

## DERIVA EM QUIMIGAÇÃO

SCHMIDT, W.<sup>1</sup>; DOURADO NETO, D.<sup>2</sup>; FRIZZONE, J.A.<sup>3</sup>

**RESUMO:** O principal benefício da quimigação é a economia no custo de aplicação, fator que tem atraído um número considerável de agricultores irrigantes a fazer uso da quimigação como método de aplicação de produtos químicos. Muitos questionamentos têm ocorrido nas áreas de impacto ambiental, de efetividade agrônômica e de segurança ao homem. Um dos tópicos mais abordados é exatamente a deriva causada por esse método de aplicação. O presente trabalho tem por objetivo principal rever os principais conceitos do processo sob a ótica da quimigação, visando principalmente à segurança do homem e do ambiente. As informações obtidas permitem concluir que: (i) quimigação é a forma de aplicação mais segura quando comparada aos demais métodos de aplicação, no que se refere à deriva; (ii) a deriva é restrita a, no máximo, 30 m do ponto de emissão da gota e, apenas, quando a posição do pivô coincidir com a direção predominante do vento; (iii) o uso de dispositivos que aproximam o emissor do alvo (pendurais), associado ao não-uso do canhão terminal e à aplicação noturna, diminui consideravelmente o risco potencial de deriva.

**Palavras-chave:** tecnologia de aplicação, pivô central, impacto ambiental.

## DRIFT ON CHEMIGATION

**SUMMARY:** The main benefit of chemigation is the application cost savings. This makes an increasing number of irrigated farmers to use chemigation to apply their chemicals. Many questions had been arisen due to this in the environmental area, efficacy and human hazard. One of the most common topics is regarding drift caused by this application method. The present work has the objective to review the main concepts involved under the chemigation point of view, having in mind man and environmental safety. The information obtained allowed to conclude that: (i) chemigation is the safest method regarding drift, when compared to other application methods, (ii) drift is restricted at a maximum of 30 m from the delivery point and only when the center pivot position is coincident with the predominant wind direction and, (iii) mechanisms that allow boom sprayers closer to target, associated with the no use of end gun and night applications, diminished considerably the potential risk of drift.

**Key words:** application technology, center pivot, environmental impact.

<sup>1</sup> Doutorando do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da ESALQ/USP. Av. Pádua Dias, 11. Caixa Postal 9. CEP: 13418-900. Piracicaba (SP). Tel. 19 3429-4190. Bolsista CAPES. E-mail: wschmidt@esalq.usp.br.

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP. Bolsista CNPq. E-mail: dourado@esalq.usp.br.

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP. Bolsista CNPq. E-mail: frizzone@esalq.usp.br.

Recebido pela Comissão Editorial em: 16.07.03

Aprovado pela Comissão Editorial em: 18.03.04

## INTRODUÇÃO

O principal benefício da quimigação é a economia no custo de aplicação, fator que tem atraído um número considerável de agricultores irrigantes a fazer uso dessa prática como método de aplicação de produtos químicos. Em face disso, têm sido crescentes também as preocupações de cunho ambiental, sendo um dos temas mais abordados a questão da deriva. O presente trabalho tem por objetivo principal, relacionar os principais

conceitos de deriva com a tecnologia conhecida como quimigação, visando, sobretudo, à segurança do homem e do meio ambiente.

### Aspectos gerais

Segundo Matuo (1990), deriva é o desvio da trajetória de partículas, liberadas pelo processo de aplicação, de seu alvo original. Pode ser chamada de endoderiva, quando a partícula cai dentro da área alvo e exoderiva, quando cai fora. Um dos principais fatores

determinantes de deriva é o tamanho de gota formado no momento da aplicação. O índice que define esse tamanho é conhecido como Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), que nada mais é que o diâmetro da gota que divide o volume pulverizado em duas partes iguais, ou seja, uma metade é constituída por gotas maiores que o DMV, e outra metade por gotas menores que o referido valor, geralmente expresso em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) (Matuo, 1990).

