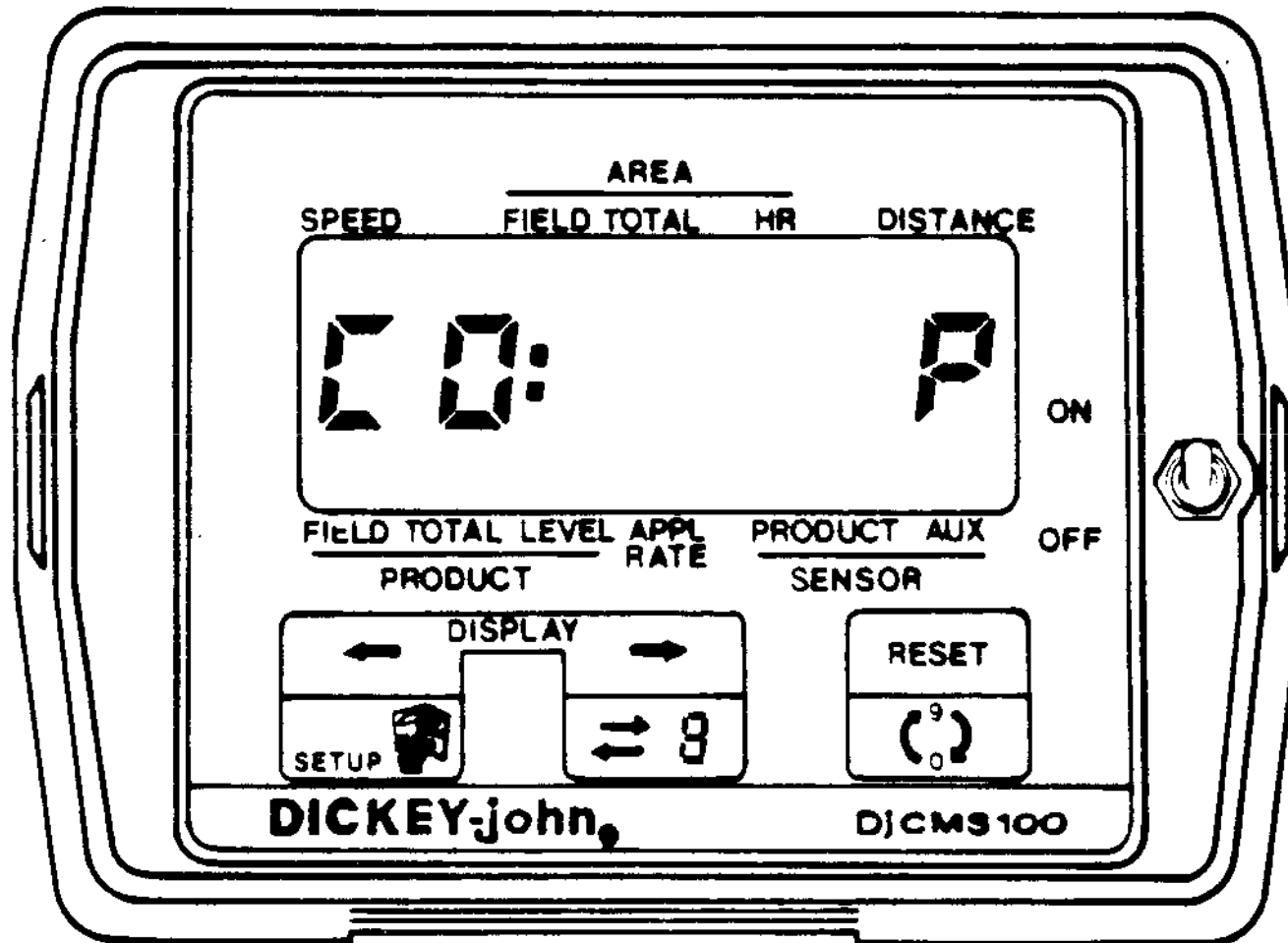


Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural

Consola CMS - modo de funcionamento e programação



Consola do CMS em modo de programação



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.

Resultados e discussão

Situação "se":

- a diminuição do declive descendente e ao aumento do declive ascendente corresponde a variações irregulares dos débitos, com variações positivas na ordem dos 8,51% até 2,49%;
- a mudança de bicos de 1,0 para 1.2 mm, traduz-se em aumentos compreendidos no intervalo 21,90 a 33,48%;
- a alteração da pressão de 3 para 5 bar corresponde a aumentos que variam entre 15,10 e 41,20%.

Situação "ce":

A influência da variação dos factores não é significativa, pois as alterações de débitos são inferiores a 1%.

Com sistema programado para um débito de 500 L/ha, obtiveram-se os seguintes valores:

- na situação "ce", 494,7 e 510,7 L/ha (média 501,6) ($\delta = \pm$ de 5,6);
- na situação "se", 405,3 e 793,1 L/ha (média 567,9) ($\delta = \pm$ de 108,3).

Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural

Resultados e discussão (cont)

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

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

Da análise de variância dos dados concluiu-se que:

- na situação "se" todas as variáveis testadas, com exceção do tipo de piso, têm influência sobre o débito final. As diferenças são significativas sendo os bicos e a pressão os factores que têm maior impacto no resultado final.
- na situação "ce" das variáveis testadas, as diferenças são significativas para a inclinação e pressão.

Conclusões.

- a utilização do sistema DPA permite obter, desde que se respeitem as condições programadas e indicadas no calculador-regulador, débitos que não diferem significativamente dos valores pretendidos;
- em solo "mb" e "nmb" não há diferenças significativas o que está de acordo com a determinação da velocidade de translação previamente medida nas duas situações. A mobilização superficial com escarificador a 6 - 8 cm, não afecta a velocidade de progressão do tractor.
- a utilização do sistema DPA permite uma grande comodidade de trabalho pois a regulação é, dentro de determinados limites, feita pelo próprio equipamento, dispondo o operador de informação importante relativa às suas condições de funcionamento do pulverizador.

O sistema DPA permite, independentemente das condições do meio e pulverizador, reduzir a variação da quantidade de calda a aplicar, sendo, no entanto, necessário estudar o efeito da variação momentânea da pressão provocada pela electroválvula na homogeneidade da população de gotas.

Esquema geral do sistema de controlo baseado na pressão

