

# ANÁLISE DAS DEPOSIÇÕES DA PULVERIZAÇÃO AÉREA SIMULANDO A APLICAÇÃO DE *METARHIZIUM ANISOPLIAE* (METSCH) NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR <sup>(1)</sup>

HERMES GERALDO CORRÊA <sup>(2)</sup>, CLAUDIO LUÍS MESSIAS <sup>(3)</sup>, JOSÉ BARTOLOMEU HIGINO  
DE CARVALHO <sup>(4)</sup> e ONDINO CLEANTE BATAGLIA <sup>(5)</sup>

## RESUMO

Aplicações de inseticida biológico constituído de esporos do fungo *Metarhizium anisopliae* (Metsch) têm controlado satisfatoriamente a cigarrinha-da-cana, *Mahanarva posticata* (Stal), importante praga da cana-de-açúcar, em Alagoas. Este trabalho analisa as deposições da aplicação aérea na cultura da cana-de-açúcar, utilizando traçantes químicos e corantes. Foram determinados os depósitos do magnésio em fitas de papel acetinado colocadas transversalmente à linha de voo e mediante análises de gotas recolhidas em cartões *kromekote* dispostos paralelamente às fitas. Nas condições em que as aplicações foram realizadas, verificou-se que nas faixas sobrepostas de 20 m, a recuperação foi de 44,5%, 60% da qual se perde no solo de modo que, no final, apenas 18% do que foi aplicado efetivamente se deposita sobre a massa vegetal da cana. Portanto, se for realizada uma aplicação do entomopatógeno nas condições do ensaio, ela deverá apresentar uma deposição efetiva de aproximadamente 1/5 do total dos esporos aplicados por unidade de área.

**Termos de indexação:** pulverização aérea, tecnologia de aplicação, defensivos agrícolas.

## ABSTRACT

### AERIAL SPRAYING ANALYSIS FOR *METARHIZIUM ANISOPLIAE* (METSCH) APPLICATION IN SUGARCANE CROPS

Biological control of spitthebug, *Mahanarva posticata* (Stal) in sugarcane crop has been demonstrated possible and effective. Particular conditions in Northeastern of Brazil, where this pest causes severe damage, contribute to make aerial spraying suitable. Nevertheless, some good results in pest control are alternated with unsatisfactory ones. Some doubts on aerial spray application technology used have arisen, since technical informations obtained in this field are scarcies. This trial was carried out in Alagoas State, Brazil, in 30-7-1985 with the aim of improving the efficiency of aerial application of the above biological pesticide mentioned. This paper presents some spray deposit patterns obtained with the Brazilian aircraft, namely IPANEMA EMB 201-A. The aerial spray application using this Brazilian aircraft and lane separations of 20 m, gave recovery of 44.5%, while 60% of it was lost in the soil. There fore, only 18% of the spray application was effectively deposited on plant canopy.

**Index terms:** aerial spray application, aerial pest control, pesticides.

<sup>(1)</sup> Trabalho apresentado no 15º Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, São Paulo, 1986. Recebido para publicação em 7 de maio de 1991 e aceito em 14 de agosto de 1992.

<sup>(2)</sup> Seção de Máquinas de Implantação de Culturas e Aplicadoras de Defensivos, Divisão de Engenharia Agrícola (DEA), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Caixa Postal 26, 13212-240 Jundiá (SP).

<sup>(3)</sup> Departamento de Genética e Evolução, UNICAMP, Caixa Postal 1170, 13100-970 Campinas (SP).

<sup>(4)</sup> Associação de Plantadores de Cana de Alagoas (ASPLANA), Macció (AL).

<sup>(5)</sup> Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, IAC.

## 1. INTRODUÇÃO

A cigarrinha-das-folhas, *Mahanarva posticata* (Stal), foi introduzida nos canaviais de Pernambuco e Alagoas por volta de 1964. Condições climáticas favoráveis contribuíram para seu desenvolvimento, a ponto de, atualmente, constituir uma das principais pragas da cultura da cana, de acordo com Costa et al. (1981). Segundo os mesmos autores, o controle biológico empregando o entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Metsch) tem apresentado, em diversos aspectos, resultados superiores àqueles obtidos com a aplicação de defensivos agrícolas organossintéticos.

As condições normalmente existentes na cultura da cana-de-açúcar, naquela região, como: plantas adultas com altura superior a 2 m; ocupação de amplas áreas; mobilidade da cigarrinha; topografia acidentada em grande parte do terreno ocupado com a cultura, dificultando e mesmo impossibilitando o uso de tratores; coincidência do período de tratamento fitossanitário com o chuvoso, originando solos encharcados; necessidade de tratamento de extensas áreas em curtos períodos de estiagem; disponibilidade de mão-de-obra especializada em aplicação aérea e existência de resultados considerados satisfatórios no controle da cigarrinha com aplicação aérea do *Metarhizium*, são fatores que convergem para a aplicação aérea do fungo.

Na campanha de 1986, foram tratados em Alagoas, utilizando a aviação agrícola, aproximadamente 30.000 ha de cana com o *M. anisopliae*.

De acordo com Carvalho<sup>(6)</sup>, entomologista da Associação de Plantadores de Cana de Alagoas (ASPLANA), apesar dos resultados plenamente satisfatórios para controle do inseto em laboratório, ao nível de campo, a aplicação aérea não tem correspondido, isto é, ao lado de áreas onde o controle da praga tem-se mostrado satisfatório, há outras onde isso não acontece, embora os fatores envolvidos sejam os mesmos.

A análise da situação levantou indagações sobre a eficiência das aplicações. Como no campo da aplicação aérea, em nosso meio, é notória a carência de informações técnicas resultantes de ensaios específicos no meio onde o problema se apresenta,

a ASPLANA criou condições para realização deste trabalho, primeiramente para atender a suas necessidades, contribuindo, com isso, também para a utilização mais eficiente do avião agrícola brasileiro.

Diversas técnicas podem ser utilizadas na análise dos depósitos das aplicações (Isler, 1963; Akesson & Yates, 1964). Não será discutida a avaliação da cobertura proporcionada pelos depósitos de traçantes e sua distribuição, pois são estimativas que colocam ênfase no caráter qualitativo das aplicações.

A técnica mais elementar de análise dos depósitos emprega a contagem das gotas coletadas por unidade de área do alvo, faz a determinação do seu diâmetro médio volumétrico e, com um fator apropriado, fornece a estimativa do volume depositado por hectare. Essa técnica requer um corante para identificação das gotas sobre o alvo.

O método, além de laborioso, apresenta a restrição de conduzir a erros grosseiros, quando não se tem o devido cuidado no estabelecimento do diâmetro real das gotas (Saunders et al., 1976).

Para obter resultados mais precisos, os investigadores da aplicação aérea passaram a determinar os depósitos dos defensivos diretamente sobre alvos naturais (vegetais, solos) e artificiais (placas de vidro, cartões plásticos) (Ware et al., 1969).