No processo de pulverização, a gota forma-se quando um líquido é forçado, sob pressão, através de um orifício. O seu tamanho será determinado pelo diâmetro do orifício de saída, pela força de coesão entre as moléculas de mesma natureza do líquido, pela temperatura e pela pressão a que está submetido o líquido e pela resistência oferecida ao mesmo pelo meio, ao sair pelo orifício.

A importância do tamanho está fundamentalmente na relação entre volume e superfície. Quanto maior a gota, para um determinado volume fixo, menor a sua superfície específica. Na aplicação de produtos, é desejável que tenhamos a melhor cobertura possível, o que implica dizer uma menor gota. Porém, gotas pequenas são mais sujeitas a serem carregadas pelo vento e têm vida útil (tempo entre o momento de saída da gota do emissor e o de ela atingir o alvo) menor no meio. Em ambas as situações, a consequência é a deriva. O tamanho da gota tem que ser pequeno o suficiente para permitir uma boa cobertura do alvo, principalmente para produtos de contato e foliares, mas grande o suficiente para não ser carregada pelo vento e ter durabilidade suficiente para percorrer a distância entre o ponto de emissão e o alvo, para uma dada condição ambiental. Alcançar esse equilíbrio é a chave para minimizar a ocorrência de deriva.

Uma vez no meio, a vida útil da gota depende: (i) do seu tamanho (diâmetro); (ii) de sua composição química e (iii) de condições climáticas no momento de sua emissão (umidade relativa do ar, temperatura e vento). A equação mais simples (Equação 1) para descrever o tempo de vida útil da gota é descrita por Amsden<sup>1</sup>, citado por Mathews (1992):

$$t = \frac{d^2}{80\Delta T} \quad (1)$$

em que:

t - tempo (s);

d - diâmetro da gota ( $\mu\text{m}$ ); e,

$\Delta T$  - diferença de temperatura entre os termômetros de bulbo úmido e seco ( $^{\circ}\text{C}$ ).

A partir da Equação 1, Mathews (1992) sugere que a distância percorrida pela gota seja calculada pela seguinte expressão (Equação 2):

$$1 = \frac{15 \cdot 10^{-3} d^4}{80\Delta T} \quad (2)$$

em que:

1 - distância (cm);

A Tabela 1 exemplifica com duas situações onde a variação de temperatura e a umidade impacta a vida útil e a distância percorrida pela gota.

Johnstone<sup>2</sup>, citado por Mathews (1992), calculou a percentagem de gotas de diferentes tamanhos depositadas a diferentes distâncias na direção do vento (pior situação possível), para várias alturas de lançamento da gota e diferentes velocidades do vento, para uma dada condição climática (temperatura do ar de  $30^{\circ}\text{C}$  e 50% de umidade relativa do ar). Esse trabalho mostra que uma gota de diâmetro de  $35 \mu\text{m}$ , sujeita a uma velocidade de vento de  $10 \text{ m.s}^{-1}$ , percorre, no máximo, uma distância

<sup>1</sup> AMSDEN, R.C. Reducing the evaporation of sprays. *Agricultural Aviation*, v.4, p.88-93, 1962.

<sup>2</sup> JOHNSTONE, D.R. Droplet size for low and ultra low volume spraying. *Cotton Grower Review*, v.48, p.218-233, 1971.

de 0,2 m, e apenas 25% do volume apresenta o potencial de ser depositado nos primeiros 40 m. Por outro lado, uma gota de 140  $\mu\text{m}$  de diâmetro, quando emitida a 2 m de altura e sujeita a uma velocidade do vento de 5  $\text{m.s}^{-1}$ , 100% do volume é depositado até 50 m de distância. Sendo assim, conclui-se que, quanto maior o diâmetro da gota, menor a sua susceptibilidade ao arraste pelo vento, e menor o volume relativo que atinge maiores distâncias do ponto de emissão.

