

ENGENHARIA AGRÍCOLA

AVALIAÇÃO DO PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE BICOS PARA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS: EFEITOS DA ALTURA DO ALVO NOS PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO⁽¹⁾

VALDEMIR ANTONIO PERESSIN⁽²⁾; DILERMANDO PERECIN⁽³⁾

RESUMO

A avaliação do desempenho de barras de pulverização pode ser feita com base no padrão de distribuição ou deposição do líquido de cada bico individual em mesa de prova. Neste trabalho, compararam-se os padrões de deposição produzidos por diversos bicos em várias alturas. Os resultados mostraram melhor desempenho para os bicos TF e XR, seguido por TJ60-8010, TJ60-8006 e FL. Os bicos TJ60-11006 e TQ mostraram problemas localizados e TK foi considerado o pior entre os testados. Foram propostos modelos para representar as relações entre estatísticas obtidas no padrão e na altura do alvo.

Palavras-chave: padrão de distribuição, bicos, mesa de prova.

ABSTRACT

EVALUATION OF NOZZLES DISTRIBUTION PATTERNS FOR HERBICIDE APPLICATION: EFFECTS OF THE TARGET HEIGHT IN THE DISTRIBUTION PATTERNS

The performance of a spray boom can be evaluated from the individual nozzle distribution patterns determined in a patternator. The distribution patterns of several nozzle types were compared at several heights. The TF and XR nozzles showed the best performances, followed by TJ60-8010, TJ60-8006 and the FL nozzles. The nozzles TJ60-11006 and TQ showed some localized problems and TK nozzles had the worst results. Models for the relation between some statistics obtained the patterns the nozzle and heights were proposed.

Key words: Distribution patterns, nozzle, patternator.

1. INTRODUÇÃO

A uniformidade na distribuição da calda aplicada pela barra, em pulverizações de defensivos agrícolas, é dada pelas condições de montagem e de

operação: espaçamento entre bicos, altura da barra, ângulo de aspersão dos bicos e pressão de trabalho. O objetivo da pulverização é o de distribuir o produto selecionado de forma uniforme em toda a área a ser tratada.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 4 de julho de 2001 e aceito em 30 de junho de 2003.

⁽²⁾ Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio da Horticultura, Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970, Campinas (SP). E-mail: peressin@iac.sp.gov.br

⁽³⁾ Departamento de Ciências Exatas, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Via de acesso Prof. Paulo D. Castellane, 14884-900 Jaboticabal (SP).

Os componentes fundamentais de qualquer sistema de pulverização são os bicos (VELINI *et al.*, 1995); todos os demais componentes têm a função exclusiva de manter sob pressão adequada e conduzir a calda a ser pulverizada até os bicos. Dessa forma, é de relevante importância o conhecimento das características do bico pulverizador. Dentre essas características pode-se destacar a vazão, o tamanho das gotas, o ângulo de aspersão do jato e o padrão de distribuição.

SILVA (1982) também enfatiza a importância do conhecimento das características do bico, pois na pulverização, além da formação de gotas, o bico é responsável por outras duas funções fundamentais: controlar a saída do líquido na quantidade desejada por unidade de tempo e espalhar as gotas formadas dentro de uma área delimitada. Assim, a escolha incorreta dos bicos constitui-se em uma das principais causas responsáveis por fracassos na aplicação de defensivos (MATUO, 1982).

O volume de calda aplicado em pulverização deve ser o mais uniforme possível, sob pena de exigir-se volumes adicionais para compensar os pontos ou faixas que recebem menores volumes. Entretanto, nas aplicações de herbicidas nem sempre isso ocorre, pois o excesso pode ser prejudicial. WOLF e SMITH (1979), DEBOER e WIENS (1983), SARTORI (1985) sugeriram que um coeficiente de variação de 10% a 15% ou menos, na distribuição da calda, produz satisfatória uniformidade na aplicação. ROTH *et al.* (1985) enfatizaram que a base para selecionar esses valores não foi discutida nos trabalhos publicados, devendo-se fundamentar em constatações prático-empíricas dos pesquisadores envolvidos. Provavelmente, há também certa dependência com o modo de ação do defensivo agrícola, bem como outros fatores relacionados à eficiência agrícola de cada produto. Assim, a uniformidade de aplicação está sujeita a algum grau de subjetividade.

Aspectos da tecnologia de aplicação, envolvendo o espaçamento dos bicos e a altura de trabalho, podem ser encontrados na literatura, e foram discutidos em artigos anteriormente publicados (MATUO *et al.*, 1994; PERECIN *et al.*, 1994; 1998; PERESSIN *et al.*, 1996). Um ponto fundamental é a qualidade dos bicos e um sistema para essa avaliação, a partir de resultados obtidos em mesa de prova, pode ser encontrado em PERECIN *et al.* (1994; 1998). Cada tipo de bico possui um padrão de distribuição característico, que determina a altura do bico em relação ao alvo. Esse trabalho tem como objetivo avaliar o padrão de distribuição de bicos de pulverização em diferentes alturas e pressões de trabalho, bem como propor modelos para representar estatísticas dos padrões de diferentes tipos de bicos em função de alturas do alvo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em condições de laboratório, incluindo a coleta de dados, produção dos padrões de deposição e simulação da pulverização em barra, com o auxílio de programas computacionais especialmente desenvolvidos para esse fim. São reunidos dados levantados em 55 situações, cada uma amostrando-se 10 exemplares de cada tipo de bico, entre os disponíveis no estoque de um distribuidor da Spraying Systems Co. (Herbicat Ltda.) e englobando-se, além do tipo de bico, a pressão de trabalho e as alturas do alvo. Esses dados foram coletados em projeto que tinha por objetivo principal avaliar a qualidade dos principais bicos de pulverização usados na prática. Detalhes deste método podem ser encontrados em artigos anteriormente publicados por PERECIN *et al.* (1994; 1998) e PERESSIN *et al.* (1996).

Coletaram-se os dados nas respectivas pressões por bico: TF-VS4 - 207 kPa (30 lbf/pol²); TJ60-11006 - 310 kPa (45 lbf/pol²); TJ60-8006 - 310 kPa (45 lbf/pol²); TJ60-8010 - 262 kPa (38 lbf/pol²); TJ60-11010 - 276 kPa (40 lbf/pol²); TJ60-11006 - 241 kPa (35 lbf/pol²); TJ60-11010 - 414 kPa (60 lbf/pol²); XR11006 - 327 kPa (47,5 lbf/pol²); FL-6,5 - 290 kPa (42 lbf/pol²); FL-8 - 276 kPa (40 lbf/pol²); TK-VB4 - 224 kPa (32,5 lbf/pol²); TK-VB5 - 207 kPa (30 lbf/pol²); TK-VB7,5 - 207 kPa (30 lbf/pol²) e TQ15006 - 327 kPa (47,5 lbf/pol²). Para se avaliar a qualidade dos bicos, determinou-se inicialmente a vazão, padronizada em uma unidade de tempo (um minuto), com seus respectivos coeficientes de variação.

Em continuidade à avaliação da qualidade, determinou-se o padrão de distribuição da deposição em uma mesa de prova construída de acordo com as especificações da ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (1976) para testes de bicos. Essa mesa é constituída de uma chapa de metal corrugado formando canaletas distanciadas de 2,5 cm entre si, em um total de 67 canaletas, com um tubo coletor graduado correspondendo a cada canaleta. Cada bico a ser testado foi centrado na canaleta 33 e avaliado em no mínimo de três e no máximo de seis diferentes alturas, nas respectivas pressões, padronizado em uma unidade de tempo (um minuto).

Como foram amostrados 10 bicos de cada tipo, o levantamento foi repetido 10 vezes em cada altura (uma para cada bico), para cada uma das 55 situações estudadas. Após a coleta dos dados em mesa de prova, e sua transformação em dados percentuais por canaleta, elaborou-se o padrão de deposição de cada bico, em cada altura, através da construção de gráficos usando o SGPLUS. Os gráficos elaborados mostram a média percentual e o respectivo intervalo de confiança por canaleta.

Os gráficos individuais (subfiguras) foram reunidos por tipo de bico e pressão de trabalho, resultando as figuras 1 a 14. De cada gráfico (média de 10 bicos amos-trados) foram extraídos: o volume máximo porcentual depositado nas canaletas (VMAX), o volume médio (VM) e o desvio-padrão (SM) dos

percentuais depositados nas canaletas passíveis de receber a calda, o volume médio (VM23) e o desvio-padrão (SM23) dos percentuais depositados nas 23 canaletas centrais. Os efeitos da altura sobre essas medidas, em seis tipos de bicos, são mostrados na figura 15.