A análise do defensivo recolhido diretamente do alvo, porém, nem sempre é prática e possível, seja devido ao alto custo das análises, seja pelas dificuldades inerentes à recuperação do defensivo sobre os alvos, acrescidas do problema de degradação, quando esta ocorre, pela estabilidade do produto (Akesson & Yates, 1964).

Numa etapa seguinte, passou-se a empregar processos indiretos para determinar a deposição, utilizando substâncias corantes, fluorescentes, e substâncias químicas estáveis que permitem o processamento fácil e apresentam alta sensibilidade na análise quantitativa (Yates, 1962; Yuill & Secrest, 1966; Sharp, 1974). Tais substâncias passaram a ser conhecidas como traçantes.

Os corantes solúveis em água ou óleo, diluentes comuns dos defensivos, já foram muito usados (Akesson & Yates, 1964; Yuill & Secrest, 1966). Nesta técnica, o traçante colorido é removido por lavagem da superfície de amostragem, e sua concentração, determinada em colorímetro pela comparação com a densidade ótica de padrões. Todavia, a validade

<sup>(6)</sup> J.B.H. CARVALHO. Informação pessoal, 1986.

do processo depende da persistência do traçante e, no caso dos corantes, da estabilidade da cor. Entretanto, verificou-se que os traçantes corantes apresentam notável deficiência nesse particular, uma vez que a estabilidade da cor depende das condições em que são utilizados, como calor, luz, hora da aplicação e estação do ano (Yates & Akesson, 1963).

Como os traçantes fluorescentes revelam maior estabilidade do que os corantes, Yates & Akesson (1963) elegeram, ao final de extenso trabalho, a sulfoflavina brilhante (BSF) como o traçante mais satisfatório para minuciosos ensaios de deriva, por apresentar a elevada sensibilidade requerida. Comprovaram esses autores a correlação linear entre o depósito do defensivo e o do traçante, porém verificaram que essa classe de traçantes também sofria degradação sob a luz solar (ainda que em menor grau que os corantes) e, em certos experimentos, não era possível estabelecer com precisão sua taxa de degradação, que variava com o tamanho das gotas e a natureza da superfície de amostragem (Yates et al., 1976).

Yates (1962) estudou um método mais eficiente para determinação dos depósitos da aplicação aérea utilizando sais solúveis de manganês e estrôncio, no qual os depósitos dos sais são analisados pelo espectrofotômetro de absorção atômica; além da vantagem da estabilidade das substâncias utilizadas o método apresenta uma sensibilidade muito alta.

Em face dessa evolução da técnica de determinação dos depósitos da aplicação aérea, decidiu-se, neste trabalho, utilizar como traçante o sulfato de magnésio hidratado (sal amargo), em lugar do manganês, pela sua maior sensibilidade, no método de detecção utilizado.

O aspecto que se deseja ressaltar é a necessidade de a pesquisa com a aviação agrícola brasileira adotar tecnologia atualizada e precisa para solução dos seus múltiplos problemas. Outra face do trabalho é a discussão do método empregado, tendo em vista implantá-lo em nosso meio.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para ordenar, sistematizar e evitar omissões nas anotações das condições do experimento, elaborou-se uma planilha própria para uso nos ensaios de aplicação aérea.

A planilha abaixo apresenta as informações mais importantes das condições do ensaio:

### PLANILHA DOS PARÂMETROS DA APLICAÇÃO AÉREA

ENSAIO: Faixa de deposição e recuperação da aplicação

Data: 30-7-85 Horário da aplicação: 17h20min

1. Fazenda: Surubana.
2. Proprietário: Ormino de Mendonça Uchoa
3. Localidade: Porto Calvo, AL
4. Especificação do avião:
  - a) Marca: Ipanema, mod. EMB 201-A;
  - b) Piloto: da ASPLANA.
  - c) Proprietário do avião: ASPLANA.
5. Especificação do equipamento:
  - a) Tipo: (X) barra ( ) micronair;
  - b) Barra: - extensão: 10,9 m;  
- extensão efetiva: 9,45 m;
  - c) Bicos de pulverização:
    - marca Spraying Systems;
    - série: conejet;
    - tipo: D 10-46;
  - d) Número total de bicos na barra: 56;
  - e) Número de bicos fechados: 10
    - localização: 3 em cada extremidade da asa;
    - 4 sob a fuselagem
6. Especificações operacionais:
  - a) Velocidade de vôo: 105 MPH (169 km/h);
  - b) Orientação dos bicos: 50° (contra o vôo);
  - c) Pressão de pulverização: 165 Kpa (24 Psi);
  - d) Vazão do aparelho: 157 litros/minuto;
  - e) Vazão/bico: 3,4 litros/minuto;
  - f) Faixa de aplicação: 20 m (esperada);
  - g) Volume aplicado: 27,9 litros/hectare;
  - h) Comprimento médio das parcelas: 300 m;
  - i) Direção de vôo: 140° (contra o vento),

- j) Altura de vôo: 10 m;
- k) Informações meteorológicas:
- temperatura do ar: 23°C;
  - umidade relativa do ar: 90%;
  - velocidade média do vento: 3,2 km/h;
  - direção do vento: 330° (sul)
- ( ) Sol ( ) Chuva (X) Nublado.

## 7. Condições de ensaio:

- a) Cultura: cana-de-açúcar;
- b) Espaçamento: 1,30 m;
- c) Altura das plantas: 3 m.

### 7.1 Material empregado:

- a) Amostragem com solução de nigrosina 0,3% p/v e sulfato de magnésio 2 kg/100 litros;
- b) Fita de papel perpendicular ao vento e ao tiro + *kromekote* de 2 em 2 m;
- c) Fita de papel no sentido do vento para detectar a deriva + *kromekote* de 2 em 2 m;
- d) Fita de papel colocada dentro da cultura, no solo e nas folhas das canas;
- e) *Kromekote* nas estacas de 4 em 4 m;
- f) *Kromekote* nas axilas das folhas de 4 em 4 m (em amostragem dupla).

Na aplicação, a amostragem dos depósitos da calda contendo o sal de magnésio foi obtida em fitas de papel acetinado com 8,5 cm de largura e 40 m de extensão, colocada sobre a superfície do solo perpendicularmente ao vôo (Figura 1). Neste trabalho, para medição e contagem, as gotas foram amostradas em cartões *kromekote* de 7,5 x 11 cm colocados no solo de 2 em 2 m, paralelamente e na extensão da fita de papel. Empregou-se como corante a nigrosina na proporção de 0,3% p/v, para registro das gotas nos cartões.

Dentro da cultura, tendo o mesmo eixo e ainda paralelamente à amostragem anterior, colocou-se junto ao solo outra fita de papel idêntica à anterior. O paralelismo entre fitas foi estabelecido com auxílio de uma bússola magnética com precisão de leitura de 1°. As fitas ficaram afastadas entre si por aproximadamente 80 m.