### Pulverização tratorizada, costal e aérea

Considerando-se a discussão feita por Matuo (1990) em relação à cobertura do alvo e à vida útil da gota, conclui-se que, na pulverização convencional (tratorizada, aérea e costal), o espectro de gotas desejado deverá ter um diâmetro que varie de 140 a 250  $\mu\text{m}$ , por ser pequeno o suficiente para propiciar uma boa cobertura e grande o bastante para ter uma vida útil suficiente para percorrer a distância até o alvo.

O DMV é dependente do bico utilizado, da velocidade do vento no momento da aplicação e do alvo que se deseja atingir. Os fabricantes de bicos buscam produtos que produzam espectro de gotas em que o diâmetro inferior a 140-150  $\mu\text{m}$  represente menos que

1% do volume total aplicado. Na prática, tem-se constatado que esse percentual pode chegar até a 36%, em função de diversos fatores (*SPRAY DRIFT TASK FORCE* - EPA, 1997 a,c).

Todos esses conceitos só se aplicam quando o solvente do pesticida for água. Com o desenvolvimento de técnicas para aplicações aéreas, conhecidas como BVO (baixo volume oleoso), segundo as quais os produtos são dissolvidos em óleo, o DMV desejado, nesse caso, situa-se entre 80 e 150  $\mu\text{m}$ , uma vez que a gota de óleo formada manterá seu volume e seu tamanho na trajetória de queda, por não existir o potencial psicrométrico entre o óleo da gota e a água do meio (Monteiro, 2003).

### Quimigação

Na quimigação, há vários fatores diferenciais em relação às demais formas de aplicação. O principal deles é o tamanho da gota formada, que chega a 3.000  $\mu\text{m}$  (3 mm) nos pivôs de alta pressão, e a 1.690  $\mu\text{m}$  (1,69 mm) nos de baixa pressão. Esse tamanho de gota, apesar de propiciar uma maior vida útil devido à sua maior massa, percorre menores distâncias, quando comparado ao de gotas de diâmetros inferiores, sujeitas às mesmas

**Tabela 1** - Vida útil e distância percorrida de gotas de água para diferentes condições de umidade relativa (UR) e temperatura do ar (T) (Mathews, 1992).

	Situação 1			Situação 2		
	T (°C)	? T (°C)	UR (%)	T (°C)	? T (°C)	UR (%)
	20	2,2	80	30	7,7	50
Tamanho inicial ( $\mu\text{m}$ )	Vida útil (s)	Distância percorrida (m)		Vida útil (s)	Distância percorrida (m)	
50	14	0,5		4	0,15	
100	57	8,5		16	2,4	
200	227	136,4		65	39	

velocidades do vento. As mesmas são rapidamente levadas ao solo pela ação da força gravitacional.

Villa Nova et al. (1997) equacionaram a perda de água por deriva como:

$$D = Z.R.U.\Delta W.t.3600.10^{-6} \quad (3)$$

em que:

- D - perda por deriva, m<sup>3</sup>.volta<sup>-1</sup>;
- Z - distância do emissor ao dossel da cultura, m;
- R - raio do pivô, m;
- $\Delta W$  - variação da umidade absoluta do ar, ao atravessar a cortina líquida, ou seja,  $W_e$  (entrada) menos  $W_s$  (saída), g.m<sup>-3</sup>;
- t - tempo, h;
- U - velocidade média do vento incidente (m.s<sup>-1</sup>).

Percentualmente (P, %), temos que:

$$P = \frac{D}{Q} . 100 \quad (4)$$

em que:

- Q - volume de água aplicado, m<sup>3</sup>.volta<sup>-1</sup>.

Esse cálculo apenas não contempla o fato de que existe um tempo necessário para que se restabeleça o equilíbrio da umidade relativa e da temperatura do ar, antes e após a passagem do equipamento de irrigação, variável em função de condições locais. Esse aspecto precisa ainda ser mais bem estudado.