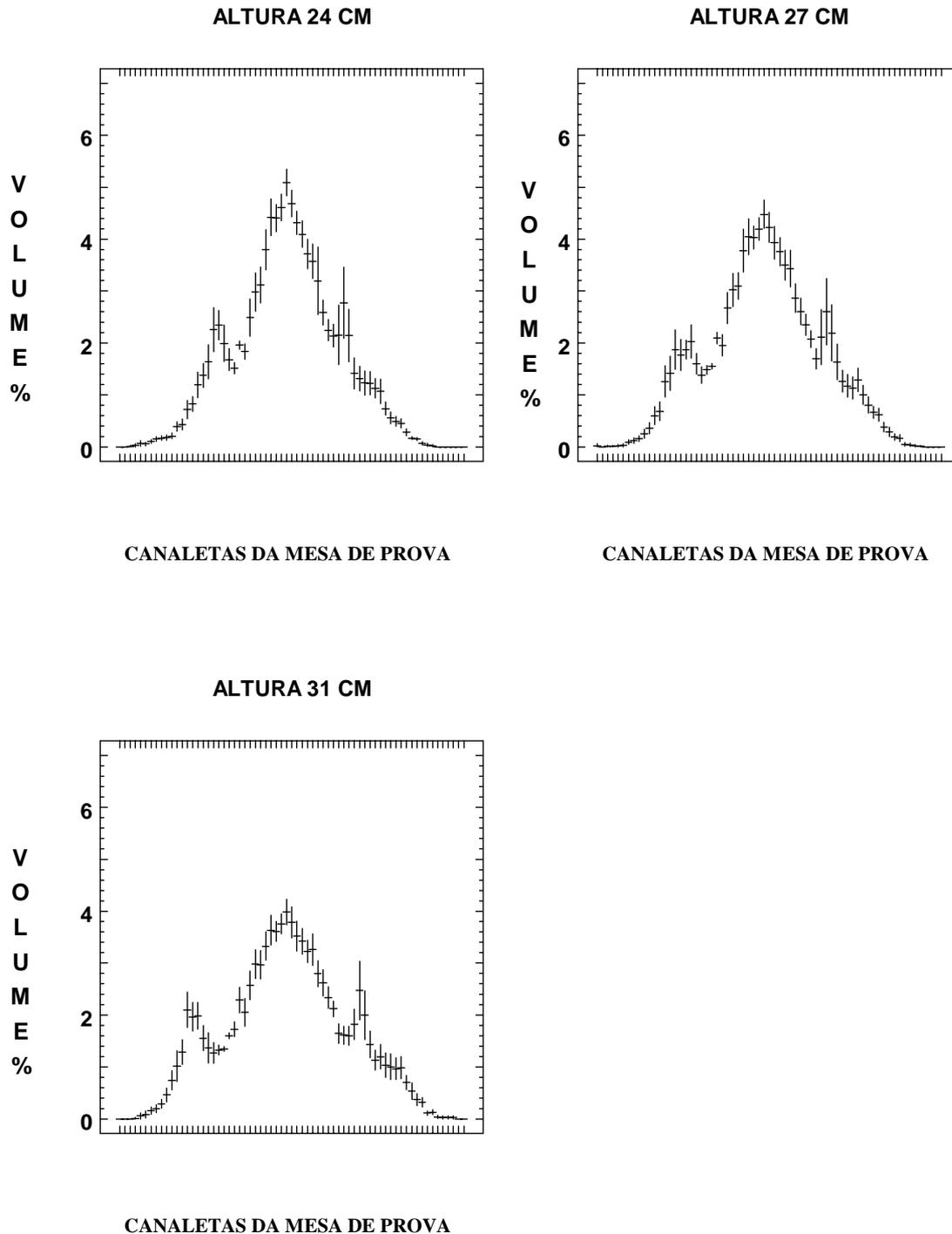


Figura 1. Padrões de distribuição de 10 bicos TJ6011006 pressão 241 kPa (35 lb/pol²), em três alturas, com distribuição percentual do volume e respectivo intervalo de 95% de confiança, depositado em cada uma das 67 canaletas de 2,5 cm (abscissa).

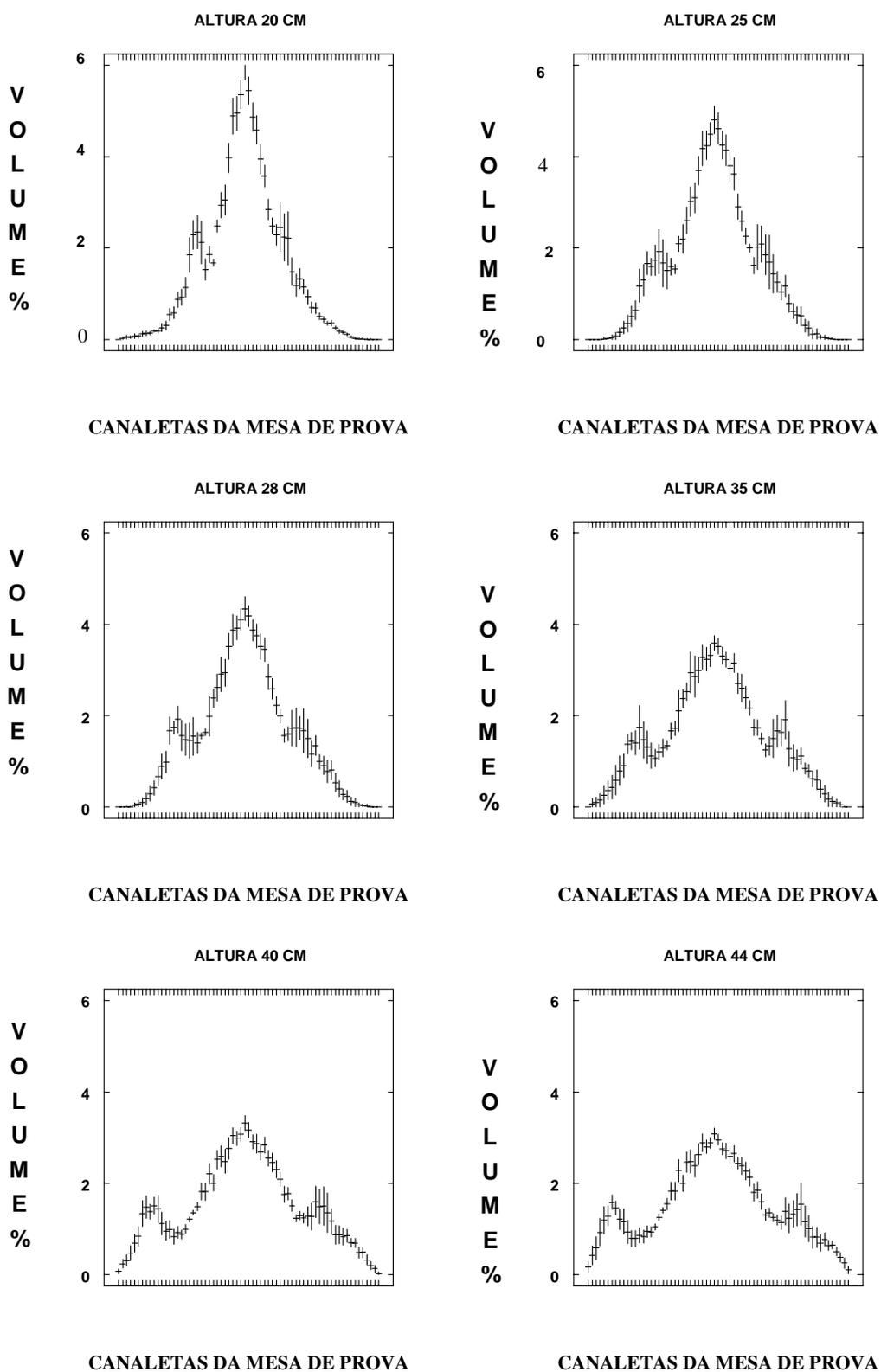


Figura 2. Padrões de distribuição de 10 bicos TJ60-11006, pressão 310 kPa (45 lbf/pol²), em seis alturas, com o volume percentual e respectivo intervalo de 95% de confiança, depositado em cada uma das 67 canaletas de 2,5 cm.

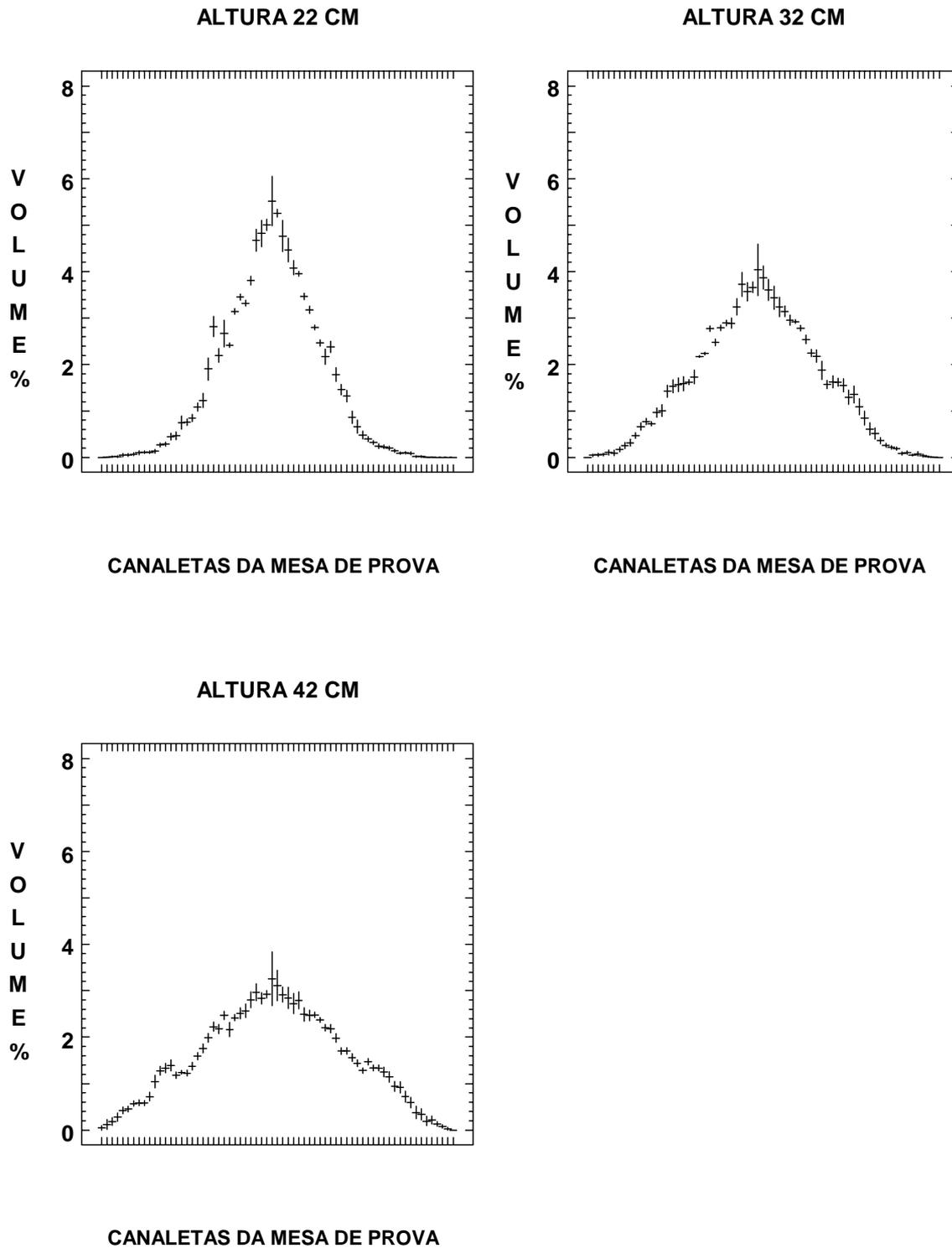


Figura 3. Padrões de distribuição de 10 bicos TJ6011010 pressão 276 kPa (40 lbf/pol²), em três alturas, com distribuição porcentual do volume e respectivo intervalo de 95% de confiança, depositado em cada uma das 67 canaletas de 2,5 cm (abscissa)