Ainda, dentro da cultura e paralelamente à fita colocada no solo, tomaram-se touceiras afastadas 4 m entre si e, em cada touceira de cana, escolheu-se um colmo, para prender, em folhas situadas no terço médio das plantas, fitas do mesmo papel acetinado com 60 cm de comprimento. Em cada colmo de cana selecionado, tomaram-se duas folhas em posições opostas e alinhadas com a direção do vôo, de modo a se obter a amostragem em folhas na direção de aproximação da aeronave e no sentido contrário. Colocou-se uma fita de amostragem dos depósitos da pulverização na superfície adaxial, a partir da bainha. Fez-se uma amostragem dupla, ou seja, em dupla fileira de touceiras, afastadas, respectivamente, 2,5 e 5 m da fita de papel colocada no solo.

Para amostragem das gotas dentro da cultura, instalaram-se cartões *kromekote* de 7,5 x 11 cm, de 4 em 4 m e a 1 m de altura junto da primeira linha de touceiras. Para conhecimento das gotas que se depositam sobre as folhas da cana, em duas folhas em cada touceira selecionada na primeira linha de amostragem, grampearam-se cartões *kromekote* de 2,6 x 7,5 cm (amostras a e b).

Nas aplicações, a linha de vôo foi assinalada por duas bandeiras de plástico (saco de adubo vazio) distanciadas entre si mais de 100 m.

Os depósitos sobre as fitas de papel foram obtidos por meio de amostragem da solução de sulfato de magnésio hidratado na concentração de 2 kg por 100 litros de água. Uma área de 400 cm<sup>2</sup> em cada metro da fita foi incinerada em laboratório e dissolvida em ácido clorídrico 2N, sendo a concentração de Mg determinada com espectrofotômetro de absorção atômica. Testemunhas das fitas de papel também foram analisadas e seu teor de Mg determinado. Foram tomadas amostras de calda aplicada e a concentração do magnésio, comprovada pela análise quantitativa.

Conhecendo-se a curva de deposição, foi feita análise da configuração das curvas com sobreposição das faixas de aplicação de 10, 12, 18 e 20 m. O método é aprovado pelo "Power and Machinery Division Standards Committee", da American Society of Agricultural Engineering (1983).

As análises de gotas do trabalho foram realizadas com auxílio de microscópio binocular com objetiva de 10x e ocular também 10x, na qual foi introduzido um retículo graduado. A densidade de gotas foi determinada no projetor de perfil com ampliação de

100x, amostrando-se em cada cartão *kromekote* dez áreas de  $0,5 \text{ cm}^2$  (1 x 0,5 cm).

A aplicação foi realizada a 10 m acima da folhagem superior da cultura, registrando-se a umidade relativa, a temperatura ambiente e a velocidade do vento no momento da operação. A velocidade do vento foi obtida com um anemômetro de ventoinha com precisão de leitura de 0,2 m/s, e sua intensidade e direção, registradas pelo operador do anemômetro a cada dez minutos, num período que precedeu e que se seguiu à execução do ensaio.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho foi realizado com vento de baixa velocidade e em vôo contra o vento, conforme a norma ASAE S 386.1 (American Society of Agricultural Engineers, 1983), pois o Brasil ainda não tem norma específica para calibração e determinação das faixas de aplicação.

Na prática, recomendam-se vôos cortando o vento, mas, em razão das condições topográficas existentes em extensas áreas da região canavieira, no Norte de Alagoas, ocorrem situações em que o vôo deve ser realizado na direção do vento. Os resultados, portanto, têm aplicação prática.

Por ocasião do ensaio, a temperatura ambiente era de  $23^\circ\text{C}$  e a umidade relativa do ar, de 90%. A velocidade média do vento foi de 3,2 km/h (Quadro 1) e sua direção,  $330^\circ$ , vento sul - Figura 2.

Foram utilizados bicos D 10-46, empregados usualmente em aplicações na região, já que o terreno acidentado requer vôos com 10 m ou mais de altura. Para compensar essa situação desvantajosa, o volume aplicado por unidade de área é aumentado, aproximando-o de 30 litros/hectare.

A análise de doze amostras das fitas de papel testemunha apresentou a média de 0,735 mg de Mg por metro quadrado de papel com C.V. = 6,9%. Portanto, os volumes depositados foram calculados com os valores de Mg que excediam 0,735 mg.

O quadro 2 mostra a deposição da calda em litros por hectare nas posições indicadas da faixa (1 a 30 m).

Do volume total aplicado, coletou-se na fita colocada em solo limpo, o que atingiu a cultura. A análise

da fita colocada sobre o solo dentro da cultura revelou o que não foi retido pela massa vegetativa da cana.

Na realidade, os dados dos quadros 2, 3 e 4, relativos ao depósito em termos de volume por unidade de superfície, apresentam resultados tendo por base a concentração da calda emitida pelo bico, e não a da calda sobre o alvo, o que efetivamente é um volume menor, considerada a evaporação das gotas, sem que houvesse perda do magnésio. Do ponto de vista técnico, todavia, isso não gerou nenhum inconveniente porque os esporos do entomopatógeno persistem nas gotículas e, desde que elas sejam captadas pelo alvo, isso atende aos objetivos do trabalho.

A figura 3 apresenta o formato das curvas de deposição. Na curva obtida fora da cultura, observa-se pequena deriva da aplicação deslocando os depósitos para o lado esquerdo da faixa. Isso reflete o pequeno desvio da linha de vôo ( $140^\circ$ ) com direção do vento no momento da aplicação ( $330^\circ$ ).

Através da análise da deposição de magnésio e considerando uma curva simples de aplicação (sem sobreposição) para uma faixa de 20 m (entre as posições 10 e 30 m), a deposição média foi de 10,5 litros/hectare, enquanto no solo, para essa mesma faixa, perderam-se em média 6,3 litros/hectare, com uma diferença de 4,2 litros/hectare, retidos pela cultura da cana. Esses números indicam uma recuperação de 40%, considerando apenas a massa vegetativa da cultura como alvo.

Realizando a sobreposição das faixas, conforme estabelece a norma ASAE S 386.1, têm-se os resultados do quadro 3 e as configurações das curvas encontram-se na figura 4. Na montagem dessas curvas, não se realizou a inversão entre faixas consecutivas, porque, estudando a situação gerada com a pequena deriva ocorrida, verificou-se que os resultados se afastariam da realidade.

A norma citada estabelece a adoção de faixas com amplitude igual à distância que separa os pontos da curva básica (de cada lado), onde os depósitos são iguais à metade do depósito máximo. Faz-se uma ressalva para os picos espúrios da curva; para contornar essa objeção, fez-se uso da média dos cinco pontos que formulam o patamar superior das deposições, empregando os dados obtidos entre as posições 19 e 23 do quadro 2. Nessas condições, tem-se uma faixa efetiva recomendada de 10 m.