Apesar de a distribuição do tamanho de gotas depender do tipo de emissor (fixo, móvel ou aspersor convencional), na quimigação, o percentual de gotas com diâmetros inferiores a 150 µm, e, portanto, mais sujeitos à deriva, é, segundo a *SPRAY DRIFT TASK FORCE* - EPA, 1997b, reduzido drasticamente sendo de 0,3% para equipamentos de alta pressão (DMV de 3.000 µm) e 1,3% para os de baixa pressão (DMV de 1.700 µm). Portanto, quanto ao tamanho de gota formada pelo equipamento de aplicação, a quimigação é a que propicia a formação de gotas maiores (cerca de 15 vezes maiores, em comparação

à aplicação convencional), com um percentual mínimo do volume abaixo do diâmetro crítico (150 µm).

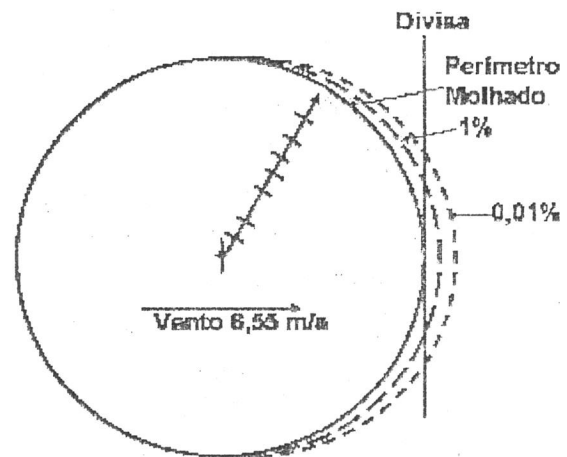
Sendo assim, o risco potencial de deriva na quimigação, em termos práticos, é inferior a 30 m do ponto de emissão da gota, dependendo das condições climáticas. Esse dado é confirmado por Kohl et al. (1987) que, trabalhando com três modelos de defletores com o pivô posicionado ortogonalmente à direção do vento e usando cloreto de potássio (KCl) como marcador, obtiveram resultados com ventos de 9,4 m.s<sup>-1</sup> (33,84 km.h<sup>-1</sup>), onde apenas 0,01% do produto aplicado atingiu 50 m de distância com os emissores posicionados a 4 m de altura e trabalhando com 100 kPa (1,02 kgf.cm<sup>-2</sup>) de pressão. Para emissores posicionados à mesma altura, porém trabalhando com 200 kPa (2,04 kgf.cm<sup>-2</sup>), o que causa a formação de gotas menores, o mesmo 0,01% de produto foi recuperado a 60 m de distância, porém com vento de 6,55 m.s<sup>-1</sup> (23,56 km.h<sup>-1</sup>).

A 20 m de distância, 1% do produto foi recuperado; perfazendo uma distância, ao longo de uma linha tangente ao pivô (Figura 1), de 260 m, apenas 0,01% seria recuperado a 53 m do ponto de emissão. Segundo os autores, a causa de encontrar-se ainda 1% a 20 m de distância seria o impacto do vento sobre os emissores. O uso de sistemas que permitam aproximar os emissores do dossel da cultura (*bengalas* e.g.) além de focar o jato para baixo, minimizaria muito esse efeito.

Byers et al. (2000), trabalhando com inseticidas (*clorpirifós* - fosforado, *carbaril* - carbamato e *permetrina* - piretróide) em milho, mediram a deriva, utilizando placas de vidro e material absorvente, os quais foram expostos à deriva por 10 minutos. Foram feitas duas repetições randomizadas, e os coletores foram dispostos perpendicularmente ao pivô (que permaneceu estacionado), mas a jusante do vento predominante, que teve velocidade variando de 2,9 a 5,8 m.s<sup>-1</sup> (10,3 a 20,4 km.h<sup>-1</sup>). A altura dos emissores do pivô não foi citada. Os resultados mostraram que o vidro e o material absorvente

retiveram quantidades diferentes em função do produto avaliado. Apenas clorpirifós foi detectado a 70 m de distância; os demais produtos não foram detectados em distâncias superiores a 54,9 m.