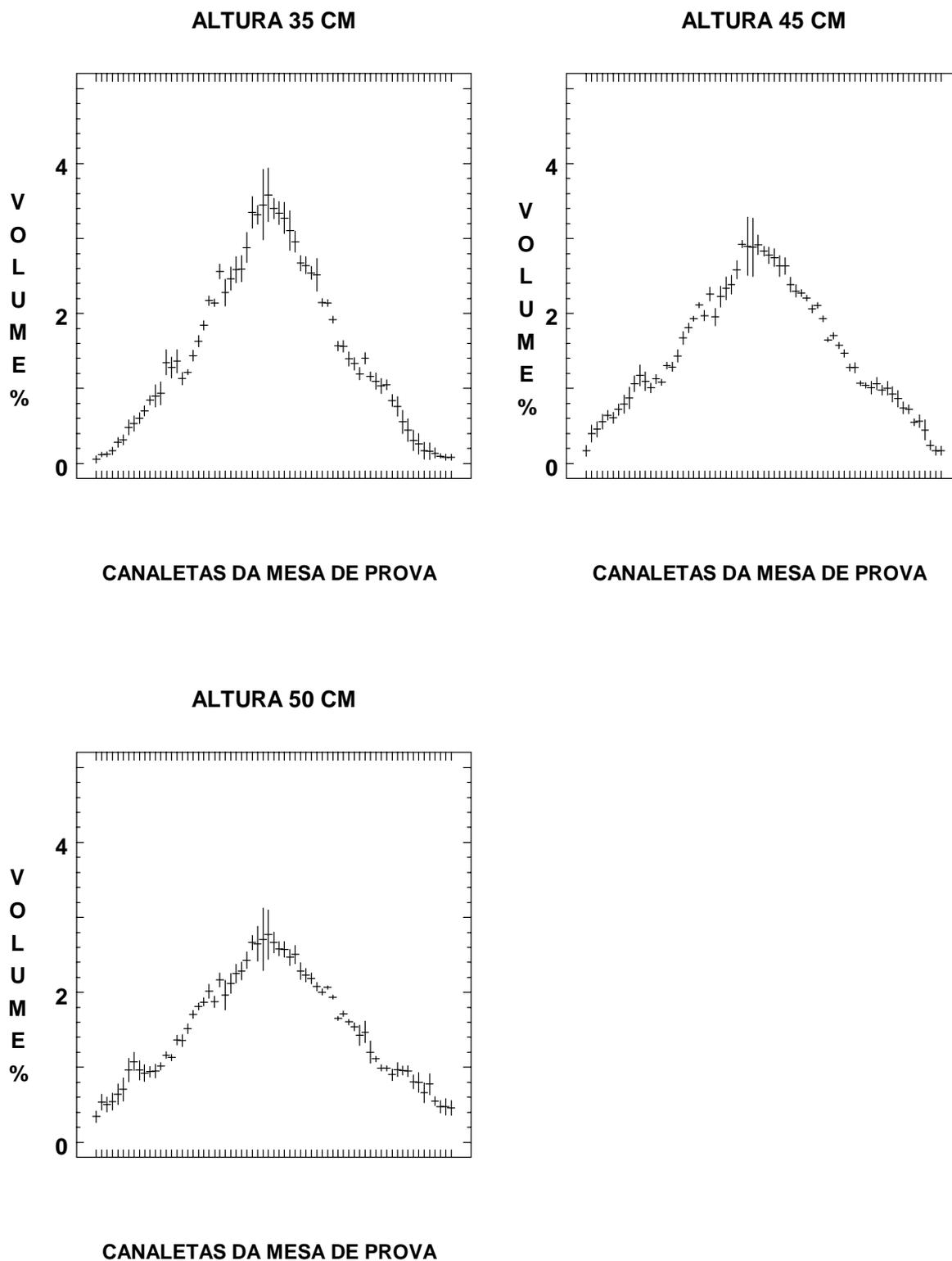


Figura 4. Padrões de distribuição de 10 bicos TJ6011010 pressão 414 kPa (60 lbf/pol²), em três alturas, com distribuição percentual do volume e respectivo intervalo de 95% de confiança, depositado em cada uma das 67 canaletas de 2,5 cm (abscissa).

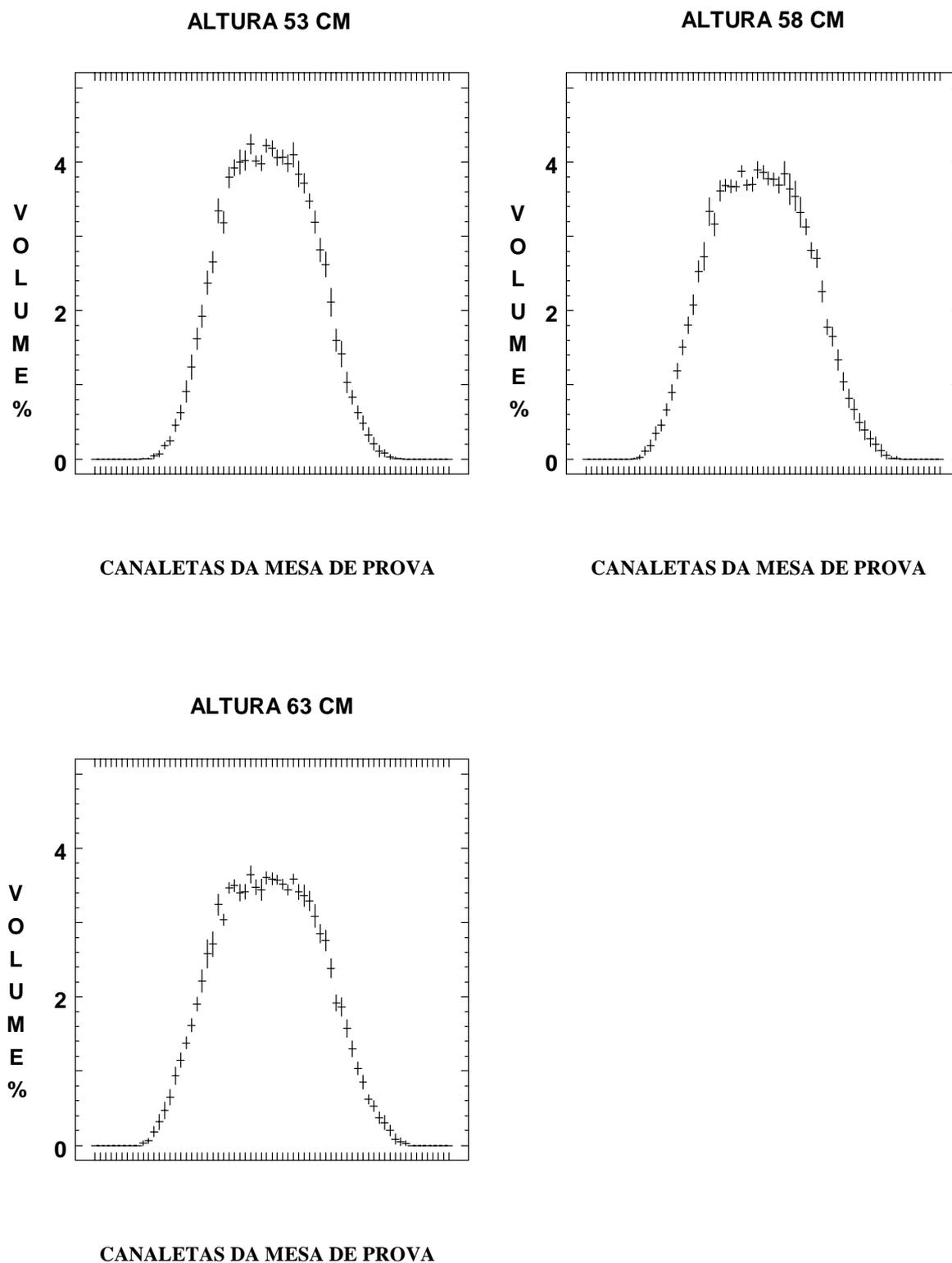


Figura 5. Padrões de distribuição de 10 bicos TJ608010 pressão 262 kPa (38 lbf/pol²), em três alturas, com distribuição percentual do volume e respectivo intervalo de 95% de confiança, depositado em cada uma das 67 canaletas de 2,5 cm (abscissa).

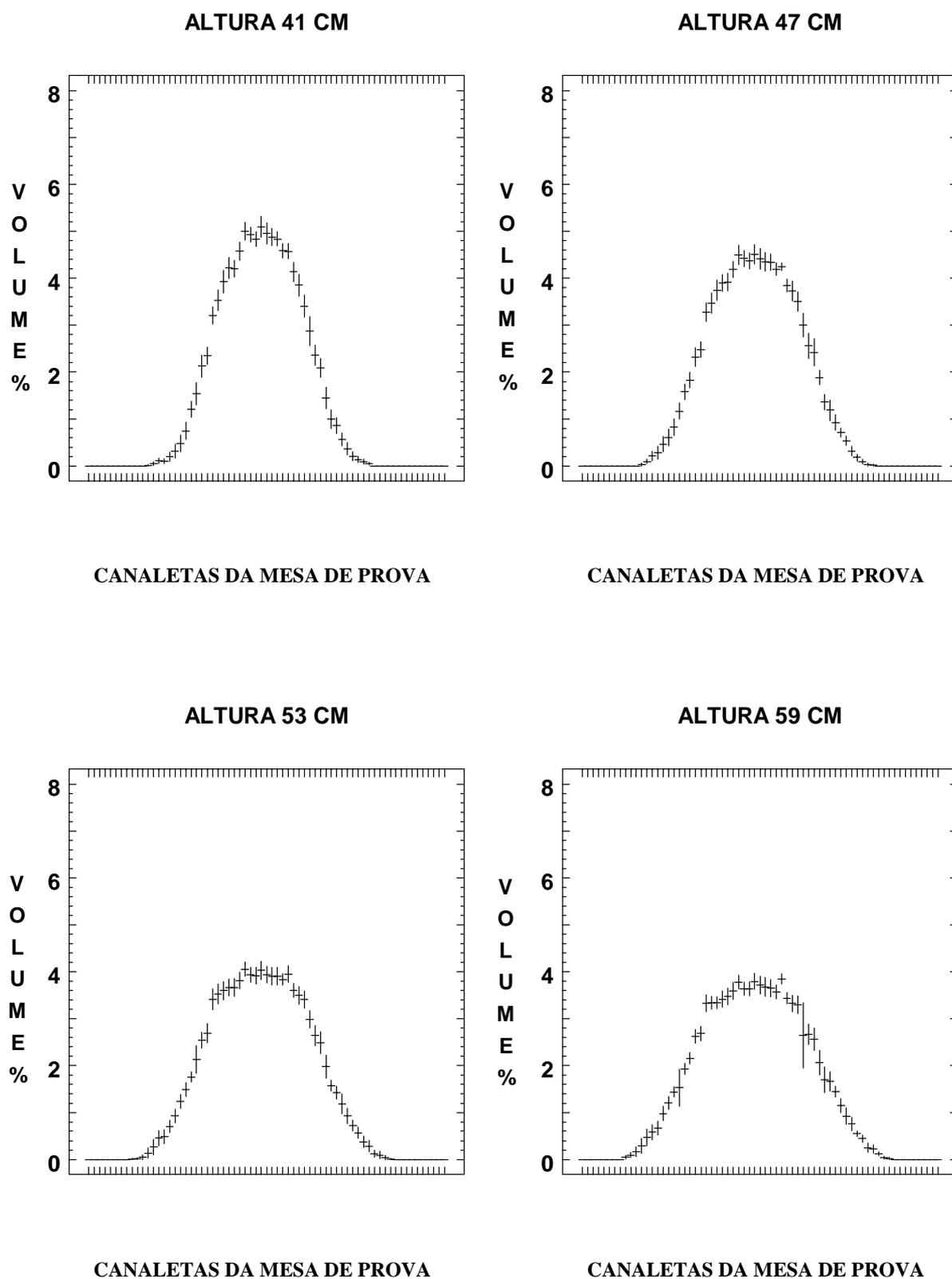
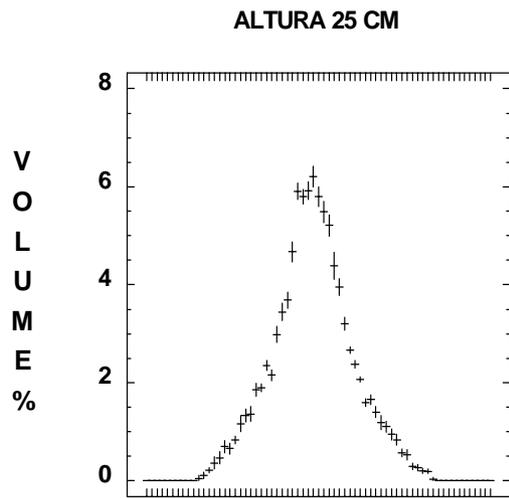
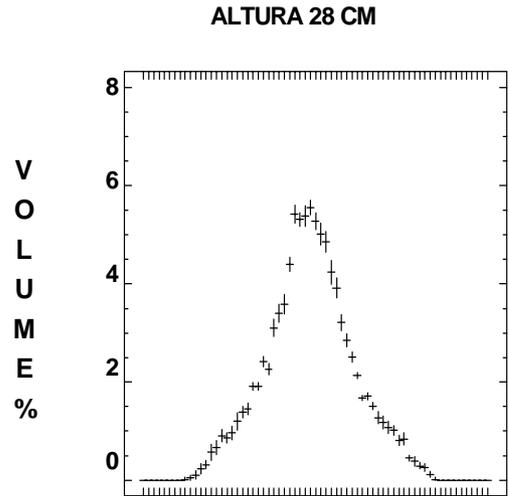