Quadro 1. Velocidade do vento durante o ensaio de avaliação de deposição de pulverização aérea. Porto Calvo, AL, 30-7-1985

Posição <sup>(1)</sup>	Hora da leitura	Leitura da velocidade				Velocidade média
		1ª	2ª	3ª	Média	
nº		m/min				km/h
1	14h	221	158	215	198,0	11,9
2	14h10min	186	251	151	196,0	11,8
3	14h20min	195	108	242	181,7	10,9
4	14h30min	242	281	189	237,0	14,3
5	14h40min	235	226	217	266,0	13,6
6	14h50min	282	278	236	265,0	15,9
7	15h	149	189	116	151,0	9,1
8	15h10min	137	146	126	136,0	8,2
9	15h20min	267	201	225	231,0	13,9
10	15h30min	173	162	169	168,0	10,9
11	15h40min	168	151	134	151,0	9,7
12	15h50min	109	220	166	165,0	9,9
13	16h	141	132	194	155,7	9,4
14	16h10min	134	185	169	162,7	9,8
15	16h20min	148	130	165	147,7	8,9
16	16h30min	74	100	122	98,7	5,9
17	16h40min	189	205	82	158,7	9,5
18	16h50min	104	74	93	74,5	4,5
19	17h	68	70	45	61,0	3,7
20	17h10min	79	87	93	86,4	5,2
21	17h20min <sup>(2)</sup>	63	46	50	53,0	3,2
22	17h30min	64	60	57	60,4	3,6

<sup>(1)</sup> O número da posição corresponde àquele da figura 2. <sup>(2)</sup> Horário da aplicação aérea.

O coeficiente de variação (CV) é recomendado para análise de uniformidade da curva de deposição. Spillman (1980) coloca que CV da ordem de 30% é aceitável na maioria dos casos.

Com a sobreposição das curvas, empregando-se faixas de 10 m, obteve-se CV de 19% e, por hectare, um depósito médio de 25,4 litros para um volume aplicado de 55,7 litros. Nessas condições, a recuperação foi de 45,6% (veja final do quadro 3). Outro parâmetro interessante para ser analisado na curva

de deposição para o intervalo da faixa adotada (10 m) é a diferença existente entre o ponto de deposição máxima e aquele de deposição mínima. Para a faixa considerada, a deposição máxima foi de 33,1 litros/hectare, na posição de 3 m à direita da linha de vôo, e a deposição mínima, 18,1 litros/hectare, obtida a 4 m abaixo da asa esquerda (Quadro 3). Foi considerada como amplitude total (AT) a porcentagem da deposição máxima que excede a mínima. Para a faixa de 10 m, a AT foi de 83%.

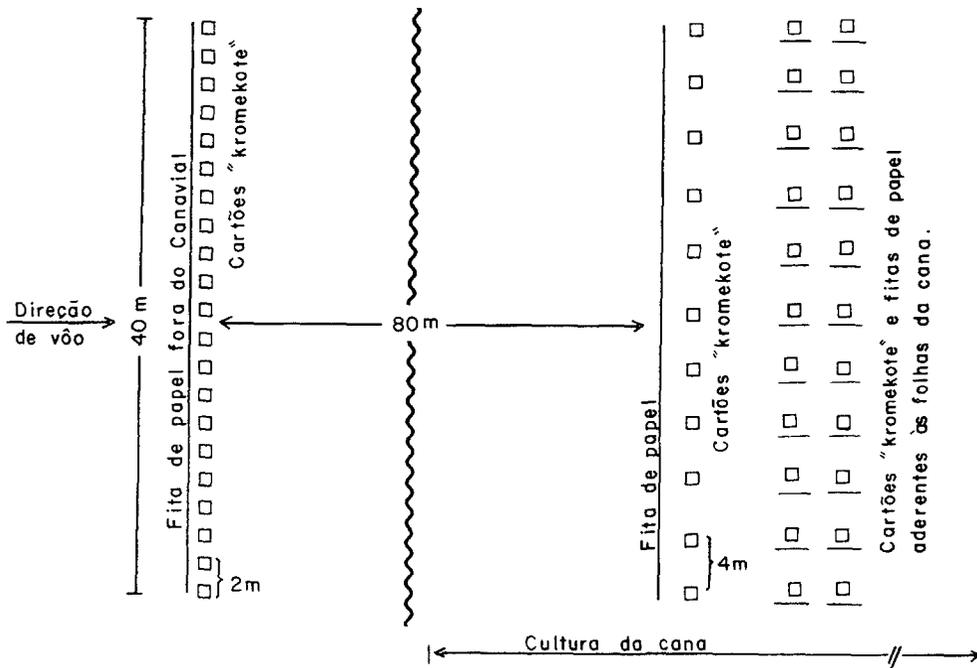


Figura 1. Esquema da distribuição de fitas e cartões em lavoura de cana para estudo das deposições resultantes da pulverização aérea. Porto Calvo, AL, 1985.

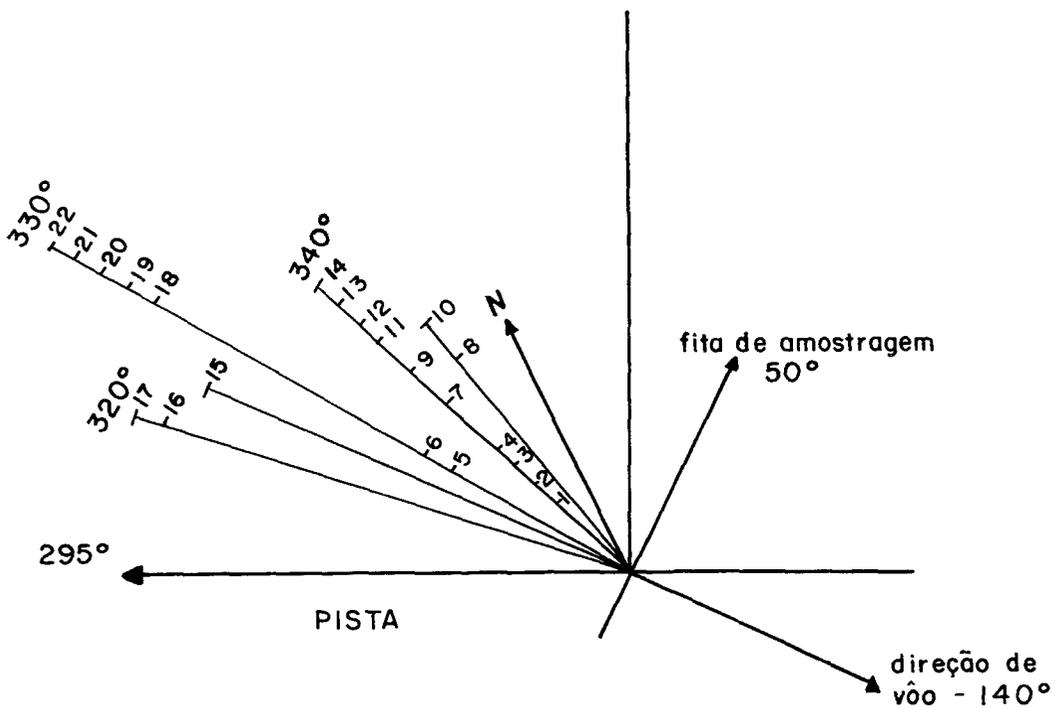


Figura 2. Direção de voo durante a aplicação aérea visando ao estudo de deposição. Porto Calvo, AL, 1985.