Ambos os resultados alertam-nos para a questão de as propriedades físico-químicas das moléculas interferirem no tipo de estudo feito. O trabalho de Byers et al. (2000) mostra também uma estimativa do impacto na exposição dermal do operador nesse modo de aplicação (Tabela 2). Os autores concluem que, apesar de existir um risco de deriva de inseticidas, em função do DMV das gotas formadas pelo sistema de irrigação, esse risco é menor que para aplicações tratorizadas ou aéreas. A quantidade dos inseticidas testados detectados a 9,14 m de distância representa um percentual ínfimo da  $DL_{50}$  dermal, e a 54,9 m pode ser considerada desprezível. Concluiu-se que a exposição dermal pela deriva desses inseticidas aplicados via quimigação não pode ser considerada um fator de risco.



**Figura 1** - Projeção da dose do marcador quimigado, recuperado como um percentual, usando emissores com 6,4 mm de diâmetro do orifício, operando a 100 kPa (adaptado de Kohl et al., 1987).

**Tabela 2** - Exposição dermal estimada  $mg.kg^{-1}$  e percentagem da  $DL_{50}$  dermal de inseticidas aplicados ao milho via quimigação (Byers et al., 2000).

Inseticida	Durante a quimigação		Após a quimigação	
	Máxima <sup>1</sup> 9,1 m	Mínima <sup>1</sup> 54,9 m	Máxima <sup>1</sup> 9,1 m	Mínima <sup>1</sup> 54,9 m
Carbaril				
$mg.kg^{-1}$	0,2350	0,00080	0,00168	0 <sup>2</sup>
% of $DL_{50}$	0,0006	0,00002	0,00004	0 <sup>2</sup>
Clorpirifós				
$mg.kg^{-1}$	0,7797	0,00678	0,1490	0,00594
% of $DL_{50}$	0,0390	0,00033	0,0075	0,00030
Permetrina				
$mg.kg^{-1}$	0,0249	0,0014100	0 <sup>2</sup>	0 <sup>2</sup>
% of $DL_{50}$	0,0012	0,0000007	0 <sup>2</sup>	0 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Distância da linha do pivô.

<sup>2</sup> Não detectado.

Há de se considerar ainda que, em quimigação, o aplicador fica no centro do pivô onde não há emissores ou onde estão tampados, enquanto, em aplicações tratorizadas, ele acompanha o trator, sujeitando-se a rajadas de vento que levem a névoa com o produto até ele, contribuindo para o risco de contaminação. Cabe salientar que, devido à baixa concentração do produto químico na água de irrigação, devido à alta vazão do sistema (a razão de diluição ou a relação entre vazão de injeção e vazão do sistema é baixa), o risco de atingir uma dose letal é mínimo. Na aplicação tratorizada, a concentração de produtos químicos é cerca de 100 vezes (considerando uma calda de 400 L.ha<sup>-1</sup> para efeito de cálculo) superior à concentração na quimigação, sendo que o operador está sujeito a um risco maior, quando o vento ocorre na mesma direção e no mesmo sentido do caminhar do equipamento de pulverização. Na aplicação aérea, essa concentração é cerca de 1000 vezes superior (considerando uma calda de 40 L.ha<sup>-1</sup>, para efeito de cálculo) à na quimigação. Sendo assim, os *bandeirinhas* estão sujeitos aos maiores riscos de deriva.

A Tabela 3 ilustra o efeito da concentração da calda para dois inseticidas, comparativamente, nos três métodos de aplicação, para se atingir a DL<sub>50</sub> oral aguda.