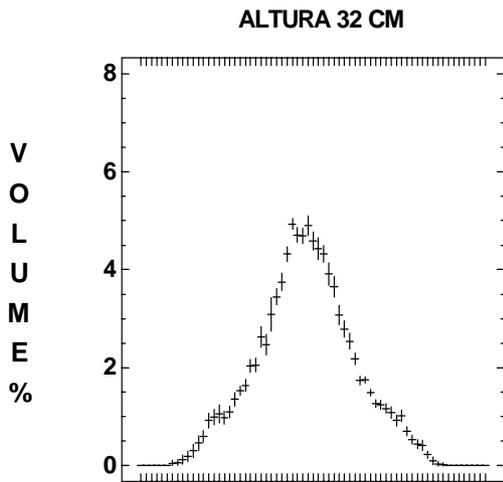
Figura 6. Padrões de distribuição de 10 bicos TJ608006 pressão 310 kPa (45 lbf/pol²), em quatro alturas, com distribuição percentual do volume e respectivo intervalo de 95% de confiança, depositado em cada uma das 67 canaletas de 2,5 cm (abscissa).



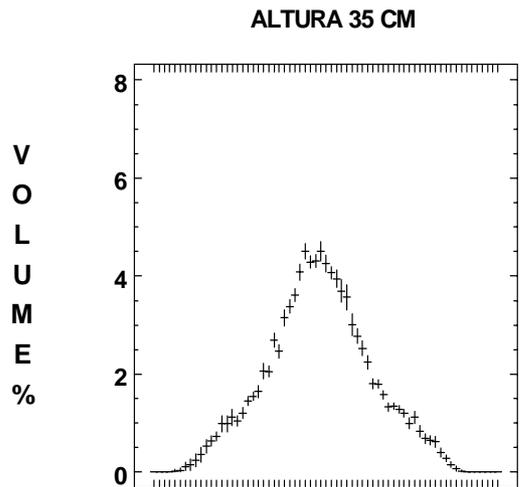
CANALETAS DA MESA DE PROVA



CANALETAS DA MESA DE PROVA



CANALETAS DA MESA DE PROVA



CANALETAS DA MESA DE PROVA

Figura 7. Padrões de distribuição de 10 bicos XR-11006 pressão 327kPa (47,5 lbf/pol²), em quatro alturas, com distribuição percentual do volume e respectivo intervalo de 95% de confiança, depositado em cada uma das 67 canaletas de 2,5 cm (abscissa).

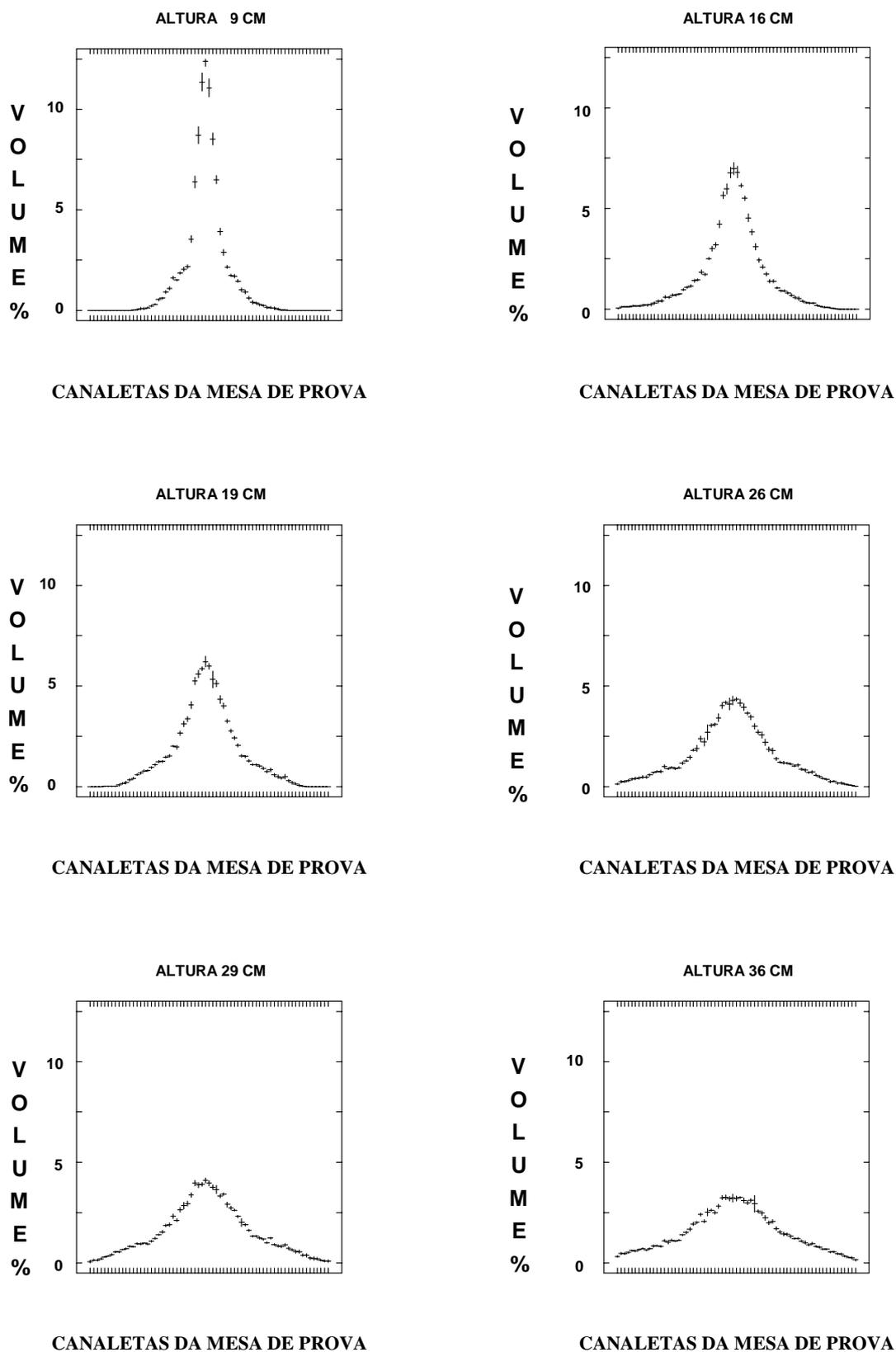


Figura 8. Padrões de distribuição de 10 bicos TF-VS4 pressão 207kPa (30 lbf/pol²), em seis alturas, com o volume percentual e respectivo intervalo de 95% de confiança, depositado em cada uma das 67 canaletas de 2,5 cm.