Quadro 2. Volume de calda (l/ha), depositado em faixas de papel colocadas perpendicularmente ao vento e à linha de vôo, mediante pulverização aérea. Porto Calvo, AL, 1985

Volume	Pontos de amostragem na faixa (metros)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
l/ha	_____							_____							
Total depositado (solo sem a cultura)	-	-	-	5,4	4,6	5,8	7,0	4,1	6,4	5,7	6,1	6,0	8,5	8,8	11,9
Depositado no solo dentro da cultura	-	-	-	-	-	-	6,3	4,3	1,6	1,7	2,3	3,5	8,5	9,4	7,6
Diferença retida na massa vegetal da cultura)	-	-	-	-	-	-	0,7	-0,2	4,8	4,0	3,8	2,5	0,0	-0,6	4,3

Volume	Pontos de amostragem na faixa (metros)														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
l/ha	_____							_____							
Total depositado (solo sem a cultura)	11,2	17,6	14,5	24,2	22,4	16,5	23,6	21,9	12,4	5,5	1,1	1,1	0,9	0,7	0,4
Depositado no solo dentro da cultura	6,8	6,8	4,6	9,7	17,7	8,9	16,2	9,5	5,6	4,9	2,5	1,2	1,0	1,9	1,2
Diferença (retida na massa vegetal da cultura)	4,4	10,8	9,9	14,5	4,7	7,6	7,4	12,4	6,8	0,6	-1,4	-0,1	-0,1	-1,2	-0,8

Essa informação, importante para aplicação de inseticidas e fungicidas, em especial quando a eficácia do tratamento depende de depósito uniformemente distribuído, é fundamental para a aplicação de herbicidas, quando subdosagens ou dosagens fitotóxicas são causas de maior preocupação.

Ainda com relação à faixa de 10 m (Quadro 3), na coluna à direita da coluna de deposição, são apresentados os desvios percentuais da média. À distância de 4 m sob a asa esquerda obteve-se -28,7% <sup>(7)</sup> e a 3 m sob a asa direita, 30,3%. Para faixas de 12 m, já se observam alterações notórias na deposição. A amplitude total passou a corresponder a 215% e o coeficiente de variação aumentou para 34,4%, ultrapassando valores aceitáveis (Spillman, 1980).

<sup>(7)</sup> Valores negativos revelam percentuais de deposições inferiores à média.

Considerando faixas de aplicação de 18 e 20 m, os valores analisados se deterioraram a ponto de, na curva das faixas de 18 m, ter-se no ponto de deposição máxima, a 2 m sob a asa direita, depósito 5,6 vezes superior àquele obtido no ponto de deposição mínima (posição 6 m sob a asa direita).

Pelo quadro 2, já se verificou que, para faixas de 20 m, apenas 40% do volume depositado sobre a cultura ficaram retidos pela massa vegetativa. Mas, para essa amplitude da faixa, o quadro 3 revela que somente 44,5% do que é aplicado se deposita na área tratada, perdendo-se o restante por deriva. Portanto, nessas condições, apenas 17,8% do total aplicado está efetivamente sendo retido pelo alvo, que no caso é a massa vegetal da cana.

A preocupação de obter maior rendimento operacional nas aplicações aéreas gera interesse por faixas mais amplas, mas a adoção dessas faixas com amplitude superior àquela tecnicamente recomendada aumentou a irregularidade na curva de deposição.

Faixas de 10 e 12 m atenderam (com a regulação adotada) às recomendações técnicas, enquanto as de 18 e 20 m, que usualmente interessam ao esquema de pulverização adotado na região, estão fora de recomendação.

No quadro 4, que apresenta os volumes de deposição obtidos sobre o papel preso à parte basal das folhas, o maior depósito (5,6 litros/hectare) foi obtido na posição de 24 m, sob a asa direita da aeronave. Para assimilar os dados desse quadro, deve-se considerar que as folhas de cana-de-açúcar têm um ângulo de inserção no colmo. Em vista disso, a superfície da folha na sua parte basal é maior do que a área de sua projeção horizontal, de modo que seus depósitos por unidade de área ficam reduzidos em relação àqueles obtidos em superfícies horizontais. Não se fez a determinação desse ângulo no campo, mas, admitindo um ângulo médio de 30°, a projeção horizontal da superfície foliar fica reduzida à metade.

O resultado da análise de gotas amostradas em cartões *kromekote* colocados no solo transversalmente à linha de vôo encontra-se no quadro 5. O diâmetro mediano numérico (DMN) para faixa de 2 a 24 m foi em média de 134  $\mu\text{m}$ . O diâmetro mediano volumétrico (DMV), nas mesmas condições, foi de 365  $\mu\text{m}$  e o diâmetro médio volumétrico (DV) apresentou em média 229  $\mu\text{m}$ .

O coeficiente de homogeneidade do espectro de gotas (CH) é obtido da razão, expressa em porcentagem do diâmetro de 25% do número das gotas, e o diâmetro de 75% do mesmo número.

A densidade média de gotas (DG) obtida foi de 20 gotas por centímetro quadrado. Na última linha do quadro 5, são apresentados com restrições os volumes depositados e calculados segundo a DG e o DV. Esses volumes têm apenas expressão referencial, considerando a dificuldade para a precisa determinação dos diâmetros das gotas em amostras obtidas da aplicação aérea, conforme Saunders et al. (1976) já apontaram.