O vento, ao arrastar as gotas de sua trajetória original, afeta muitas vezes a própria *uniformidade de distribuição de água pelos emissores*, principalmente o do tipo canhão que lança água a uma altura maior. Essa afirmação permite-nos verificar que os pivôs equipados com um canhão na extremidade final são mais afetados pelo vento (Figura 2). O tratamento identificado com linha contínua e asterisco é considerado padrão aceitável (menos que 1% não atingem o alvo). O eixo das ordenadas expressa um índice (adimensional), determinado pela divisão entre o percentual de deriva obtido nos tratamentos e o tratamento considerado aceitável, segundo os parâmetros definidos e citados acima. Portanto o índice um (1) deve ser considerado como referência. Para determinar o índice relativo de deriva dos demais tratamentos, a distância é sempre medida a jusante do vento, a partir do último emissor. Esses conceitos devem ser utilizados para ler as Figuras 2 e 3. Porém Johnstone<sup>2</sup>, citado por Matthews (1992), demonstrou que a velocidade do vento de 2,8 m.s<sup>-1</sup> (10 km.h<sup>-1</sup>) já é bastante limitante para uma aplicação convencional devido ao tamanho das gotas. Já na quimigação, Costa et al. (1994) afirmam que esse limite é de 4,4 m.s<sup>-1</sup> (16 km.h<sup>-1</sup>), com canhão terminal, e 5,3 m.s<sup>-1</sup> (19 km.h<sup>-1</sup>), sem o canhão, em função do maior tamanho das gotas e a uniformidade de distribuição mínima desejada.

**Tabela 3** - Volume de calda (mL) necessário (se ingerido) para se atingir a DL<sub>50</sub> oral aguda de uma pessoa de 68 kg para métodos de aplicação (Schmidt, 2003).

Produto	DL <sub>50</sub> oral aguda (mg.kg <sup>-1</sup> )	Dose (g.ha <sup>-1</sup> .i.a.) <sup>(2)</sup>	Método de aplicação Volume de calda (L.ha <sup>-1</sup> )		
			Avião 47	Trator 234	Pivô 25.000
Paration Metil	4-13 <sup>(1)</sup>	600	21-69	106-345	11.300-36.800
Clorpirifós	136-163	288	724-868	3.600-4.300	385.300-461.800

<sup>(1)</sup> Valores diferentes referem-se a fêmeas e machos.

<sup>(2)</sup> Gramas por hectare do ingrediente ativo.

<sup>2</sup> JOHNSTONE, D.R. Droplet size for low and ultra low volume spraying. *Cotton Grower Review*, v.48, p.218-233, 1971.



Existem dois fatores a considerar em quimigação:

(i) o horário de aplicação - na maioria das vezes, a aplicação é feita à noite, em função do menor custo de energia elétrica (tarifa verde), e da menor incidência de vento e (ii) o efeito área, que pode ser explicado da seguinte forma: a maioria dos pivôs tem áreas entre 60 e 100 ha. Normalmente, há uma direção predominante de vento durante um determinado período. Desse modo, o pior caso de uma eventual deriva causada na quimigação ocorre quando o alinhamento do pivô coincide com a direção do vento. Sendo assim, considerando um ângulo de incidência de  $-45^\circ$  e  $+45^\circ$  em relação ao alinhamento do pivô, na situação crítica anteriormente mencionada, ter-se-ia 25% da área, no máximo, apresentando risco potencial de deriva, uma vez que no restante da área, esse risco não existiria, pois o produto aplicado cairia dentro da área alvo (endoderiva). Mesmo assim, nessa área (25% do total), apenas os emissores mais próximos à periferia representariam risco, enquanto os mais próximos ao centro do pivô também atingiriam a área-alvo. Esse efeito, que chamamos de efeito área, também pode ser visualizado na Figura 1.