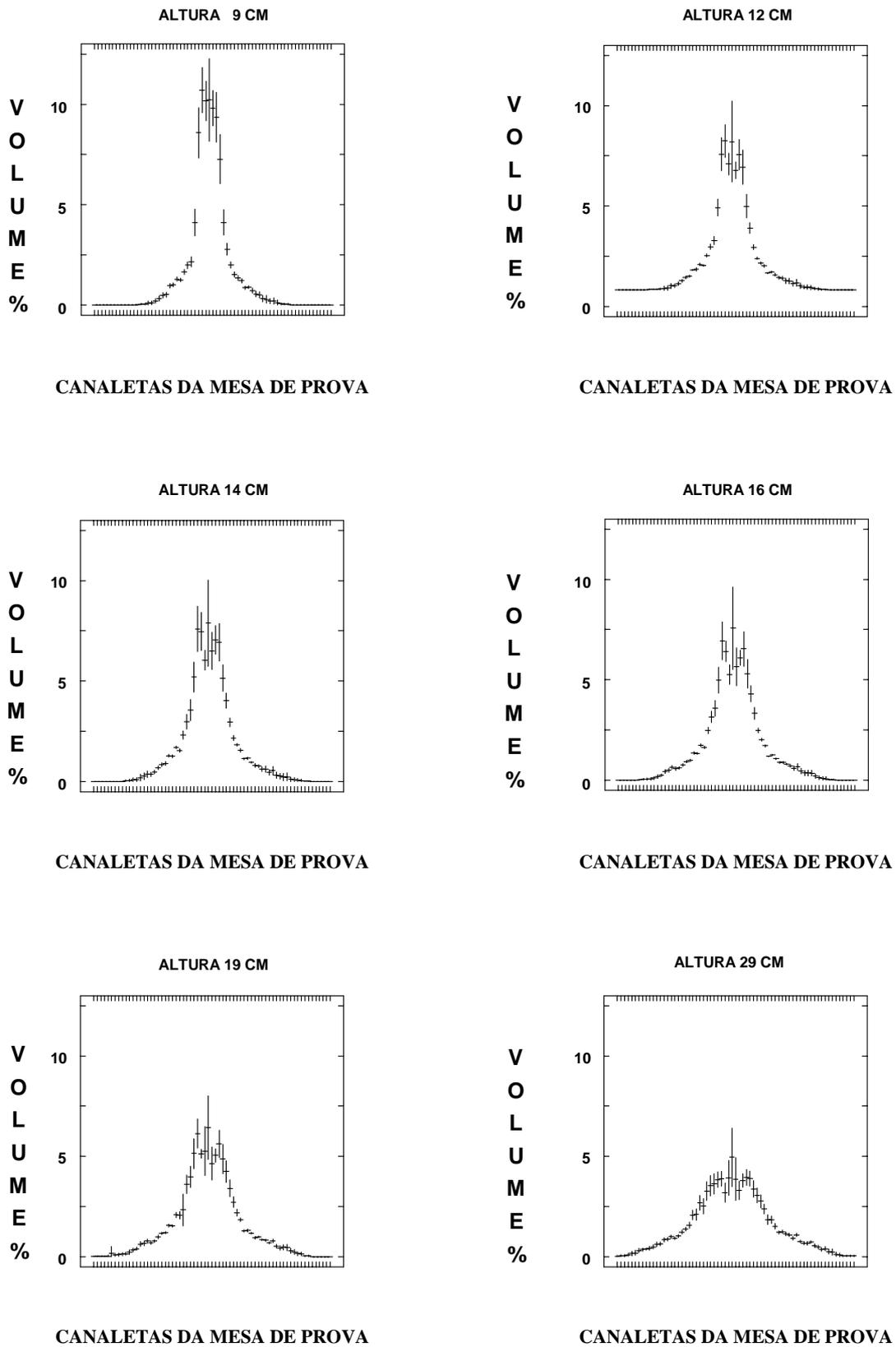


Figura 9. Padrões de distribuição de 10 bicos TQ15006 pressão 327 kPa (47,5 lbf/pol²), em seis alturas, com o volume percentual e respectivo intervalo de 95% de confiança, depositado em cada uma das 67 canaletas de 2,5 cm.

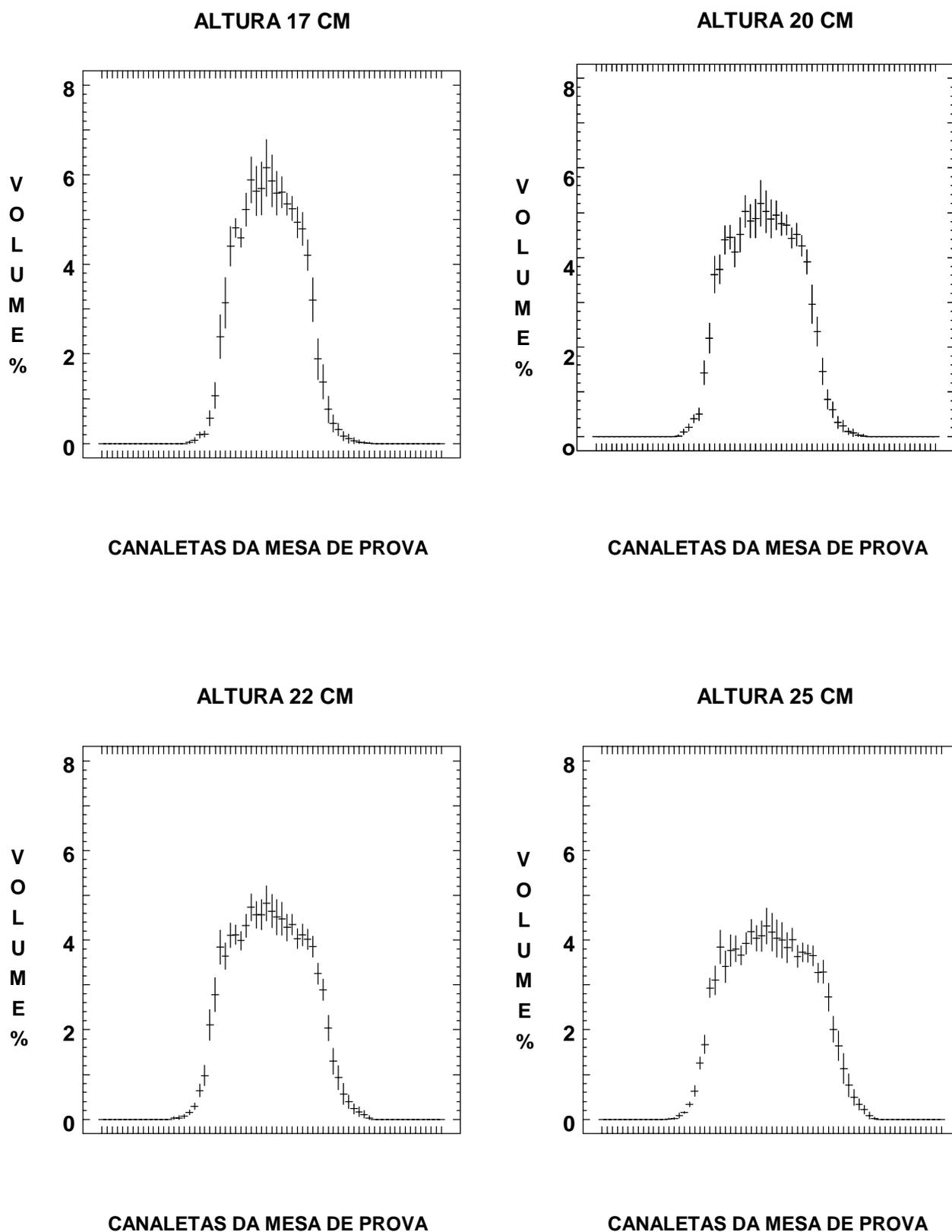


Figura 10. Padrões de distribuição de 10 bicos FL6,5 pressão 290 kPa (42 lbf/pol²), em quatro alturas, com distribuição percentual do volume e respectivo intervalo de 95% de confiança, depositado em cada uma das 67 canaletas de 2,5 cm (abscissa).

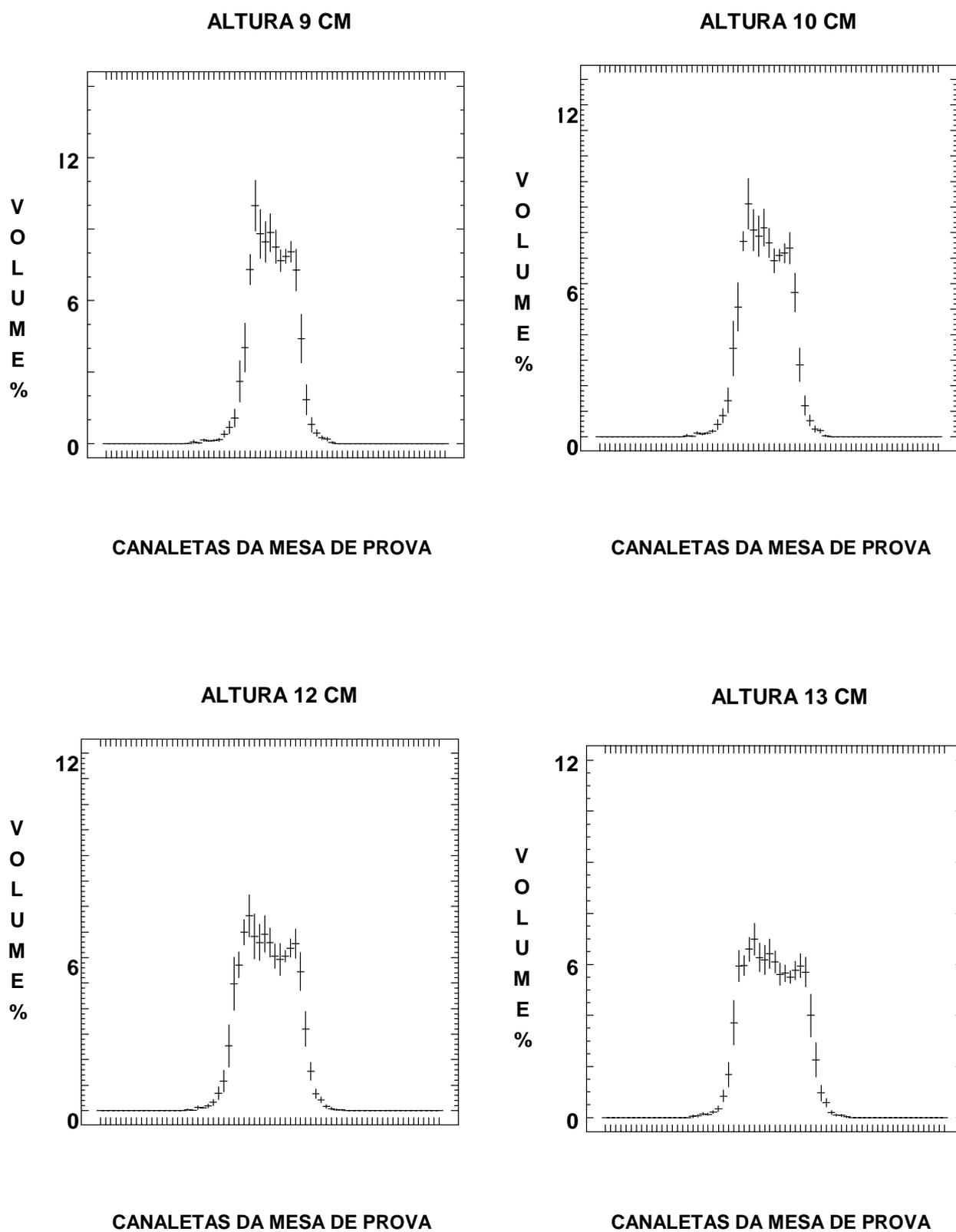


Figura 11. Padrões de distribuição de 10 bicos FL8 pressão 276 kPa (40 lbf/pol²), em quatro alturas, com distribuição percentual do volume e respectivo intervalo de 95% de confiança, depositado em cada uma das 67 canaletas de 2,5 cm (abscissa).