Quadro 3. Volume depositado com justaposição de faixas de 10, 12, 18 e 20 m. Deposições obtidas por pulverização aérea, em vôo contra o vento e sem inversão da curva. Porto Calvo, AL, 1985. Asa esquerda

Distância m	Faixa de 10m		Faixa de 12m		Faixa de 18m		Faixa de 20m	
	litros/ha	desvio % da $\bar{x}$	litros/ha	desvio % da $\bar{x}$	litros/ha	desvio % da $\bar{x}$	litros/ha	desvio % da $\bar{x}$
15	22,0	13,4	22,9	11,7	26,5	90,6	10,1	19,2
14	18,1	28,7	20,7	1,0	18,2	30,9	6,9	-44,8
13	25,7	1,2	31,2	52,2	12,5	-10,1	8,1	-35,2
12	19,5	-23,2	26,5	29,3	5,2	-62,6	5,0	-60,0
11	31,3	23,2	22,9	11,7	7,5	-46,0	7,1	-43,2
10	28,5	12,2	29,3	42,9	6,6	-52,5	6,1 <sup>(2)</sup>	-51,2
9	22,6	-11,0	28,0	36,6	6,8 <sup>(2)</sup>	-51,1	6,1	-51,2
8	29,6	4,7	18,4	-10,2	6,4	-53,9	6,0	-52,0
7	33,1	30,3	14,0	-31,7	8,5	-38,8	8,5	-32,0
6	26,6	4,7	9,9 <sup>(2)</sup>	-51,7	8,8	-36,7	8,8	-29,6
5	22,0 <sup>(2)</sup>	-13,4	15,7	-23,4	11,9	-14,4	11,9	-4,8
4	18,1	-28,7	17,5	-14,6	11,2	-19,4	11,2	-10,4
3	25,7	1,2	22,9	11,7	17,6	26,6	17,6	40,8
2	19,5	-23,2	20,7	1,0	14,5	4,3	14,5	16,0
1	31,3	23,2	31,2	52,2	24,2	74,1	24,2	93,6
0 <sup>(1)</sup>	28,5	12,2	26,5	29,3	22,4	61,1	22,4	79,2

continua

Quadro 3. Conclusão. Asa direita

Distância m	Faixa de 10 m		Faixa de 12 m		Faixa de 18 m		Faixa de 20 m	
	litros/ha	desvio % da $\bar{x}$	litros/ha	desvio % da $\bar{x}$	litros/ha	desvio % da $\bar{x}$	litros/ha	desvio % da $\bar{x}$
0 <sup>(1)</sup>	28,5	12,2	26,5	29,3	22,4	61,1	22,4	79,2
1	22,6	-11,0	22,9	11,7	19,2	38,1	16,5	32,0
2	29,6	16,5	29,3	42,9	29,0	108,6	23,6	88,8
3	33,1	30,3	28,0	36,6	26,5	90,6	24,6	96,8
4	26,6	4,7	18,4	-10,4	18,2	30,9	17,8	42,4
5	22,0 <sup>(2)</sup>	13,4	14,0	-31,7	12,5	-10,1	10,1	-19,2
6	18,1	28,7	9,9 <sup>(2)</sup>	-51,7	5,2	-62,6	6,9	-44,8
7	25,7	1,2	15,7	-23,4	7,5	-46,0	8,1	-35,2
8	19,5	-23,2	17,5	-14,6	6,6	-52,5	5,0	-60,0
9	31,3	23,2	22,9	11,7	6,8 <sup>(2)</sup>	-51,1	7,1	-43,2
10	28,5	12,2	20,7	1,0	6,4	-53,9	6,1 <sup>(2)</sup>	-51,2
11	22,6	-11,0	31,2	52,2	8,5	-38,8	6,1	-51,2
12	29,6	16,5	26,5	29,3	8,5	-36,7	6,0	-52,0
13	33,1	30,3	22,9	11,7	11,9	-14,4	8,5	-32,0
14	26,6	4,7	29,3	42,9	11,2	-19,4	8,8	-29,6
15	22,0	-13,4	28,0	36,6	17,6	26,6	11,9	-4,8
	M = 25,4 l/ha		M = 20,5 l/ha		M = 13,9 l/ha		M = 12,5 l/ha	
	CV = 19,4%		CV = 34,4%		CV = 54,2%		CV = 54,0%	
	AT = 82,9%		AT = 215,2%		AT = 457,7%		AT = 392,0%	
	Va = 55,7 l/ha		Va = 46,4 l/ha		Va = 31,0 l/ha		Va = 27,9 l/ha	
	Rec = 45,6%		Rec = 44,2%		Rec = 44,8%		Rec = 44,5%	

<sup>(1)</sup> Centro de linha de voo da aeronave. <sup>(2)</sup> Extremos da faixa de aplicação utilizada.

M = volume médio depositado na faixa. CV = coeficiente de variação dos volumes depositados na faixa. AT = amplitude total. Va = Volume aplicado na faixa por cálculo utilizando vazão, velocidade do aparelho e largura da faixa. Rec = recuperação relacionando M e Va.  $\bar{x}$  = média.

Comparando, no quadro 2, o volume total depositado com os resultados do mesmo experimento na última linha do quadro 5, verifica-se uma discrepância porque, na faixa 4 a 24 m, através da análise de gotas (Quadro 5), tem-se um depósito médio de 16,7 litros/hectare quando a análise química (Quadro 2) para a mesma faixa indica a média de 11,6 litros/hectare. A análise de gotas deveria apresentar diâmetros inferiores devido à evaporação das gotas: isso não ocorreu, mesmo tendo-se o cuidado de, no processamento, aplicar a correção do fator de espalhamento adequada a cada população.

Na posição 22 m (Quadro 5), tem-se um volume de 52 litros/hectare, enquanto na mesma posição (Quadro 2) estão registrados 23,6 litros; a discrepância, portanto, é grande, mostrando até incoerência, uma vez que a evaporação foi superior àquela apresentada na análise química.

Outra parte da explicação para esta discrepância, além daquela apontada por Saunders et al. (1976), está no fato de que o volume é uma função exponencial do diâmetro; assim, os erros que possam ocorrer na sua determinação repercutem e com frequência tornam-se grosseiros.

Quadro 4. Volumes da deposição da calda aplicada em pulverização aérea segundo a análise do traçante no papel preso às folhas de cana. Porto Calvo, AL, 1985

Amostra	Distância transversal (m)										
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	
	l/ha										
A	C	1,0	0,6	1,5	-0,1	4,0	1,4	1,5	-	2,3	1,3
	F	0,4	0,3	0,8	1,7	2,1	0,5	3,2	1,1	2,1	2,4
	$\bar{x}$	0,7	0,4	1,2	0,8	3,0	0,9	2,4	1,1	2,2	1,8
B	C	-	-	-	4,9	6,4	12,6	2,7	1,3	2,4	-0,4
	F	-	-	-	3,6	3,3	8,3	-	1,3	1,4	0,4
	$\bar{x}$				4,2	4,8	10,4	2,7	1,3	1,9	0,0
Média final				2,5	3,9	5,6	2,5	1,2	2,1	0,9	

C: contra o vôo; F: a favor do vôo;  $\bar{x}$ : média.