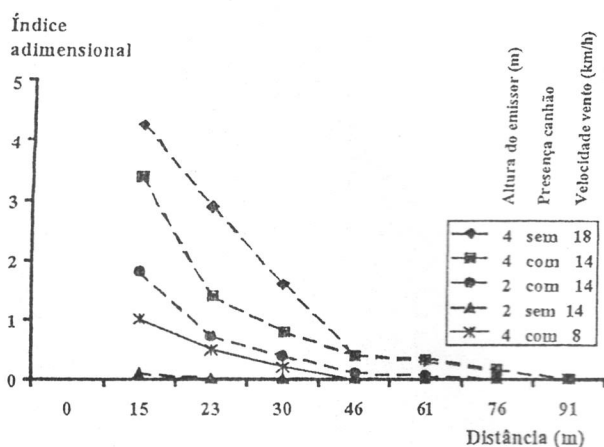


Figura 2 - Influência da presença do canhão terminal no nível de deriva (Adaptado de *SPRAY DRIFT TASK FORCE* - EPA, 1997b).

Quanto mais distante do alvo estiver o emissor de gota, mais essa gota estará sujeita aos efeitos do vento, da temperatura e da umidade relativa do ar. Nas aplicações convencionais, como o espectro de gotas formado é bem próximo do diâmetro crítico, trabalha-se a uma distância de cerca de 0,5 m do alvo. Nos pivôs, essa distância pode variar de 0,5 m, com o uso de pendurais (também chamados de *bengalas* ou *guardas-chuva* ou *pingentes*), até 4 m. Na Figura 3, pode ser visualizado o efeito da distância do emissor. Quanto mais alto o emissor, maior o efeito causado pelo vento e pelas demais condições climáticas (*SPRAY DRIFT TASK FORCE* - EPA, 1997b).

Ao fazer o dimensionamento hidráulico, o projetista toma, como referência, normalmente a maior taxa de evapotranspiração no ciclo fenológico da cultura, que, na maioria dos casos, corresponde ao florescimento, e se situa próximo a  $4 \text{ mm.dia}^{-1}$ , para a maioria das culturas e das regiões brasileiras (Dourado Neto & Fancelli, 2000). Por esse motivo, a maioria dos pivôs instalados trabalha com lâminas de 4 mm ( $40.000 \text{ L.ha}^{-1}$ ), quando operam em sua máxima velocidade, de modo que, ao trabalharem com velocidades menores, permita-se suprir a lâmina acumulada para o turno de rega calculado.

Considerando-se o baixo percentual (0,3 a 1,3 %) de gotas menores que  $150 \mu\text{m}$ , no espectro de gotas do volume total aplicado, a quantidade de produto sujeito à deriva, em quimigação, é extremamente baixo, mesmo quando se aplica produto formulado ou dissolvido em óleos sem surfactantes (Schmidt, 2003; Schmidt & Dourado Neto, 2003). Isso ocorre pois, como já foi dito, embora a gota de óleo formada no emissor seja de tamanho reduzido (cerca de  $20 \mu\text{m}$ ), por ser de óleo, ela não diminui de tamanho e seu peso específico é suficiente para conduzi-la até o alvo.