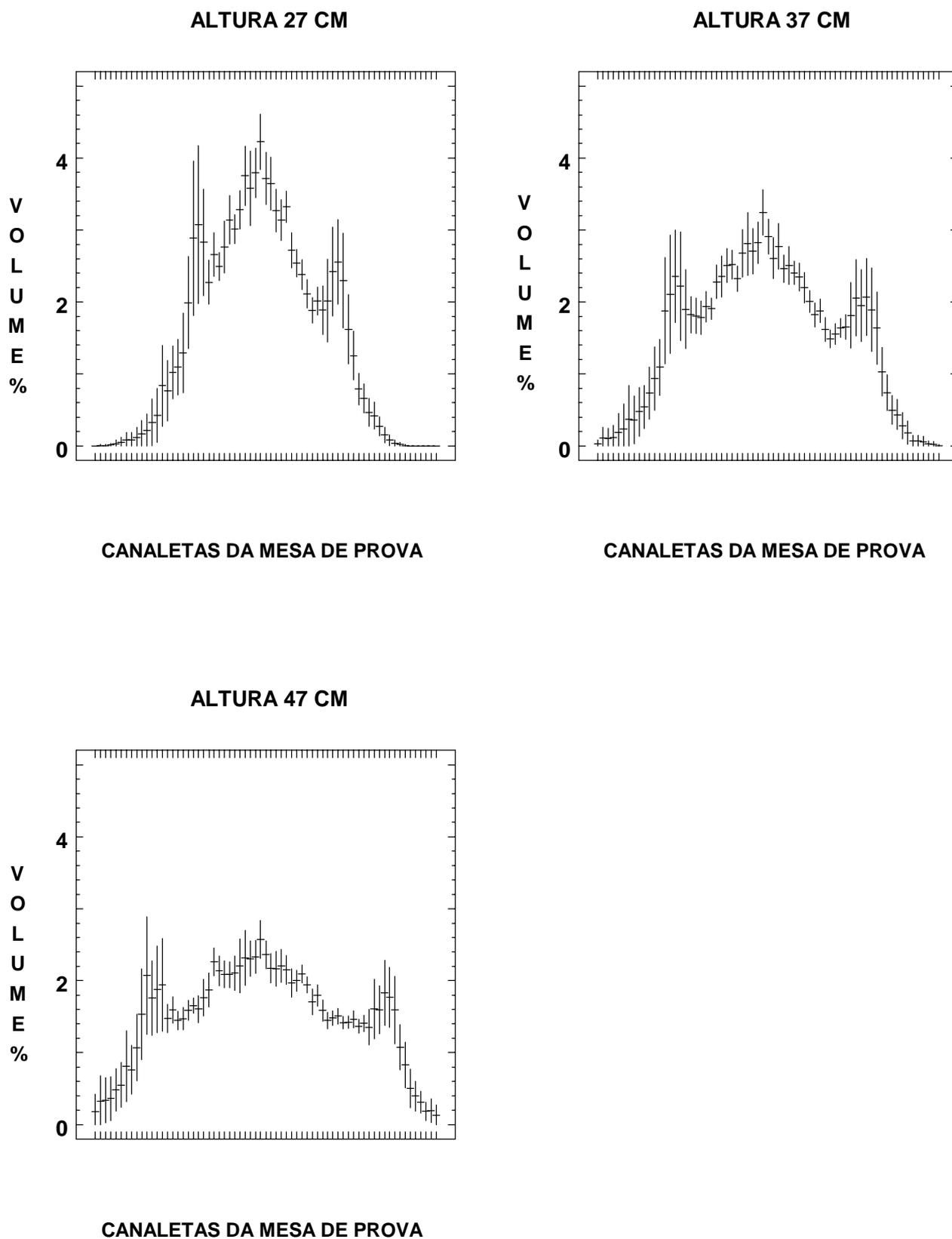


Figura 12. Padrões de distribuição de 10 bicos TKVB4 pressão 207 kPa (30 lbf/pol²), em três alturas, com distribuição percentual do volume e respectivo intervalo de 95% de confiança, depositado em cada uma das 67 canaletas de 2,5 cm (abscissa).

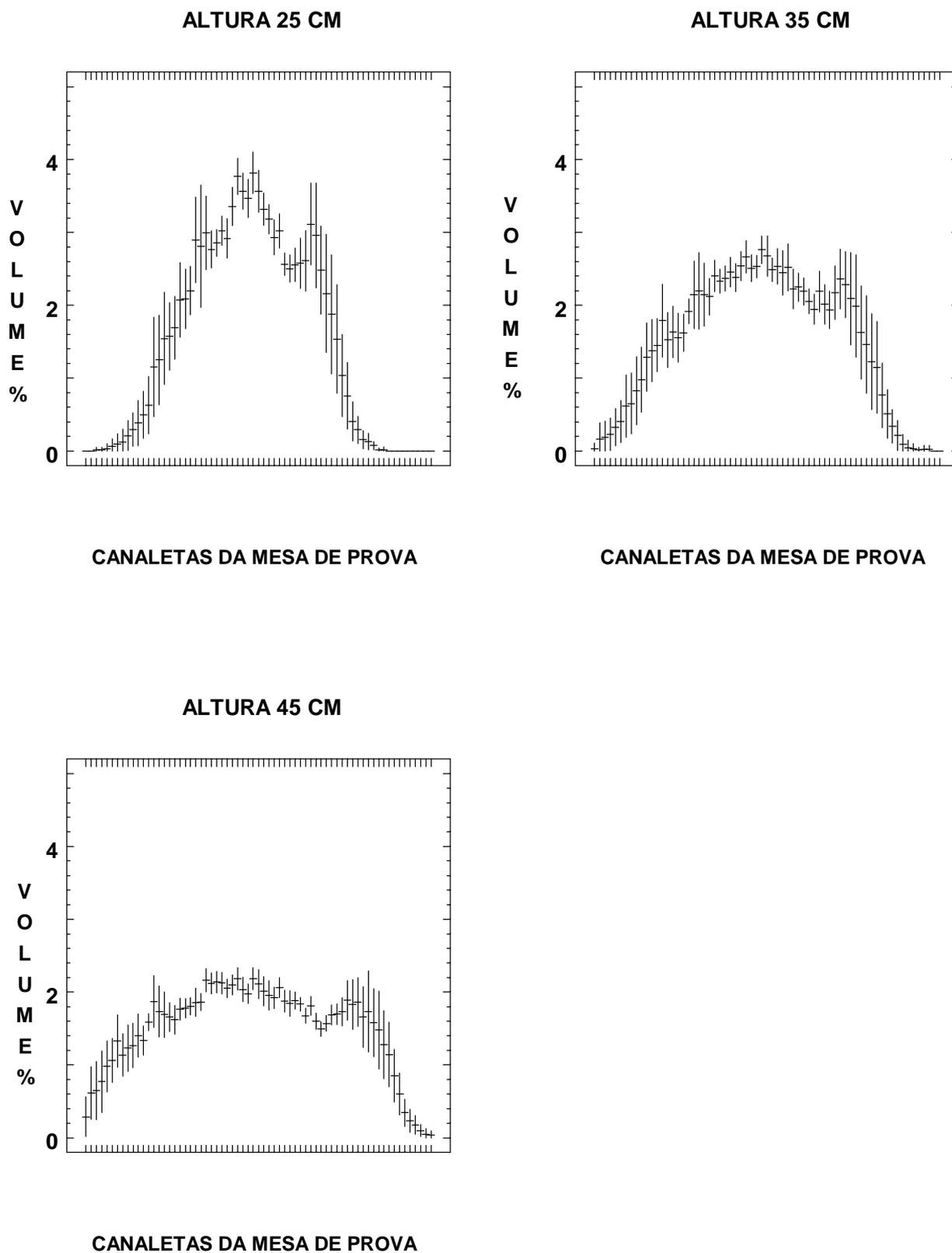


Figura 13. Padrões de distribuição de 10 bicos TKVB5 pressão 207 kPa (30 lbf/pol²), em três alturas, com distribuição percentual do volume e respectivo intervalo de 95% de confiança, depositado em cada uma das 67 canaletas de 2,5 cm (abscissa).

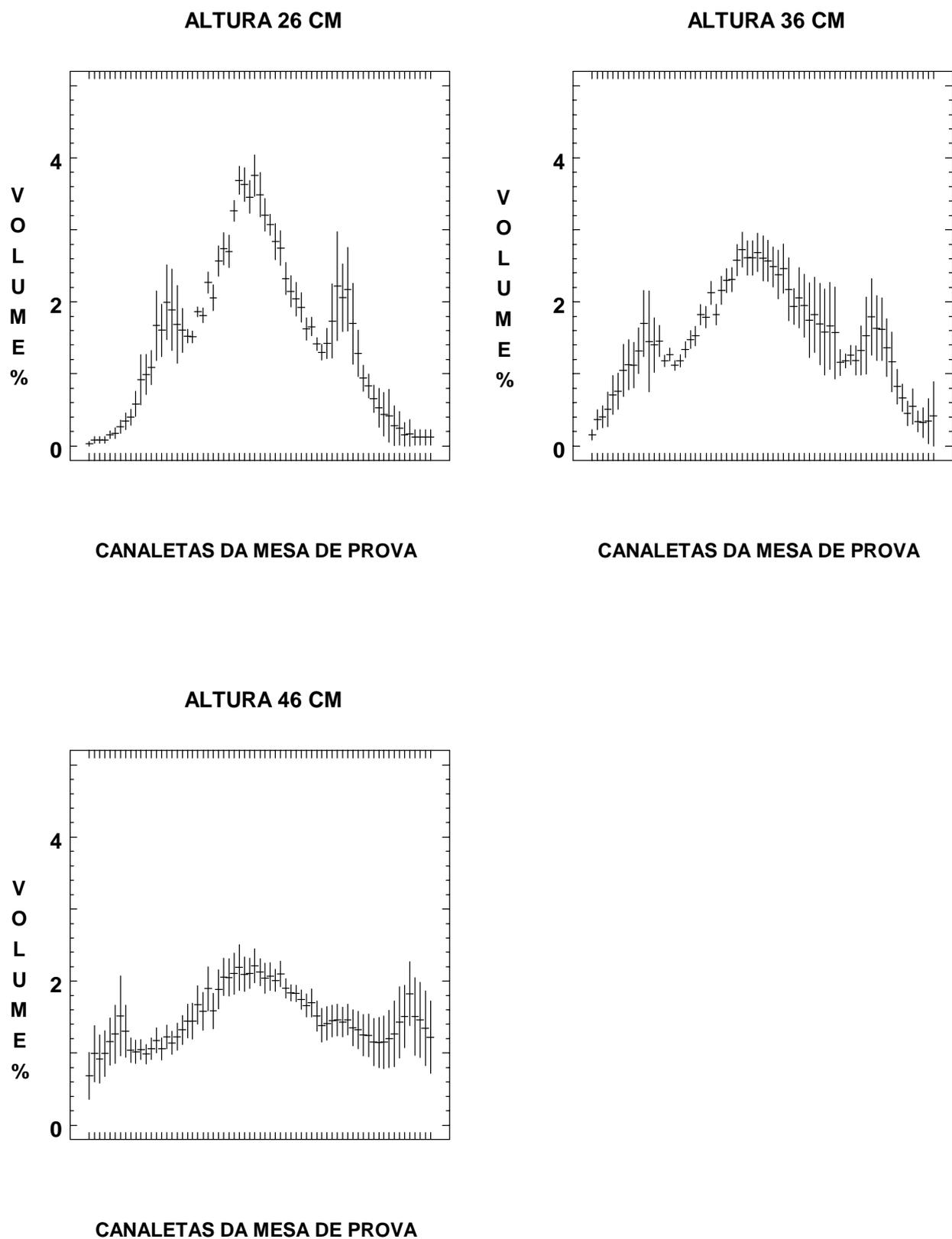


Figura 14. Padrões de distribuição de 10 bicos TKVB 7,5 pressão 207 kPa (30 lbf/pol²), em três alturas, com distribuição percentual do volume e respectivo intervalo de 95% de confiança, depositado em cada uma das 67 canaletas de 2,5 cm (abscissa).