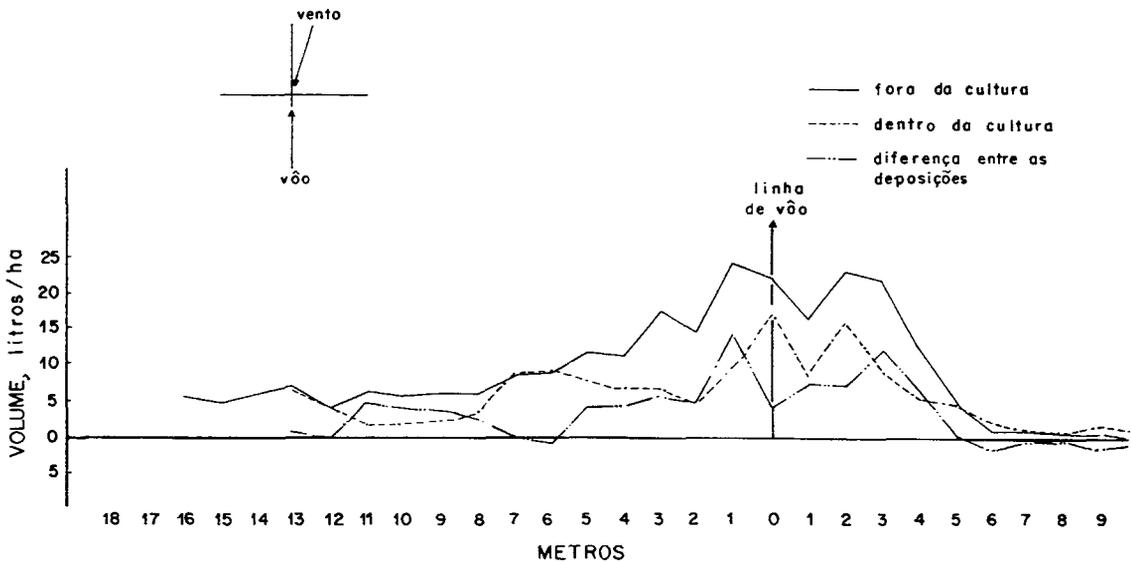


Figura 3. Curvas de deposição da pulverização aérea dentro e fora de lavoura de cana-de-açúcar. Porto Calvo, AL, 1985.

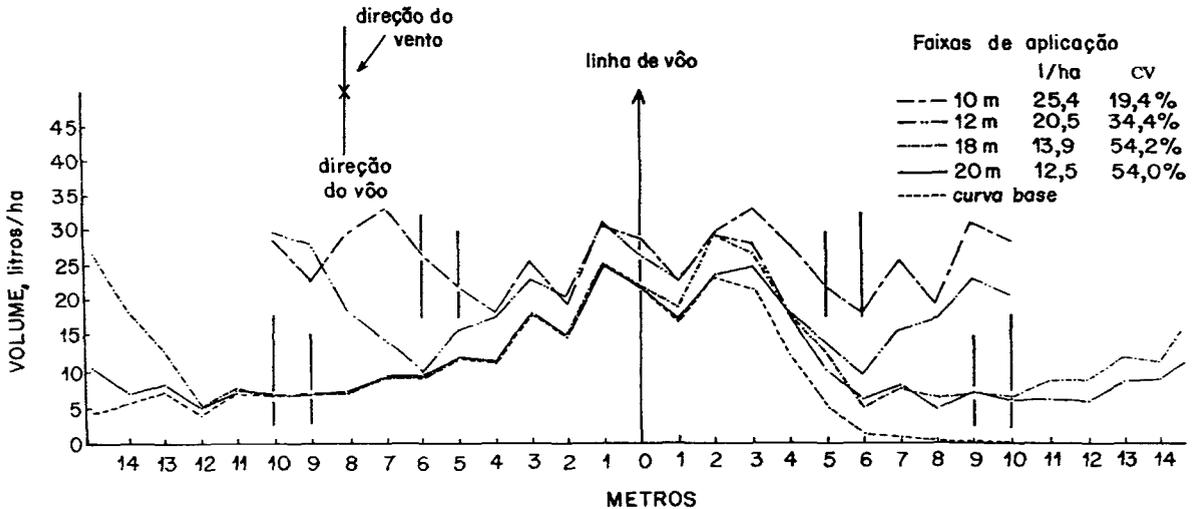


Figura 4. Curvas de deposição da pulverização aérea com sobreposição de faixas sem inversão. Porto Calvo, AL, 1985.

Quadro 5. Parâmetros das gotas obtidas na pulverização aérea e depositadas sobre papel *kromekote* colocado sobre o solo perpendicularmente à linha de vôo <sup>(1)</sup> Porto Calvo, AL, 1985

Parâmetros	Posição de amostragem												Média	CV%
	2m	4m	6 m	8 m	10 m	12 m	14 m	16 m	18 m	20 m	22 m	24 m		
D.M.N., $\mu\text{m}$	100	137	111	93	85	93	123	145	171	200	241	111	134	36
D.M.V., $\mu\text{m}$	295	375	380	321	519	400	420	350	330	415	410	168	365	23
D.V., $\mu\text{m}$	197	204	236	197	242	216	259	240	248	245	314	153	229	18
C.H., %	34	38	22	30	24	24	34	41	44	42	49	53	36	28
D.G., n <sup>o</sup>	11	11	8	13	15	19	14	23	51	30	32	11	20	63
Litro/hectare	4,6	4,8	5,5	5,2	11,3	10,0	12,7	16,6	40,7	23,1	52	2,1	15,7	100

<sup>(1)</sup> Eixo de vôo a 20 m com vento soprando a 330°. Aplicação realizada em 30-7-1985, às 17h20min, na Fazenda Surubana, utilizando bicos D 10/46.

D.M.N. = diâmetro mediano numérico;

D.M.V. = diâmetro mediano volumétrico;

D.V. = diâmetro volumétrico médio;

C.H. = coeficiente de homogeneidade =  $\frac{\text{diâm. 25\% do n}^\circ}{\text{diâm. 75\% do n}^\circ} \times 100$ ;

D.G. = densidade de gotas/cm;

Litro/hectare = volume depositado por cálculo, utilizando D.V. e D.G.

Todavia, a análise das gotas continua sendo importante parâmetro das aplicações para a previsão e explicação do comportamento físico e biológico dos tratamentos realizados.

A análise das gotas amostradas dentro da cultura com espaço vertical descoberto e à altura de 1 m do solo é apontada no quadro 6; pela sua confrontação com o quadro 7, ambos obtidos dentro da cultura, obtém-se informação valiosa: o quadro 7 mostra que as gotas captadas pelas folhas situadas no terço mediano da planta são menores do que aquelas que caem sobre a cultura. São também menores que aquelas filtradas pela folhagem da cana disposta acima da posição de amostragem (1 m) (Quadro 6).