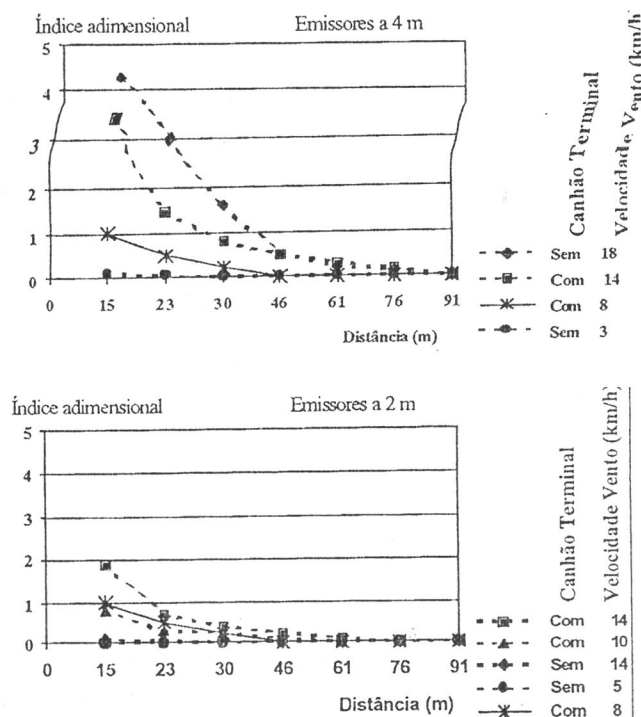


Figura 3 - Efeito da altura dos emissores e da velocidade do vento no índice de deriva (Adaptado de *SPRAY DRIFT TASK FORCE* - EPA, 1997b).

## CONCLUSÕES

Pelo que foi apresentado, conclui-se que: (i) a quimigação é a forma de aplicação mais segura, quando comparada aos demais métodos de aplicação no que se refere à deriva. Essa é também a conclusão a que chegou o *SPRAY DRIFT TASK FORCE* (1997 b) em um trabalho encomendado pelo EPA (*Environmental Protection Agency*), (ii) na quimigação, a deriva restringe-se, no máximo, a cerca de 30 m do ponto de emissão da gota, e apenas quando a posição do pivô coincidir com a direção predominante do vento. Nas demais posições, tem-se a chamada endoderiva; (iii) na quimigação, o uso de dispositivos que aproximam o emissor do alvo (pendurais), associado ao não-uso do canhão terminal e à aplicação noturna, diminui consideravelmente o risco potencial de deriva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BYERS, M.E.; KAMBLE, S.T.; WITKOWSKY, J.F. Assessing insecticide drift during and after center pivot chemigation to corn using galss plates and gauze pads. *Bulletin of environmental Contamination and Toxicology*, v.65, p.522-529, 2000.
- COSTA, E. F.; VIEIRA, R.; VIANA, P.A. (Ed.). Quimigação: prática de aplicação de produtos agroquímicos ou biológicos através da água de irrigação. Brasília: Embrapa, 1994. 304p.
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A .L. Quimigação. In: DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A .L. *Produção de feijão*. Guaíba: Agropecuária, 2000. p.289-316.
- KOHL, R.A.; KOHL, K.D.; DEBOER, D.W. Chemigation drift and volatilization potential. *Applied Engineering in Agriculture*, v.27, n.6, p.174-177, 1987.
- MATTHEWS, G.A. *Pesticide application methods*. 2.ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1992. 405p.
- MATUO, T. *Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas*. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139p.
- MONTEIRO, M.V.M. Estado e tendências da aviação agrícola brasileira. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). *Feijão irrigado: tecnologia e produtividade*. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, 2003. cap.4, p.63-72.
- SCHMIDT, W. Uso de óleos sem surfactantes na aplicação de clorpirifós via insetigação na cultura do milho: resumo de três ensaios. Piracicaba, 2003. 83p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SCHMIDT, W.; DOURADO NETO, D. Tecnologia de aplicação de defensivos e fertilizantes via irrigação. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). *Feijão irrigado: - tecnologia e produtividade*. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Produção vegetal, 2003. cap.4, p.49-62.



- SPRAY DRIFT TASK FORCE-EPA. **A summary of aerial application studies.** 1997a. 7p.
- SPRAY DRIFT TASK FORCE-EPA. **A summary of chemigation application studies.** 1997b. 5p.
- SPRAY DRIFT TASK FORCE-EPA. **A summary of ground application studies.** 1997c. 5p.
- VILLA NOVA, N.A.; DOURADO NETO, D.; TOMAZELA, C.; FANCELLI, A.L. Estimativa de perda por deriva em pivô central. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Tecnologia da produção do feijão irrigado.** 2 ed. Piracicaba: Publique, 1997. p.163-165.

ISSN 0103 - 5185

# **ENGENHARIA RURAL**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**  
**Departamento de Engenharia Rural**

**v.14, único, 2003**