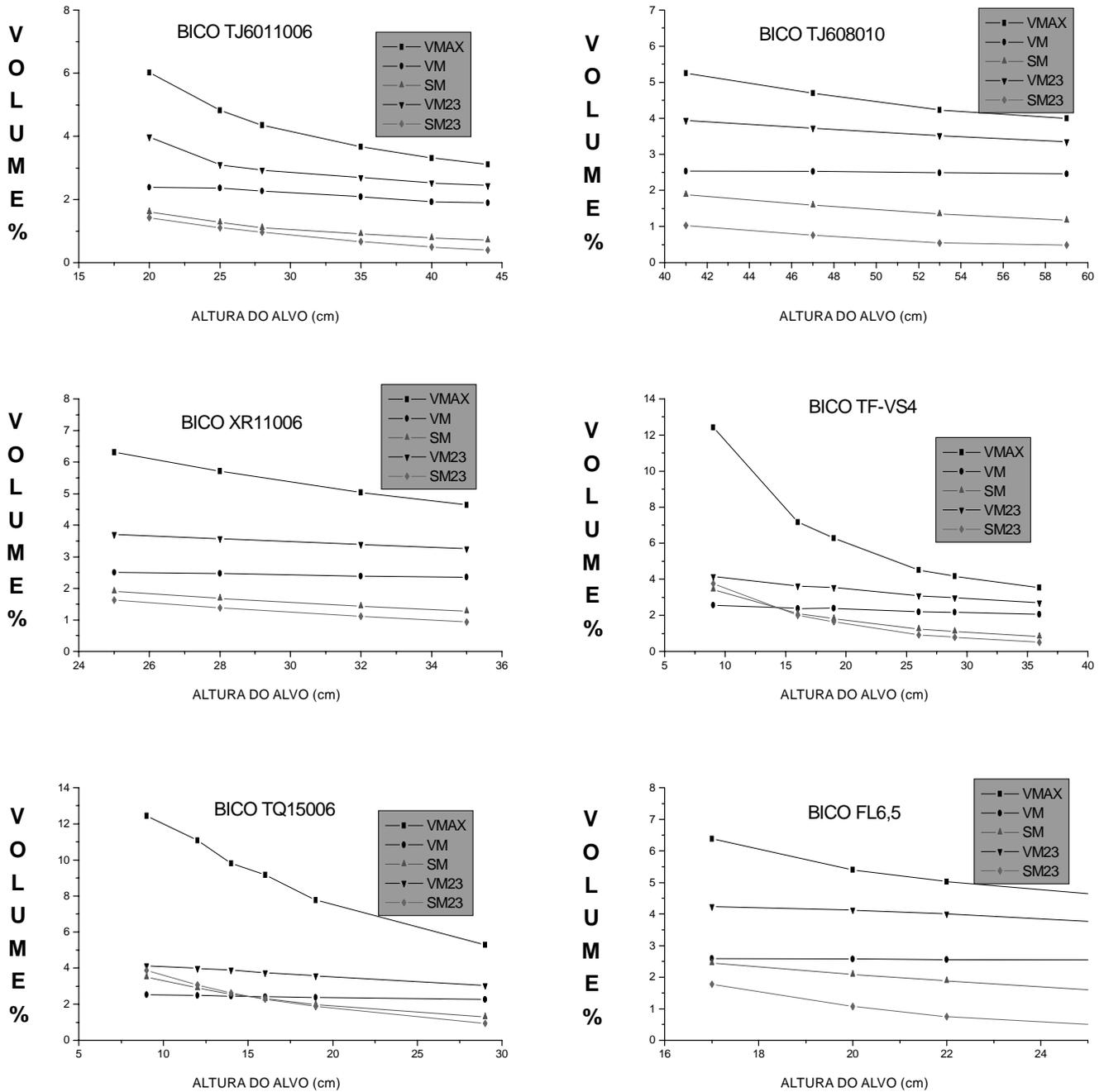


Figura 15. Efeitos das alturas do alvo em estatísticas-resumo dos padrões de algumas bicos. VMAX = média dos volumes máximos, VM = média dos volumes médios, SM= média dos desvios-padrão, VM23 = média dos volumes médios nas 23 canaletas centrais, SM23 = média dos desvios-padrão nas 23 canaletas centrais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação dos bicos hidráulicos foi realizada através da vazão e do padrão de distribuição, em diversas alturas e em alguns casos com diferentes pressões.

O padrão de distribuição ou de deposição nas 67 canaletas da mesa de prova, bem como os respectivos intervalos de confiança (segmento vertical), para cada altura, pressão e tipo de bico. Em cada figura, são apresentados os gráficos em várias alturas, para o mesmo tipo de bico e pressão de trabalho (figuras 1 a 14). No quadro 1 estão as estatísticas-resumo das 55 situações e também as vazões proporcionadas pelos bicos.

As vazões médias obtidas mostraram coeficientes de variação inferiores a 2,5 % (Quadro 1), indicando a boa repetitividade de vazão dos bicos. MATUO et al. (1994), PERECIN et al. (1994), PERESSIN et al. (1996) e PERECIN et al. (1998) também encontraram boa repetitividade no que se refere à vazão dos diferentes tipos de bicos avaliados, mostrando que a dificuldade da fabricação de bicos não está apenas na confiabilidade de vazão, mas também no padrão de distribuição.

Os gráficos permitem análises mais detalhadas, mostrando as barras verticais que expressam a amplitude do intervalo de 95% de confiança, as quais indicam a precisão dos bicos em cada canaleta ou posição.

Observa-se que os bicos TJ apresentaram picos nas laterais intermediárias do padrão, os quais foram mais evidentes em TJ60-11006, bem menos evidente em TJ60-11010 e inexistentes em TJ60-8006 e TJ60-8010. PERECIN et al. (1998) já havia relatado esse problema e sugeriram que o tipo de jato (jato plano duplo comum) pode ser o responsável por tais picos, não descartando uma possível contribuição devido à inclinação da mesa de prova ou mesmo problemas na fabricação dos bicos, principalmente em TJ60-11006.

Os bicos XR, TF e FL foram os que apresentaram os melhores padrões, sem problemas localizados como TJ e TQ. Os bicos TQ mostraram problemas nas canaletas centrais e uniformidade similar a TF e XR em outras posições.

Finalmente, observa-se que os bicos TK foram os piores, pois, além de apresentar de forma quase generalizada mais variabilidade, mostraram variações de padrão quando se comparam com os bicos TK-VB4, TK-VB5 e TK-VB7,5.

Dessa forma, pode-se dizer que os melhores bicos foram TF e XR, seguidos por TJ60-8010, TJ60-8006,

TJ60-11010 e FL. No que se refere a TJ60-11006 e TQ, ambos apresentaram problemas localizados e TK foi considerado o pior, entre os bicos avaliados.

GALLI et al. (1983) constataram diferenças apreciáveis nos padrões de deposição entre alguns tipos de bicos, recomendando a realização de cuidadosos testes antes do seu emprego. Os resultados encontrados, no tocante aos bicos TK, TQ e TJ são preocupantes e evidenciam a necessidade da elaboração desses testes.

As barras de pulverização também vão refletir as qualidades e os defeitos do padrão do bico em cada situação. Sabe-se que quanto melhor for o padrão de distribuição melhor será o desempenho de cada bico na barra de pulverização. Embora WOLF e SMITH (1979), DEBOER e WIENS (1983), SARTORI (1985) tenham sugerido que um coeficiente de variação de 10% a 15% ou menos produza uma satisfatória uniformidade de distribuição do líquido pulverizado, PERECIN et al. (1998) sugeriram para experimentos desenvolvidos em condições de laboratório, que os coeficientes de variação aceitáveis na prática devem ser até inferiores a 10%, uma vez que, em condições de campo, tais valores tendem a aumentar, quer pelas condições climáticas inerentes por ocasião da aplicação, quer pelos movimentos desordenados da barra de pulverização, conforme enfatizado por NATION (1982).

Quanto às estatísticas-resumo de cada gráfico (Quadro 1), nota-se que quase todas tendem a diminuir com a altura, em consequência do espalhamento. Como são médias de 10 exemplares de cada situação, há certa suavidade, mostrando apenas maiores desvios-padrão para os piores bicos ou situação inadequada de altura do alvo para o tipo de bico utilizado. Conforme mostrado na figura 15, para seis dos 14 tipos de bicos, o efeito da altura é linear e praticamente paralelo para os volumes médios VM e VM23; há uma pequena curvatura para os volumes máximos VMAX, como também para os desvios-padrão SM e SM23, quase coincidentes, mostrando que há apenas maior espalhamento à medida que aumenta a altura do alvo, sem alterar muito o padrão (exceto pela pequena curvatura dos desvios-padrão).

Foram analisados alguns modelos para tentar explicar a não-linearidade presente, sobretudo em VMAX e em SM, e um modelo que se adaptou bem, com $R^2 > 0,99$, foi o exponencial decrescente: $y = y_0 + A \exp[-(x - x_0)/k]$, em que y é a resposta VMAX ou SM e x é a altura do alvo; x_0 é a altura mais baixa usada para o bico em questão e y_0 é a resposta predita na teórica maior altura; A e k são parâmetros estimados – o primeiro expressa a amplitude entre as respostas preditas na teórica maior altura e em x_0 , o segundo é uma constante de decrescimento.