Verificou-se, portanto, maior eficiência de captação da folhagem mediana para as gotas menores

do espectro aplicado, ao passo que as maiores, que penetram no intervalo da cultura, perdem-se no solo. Isso é muito significativo porque o volume das gotas que estão penetrando nos intervalos vazios da cultura e perdendo-se no solo (DV média - 325  $\mu\text{m}$ , Quadro 6) é mais de oito vezes superior àquele retido pelas folhas com gotas de DV médio = 158  $\mu\text{m}$ . Por conseguinte, pouca eficiência se tem quando se aplicam gotas com diâmetros avantajados como aquelas empregadas neste ensaio, porque o que não é retido pela primeira camada superior das folhas perde-se no solo. Outra indicação que o tamanho das gotas empregadas na aplicação foi maior do que deveria está na pequena expansão da faixa útil de aplicação (10 m) (Quadro 3); o uso de gotas com menor diâmetro poderia proporcionar maior expansão à faixa.

Quadro 6. Parâmetros das gotas obtidas na pulverização aérea e depositadas em cartões *kromekote* colocados dentro da cultura a 1 m do solo e nos espaços descobertos de folhas <sup>(1)</sup> Porto Calvo, AL, 1985

Parâmetro	Posição de amostragem							Média
	0 m	4 m	8 m	12 m	16 m	20 m	24 m	
D.M.N., $\mu\text{m}$	218	249	317	185	211	199	195	225
D.M.V., $\mu\text{m}$	294	405	465	620	430	350	480	435
D.V., $\mu\text{m}$	274	318	404	376	308	288	309	325
C.H., %	59	50	57	34	41	47	43	47
D.G.	2,2	3,2	1,8	1,4	9,6	14,2	18,8	7,3
Litro/hectare	2,4	5,4	6,2	4,0	14,7	17,7	29,0	11,3

<sup>(1)</sup> Eixo de vôo a 20m com vento soprando a 330°. Aplicação realizada em 30-7-1985, às 17h20min, na Fazenda Surubana, utilizando bicos D 10/46.

D.M.N. = diâmetro mediano numérico;

D.M.V. = diâmetro mediano volumétrico;

D.V. = diâmetro volumétrico médio;

C.H. = coeficiente de homogeneidade =  $\frac{\text{diâm. 25\% do n}^\circ}{\text{diâm. 75\% do n}^\circ} \times 100$ ,

D.G. = densidade de gotas/cm;

Litro/hectare = volume depositado por cálculo, utilizando D.V. e D.G.

Quadro 7. Parâmetros das gotas obtidas na pulverização aérea e depositadas em cartões *kromekote* presos às folhas da altura mediana da planta. Porto Calvo, AL, 1985

Parâmetro	Posição da amostragem					Média
	8 m	16 m <sup>(1)</sup>	20 m	24 m(a)	24 m(b) <sup>(2)</sup>	
D.M.N., $\mu\text{m}$	89	86	67	96	142	90
D.M.V., $\mu\text{m}$	247	193	110	221	218	192
D.V., $\mu\text{m}$	174	145	102	167	202	158
C.H., %	29	66	42	37	58	46
D.G., n°	8,0	8,0	6,4	10,0	6,0	7,7
Litro/hectare	2,2	1,3	0,4	2,4	2,6	1,8

(<sup>1</sup>) Perdeu-se amostragem dos cartões *kromekote* de 0, 4 e 12m. (<sup>2</sup>) Perdeu-se, por precipitação imprevista, a 2ª amostragem (b), das demais distâncias.

#### 4. CONCLUSÕES

1. As recuperações obtidas por intermédio dos diâmetros das gotas e sua densidade por unidade de área apresentaram resultados com grande discrepância e até incoerência com aqueles obtidos por meio da análise química da deposição de magnésio, que se reconhece ser mais precisa.

2. O espectro de gotas utilizado apresentou diâmetro mediano volumétrico (DMV) superior ao adequado, considerando que a amplitude da faixa ficou reduzida a 10 m.

3. A amostragem de gotas sobre as folhas da cana confirmou a necessidade de gotas menores para aumentar o percentual captado pela folhagem.

4. Em vista desses resultados, recomendam-se para esse tipo de aplicação gotas com DMV menores.

5. Para faixas com amplitude de 20 m, a recuperação obtida com sobreposição de faixas foi de 44,5%, mas, desse total, 60% se perdeu no solo de modo que, no final, apenas 18% do que foi aplicado efetivamente se depositou sobre a massa vegetal da cana.

6. A calda deverá ter aproximadamente cinco vezes (5,6) a concentração de esporos do entomopatógeno desejada sobre a massa vegetal da cana, uma vez que 4/5 da calda aplicada estão-se perdendo.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Professor Tomomassa Matuo e ao Dr. Cláudio Alves Moreira, pelas valiosas observações, que muito contribuíram para a redação deste trabalho, e ao Auxiliar de Pesquisa Florisval da Silva Santos, pelo labor e cuidado no processamento dos dados.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKESSON, N.B. & YATES, W.E. Problems relating to application of agricultural chemicals and resulting drift residues. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, 9:285-318, 1964.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Calibration and distribution pattern testing of agricultural aerial application equipment ASAE Standard: ASAE S 386.1. *Agricultural Engineers Yearbook*, St. Joseph, p.252-254, 1983.
- COSTA, J.M.B.; BARBOSA, G.V.S.; FERREIRA, J.L.C.; LIRA, P.R.M.; DORIA, A.E. & MENDONÇA, A.F. Controle integrado de cigarrinha da folha *Mahanarva posticata*, Stal (Hom: Cercopidae) no Estado de Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 2., e SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MODALIDADES DE FINANCIAMENTO À PRODUÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL, 1., Rio de Janeiro, 1981. *Anais*. Rio de Janeiro, STAB, 1981. v.2, p.475-495.
- ISLER, D.A. Methods for evaluating coverage and drop size in forest spraying. *Transactions of the ASAE*. St. Joseph, 6:231-233, 1963.

- SAUNDERS, W.J.; TATE, R.W. & WARE, G.W. **Analysis of aerial sprays from conventional and drift reduction nozzles.** St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 1976. 13p. (Paper, 1062)
- SHARP, R.B. Spray deposit measurements by fluorescence. **Pesticide Science**, Oxford, 5:197-209, 1974.
- SPILLMAN, J.J. The efficiency of aerial spraying. **Aeronautical Journal**, London, 84(83):60-69, 1980.
- WARE, G.W.; APPLE, E.J.; CAHILL, W.P.; GERHARDT, P.D. & FROST, K.R. Pesticide drift: II. Mist-blower vs. aerial application of sprays. **Journal of Economic Entomology**, Washington, D.C., 62(4):844-846, 1969.
- YATES, W.E. Spray patterns analysis and evaluation of deposits from agricultural aircraft. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 5:40-53, 1962.
- YATES, W.E. & AKESSON, N.B. Fluorescent tracers for quantitative microresidue analysis. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 6:104-107, 114, 1963.
- YATES, W.E.; AKESSON, N.B. & BAYER, D. Effects of spray adjuvants on drift hazards. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 19(1):41-46, 1976.
- YUILL, J.S. & SECREST, J.P. The dye-tracer method for measuring aerial spray deposits in forest insect research. **Journal of Economic Entomology**, Washington, D.C., 59(3):720-723, 1966.