Quadro 1. Vazão dos bicos e estatísticas-resumo dos padrões de distribuição da calda em diferentes alturas, para as 55 situações analisadas

Bico	Pressão	Vazão	Altura	Estatísticas-resumo dos padrões (¹)					
	Média	C.V.		VMAX	VM	SM	VM23	SM23	
	%	(mL/min.)	cm						
TJ60-11006	35,0	1100,0	1,00	24	5,17	2,37	1,33	3,19	1,15
				27	4,67	2,31	1,12	3,00	0,99
				31	4,05	2,20	0,97	2,82	0,79
TJ60-11006	45,0	1167,8	0,86	20	6,02	2,38	1,60	3,98	1,42
				25	4,82	2,36	1,27	3,10	1,10
				28	4,35	2,27	1,10	2,93	0,96
				35	3,67	2,09	0,91	2,70	0,66
				40	3,32	1,93	0,78	2,52	0,49
				44	3,11	1,89	0,71	2,44	0,40
TJ60-11010	40,0	1670,0	1,13	22	5,53	2,41	1,62	2,41	1,08
				32	4,11	2,30	0,95	2,30	0,60
				42	3,35	2,09	0,66	2,09	0,37
TJ60-11010	60,0	2033,5	0,54	35	3,67	2,15	0,82	2,15	0,51
				45	3,05	2,00	0,61	2,00	0,35
				50	2,85	1,95	0,50	1,95	0,30
TJ60-8010	38,0	1648,5	0,90	53	4,37	2,50	1,48	3,64	0,60
				58	4,04	2,48	1,27	3,46	0,44
				63	3,72	2,46	1,09	3,30	0,34
TJ60-8006	45,0	1155,0	1,04	41	5,25	2,54	1,88	3,94	1,03
				47	4,70	2,53	1,59	3,72	0,76
				53	4,23	2,49	1,35	3,52	0,54
				59	4,00	2,46	1,17	3,35	0,49
XR-11006	47,5	1166,5	0,95	25	6,31	2,50	1,90	3,70	1,63
				28	5,71	2,47	1,68	3,57	1,38
				32	5,04	2,38	1,43	3,39	1,11
				35	4,64	2,35	1,27	3,25	0,93
TF-VS4	30,0	1158,5	2,48	09	12,42	2,56	3,45	4,15	3,76
				16	7,16	2,37	2,09	3,64	2,01
				19	6,29	2,39	1,81	3,54	1,65
				26	4,51	2,19	1,24	3,09	0,91
				29	4,17	2,17	1,10	2,98	0,78
				36	3,53	2,06	0,82	2,69	0,50
TQ-15006	47,5	1168,7	1,07	09	12,44	2,53	3,50	4,14	3,87
				12	11,08	2,48	2,91	3,99	3,07
				14	9,80	2,46	2,57	3,89	2,62
				16	9,18	2,42	2,30	3,75	2,28
				19	7,77	2,37	1,98	3,58	1,87
				29	5,30	2,26	1,29	3,03	0,94

Continua

Conclusão

Bico	Pressão	Vazão	Altura	Estatísticas-resumo dos padrões (¹)					
	Média	C.V.		VMAX	VM	SM	VM23	SM23	
	%	(mL/min.)	cm						
FL-6,5	42,0	1173,3	2,17	17	6,38	2,59	2,45	4,24	1,78
				20	5,40	2,58	2,09	4,13	1,07
				22	5,03	2,56	1,88	4,00	0,75
				25	4,64	2,55	1,60	3,76	0,50
FL-8	40,0	1159,5	2,17	09	10,27	10,27	3,62	4,32	3,80
				10	9,38	9,38	3,40	4,33	3,44
				12	7,90	7,90	3,01	4,32	2,78
				13	7,39	7,39	2,84	4,31	2,47
TK-BV4	32,5	1174,5	1,49	27	4,74	2,38	1,13	2,98	0,75
				37	3,58	2,13	0,66	2,43	0,48
				47	3,25	1,83	0,45	2,11	0,34
TK-VB5	30,0	1175,6	0,98	25	4,23	2,40	1,09	3,05	0,55
				35	3,22	2,13	0,57	2,38	0,34
				45	2,61	1,84	0,31	1,99	0,22
TK-VB7,5	30,0	1833,5	1,36	26	3,94	2,17	0,86	2,65	0,74
				36	3,24	1,84	0,66	2,25	0,50
				46	2,64	1,67	0,43	1,93	0,29

VMAX = volumes máximos; VM = volumes médios; SM = desvio-padrão; VM23 = volumes médios nas 23 canaletas centrais.

Quadro 2. Estimativas dos parâmetros do modelo exponencial decrescente, $y = y_0 + A \exp[-(x - x_0)/k]$, para representar os VMAX e os SM em função da altura do alvo, em seis bicos

Bico	x_0	y_0	A	k
Estimativas para predição de VMAX (volume máximo)				
TJ60-11006	20	2,74	3,26	11,38
TJ60-8010	41	3,35	1,91	16,27
FL-6,5	17	4,17	2,21	5,21
TQ-15006	9	1,60	10,90	18,27
TF-11006	9	3,17	9,23	8,80
XR-11006	25	2,45	3,86	17,58
Estimativas para predição de SM (desvio-padrão)				
TJ60-11006	20	0,55	1,04	13,17
TJ60-8010	41	0,45	1,42	25,92
FL-6,5	17	0,00	2,45	18,80
TQ-15006	9	0,76	2,74	12,24
TF-11006	9	0,56	2,88	11,61
XR-11006	25	0,18	1,72	21,96

Obs: y é a resposta VMAX ou SM e x é a altura do alvo, x_0 é a altura mais baixa usada para o bico em questão e y_0 é a resposta predita na teórica maior altura; A e k são parâmetros estimados, o primeiro expressa a amplitude entre as respostas preditas na teórica maior altura e em x_0 , o segundo é uma constante de decaimento.

No quadro 2, estão os valores de x_0 , y_0 , A e k para os valores de VMAX e de SM dos seis diferentes tipos de bicos, mostrados na figura 15, em várias alturas.

O valor k é importante para a interpretação, representa o decrescimento da curva, quanto maior o seu valor, maior é a linearidade do espalhamento. Por exemplo, no caso do bico XR 11006 podem ser usados os modelos lineares simples: $VMAX = 10,437 - 0,167 x$; $SM = 3,4579 - 0,062 x$; de forma equivalente aos modelos do quadro 2, pois o valor de k é alto. De forma similar, isso acontece com outros bicos, mostrando menos linearidade quando k é menor (ver bico TF-VS4).

O conhecimento dessas equações permite reproduzir, pelo menos aproximadamente, o padrão do bico em qualquer altura, usando para isso uma função de distribuição acumulada (normal ou triangular, por exemplo), conforme MAWNER e MILLER (1989).

4. CONCLUSÕES

1. Os bicos XR, TF e FL foram os que apresentaram os melhores padrões. Os bicos TJ e TQ apresentaram, em seus padrões, problemas localizados, e TK, os piores padrões.

2. O efeito da altura é linear e praticamente paralelo para os valores médios VM e VM23 e há uma pequena curvatura para os volumes máximos VMAX, bem como para os desvios-padrão SM e SM23. A não-linearidade presente, principalmente em VMAX e em SM, pode ser explicada por um modelo exponencial decrescente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DeBOER, L.J.; WIENS, E.H. *Test procedures for granular applicator performance testing*. St. Joseph, MI: ASAE, 1983. (ASAE Paper n.º 83-1504).
- GALLI, J.C.; MATUO, T.; SIQUEIRA, E.C. Padrão de distribuição de alguns bicos hidráulicos. *Planta Daninha*, Piracicaba, v.6, n.2, p.144-150, 1983.
- MAWNER, C.J.; MILLER, C.H. Effect of roll angle and nozzle spray pattern on the uniformity of spray volume distribution below a boom. *Crop Protection*, v.8. p.217-223, 1989.
- MATUO, T. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: GRAZIANO NETO, F. (Ed.). *Uso de agrotóxico e receituário agrônomo*. São Paulo: Agroedições, 1982. p.103-106.
- MATUO, T.; PERESSIN, V.A.; PERECIN, D.; PIO, L.C.; BRAZ, B.A. Aplicação em jato dirigido em cana-de-açúcar. I. Espaçamento entre bicos TwinJet para aplicação do herbicida MSMA. *Engenharia Agrícola*, Campinas, v.14, p.69-82, 1994.
- NATION, H.J. The dynamic behaviour of field sprayer booms. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v.36, p.61-70, 1982.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Material de lucha contra los vectores*. Ginebra, 1976. 189p.
- PERECIN, D.; PERESSIN, V.A.; MATUO, T.; BARBOSA, J.C.; PIO, L.C.; BRAZ, B.A. Padrões de distribuição obtidos com bicos TwinJet, em função da altura e do espaçamento entre bicos. *Engenharia Agrícola*, Campinas, v.14, p.19-30, 1994.
- PERECIN, D.; PERESSIN, V.A.; MATUO, T. Coefficient of variations in a agricultural spray boom. *Biometric Bulletin*, Washington, v.13, n.3, p.5, 1996. (Abstract).
- PERECIN, D.; PERESSIN, V.A.; MATUO, T.; BRAZ, B.A.; PIO, L.C. Padrões de distribuição obtidos com bicos TF-VS4, TJ60-11006 e TQ15006 em mesa de prova. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.33, n.2, p.175-82, 1998.
- PERESSIN, V.A.; MATUO, T.; PERECIN, D.; PIO, L.C.; BRAZ, B.A. Aplicação em jato dirigido em cana-de-açúcar. II. Espaçamento entre bicos turbo floodjet para a aplicação de herbicidas. *Planta Daninha*, Londrina, v.14, p.86-92, 1996.
- ROTH, L.O.; WHITNEY, R.W.; KUHLMAN, D.K. Application uniformity and some non-symmetrical distribution patterns of agricultural chemicals. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, v.28, n.1, p.47-50, 1985.
- SARTORI, S. Pulverizadores para aplicação terrestre tratorizada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS, 1., 1985. Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: FUNEP, 1985. p. 47-79.
- SILVA, J.G. da. Equipamentos e métodos de aplicação de herbicidas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.8, n.87, p.44-54, 1982.
- VELINI, E.D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D.L.P.; UEDA, A.; RODRÍGUEZ, B.N.; MARTINS, D.; KARAM, D.; ALMEIDA, F.S.; ALMEIDA, J.C.V. de.; FOLONI, L.L.; VALÉRIO, M.A.; SILVA, S.C. *Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas*. Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995. 42p.
- WOLF, D.D. e SMITH, E.S. Uniformity of seed and fertilizer distribution with a hand-operated spinning spreader. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, v.22, n.4, p.761-762, 1979.