

Análise de deposição de gotas por digitalização de Imagens

Eng.Agr. Eduardo Cordeiro de Araújo

Eng.Comp. Ricardo Matsumura de Araújo

www.agronautas.com

APRESENTAÇÃO

O processo de análise de gotas por digitalização de imagens foi desenvolvido com a finalidade de agilizar e proporcionar mais precisão a esta etapa importante do processo de aplicação de agroquímicos via líquida.

Este tipo de análise é baseado em programas de computador especialmente desenvolvidos para tal finalidade.

Um dos programas atualmente disponíveis é o “ AgroScan”, desenvolvido pelos autores então sob a titularidade da empresa Agrotec Tecnologia Agrícola e Industrial Ltda, de Pelotas, RS. A monografia original (de 2001, revisada em 2007) que descreve esta tecnologia é aquela publicada pela Agrotec em www.agrotec.etc.br (“Análise de gotas em pulverizações agrícolas utilizando digitalização de imagens”).

Com os direitos de uso cedidos aos autores, o programa sofreu aperfeiçoamentos e tem sua monografia atualizada e disponibilizada no site “ Agronautas” (www.agronautas.com).

O software “AgroScan” foi desenvolvido com o objetivo de agilizar os processos de análises de deposição de gotas, em especial as geradas por aplicações aéreas.

Os direitos de uso e propriedade são reservados aos autores.

O software “AgroScan” está registrado no INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial).

1. Introdução

Em toda aplicação de produtos fitossanitários na forma líquida, seja ela efetuada por pulverizadores terrestres ou aéreos (aviões agrícolas), é imprescindível poder avaliar a cobertura da superfície tratada. Os parâmetros mais comumente utilizados são:

a) **Diâmetro médio de gota** (expressa a dimensão média das gotas depositadas)

b) **Densidade de gotas** (expressa em gotas / cm², define a intensidade da cobertura da área)

c) **Espectro de gotas** : expressa a uniformidade das gotas, mediante o desvio do diâmetro médio. A Amplitude Relativa é um parâmetro estatístico para expressar numericamente o espectro de gotas.

d) **Volume de aplicação** (ou taxa de aplicação) : consiste no volume de calda do produto aplicado por unidade de superfície. É calculado mediante fórmulas que correlacionam a vazão aplicada (litros / minuto) com a largura da faixa de deposição e velocidade do equipamento aplicador. O volume de aplicação pode, também, ser estimado pela análise da Densidade de Gotas e Diâmetro médio de gotas, acima referidos.

e) **Percentual de recuperação** : é a diferença, expressa em percentagem, entre o volume que realmente atingiu o alvo e o volume aplicado. As diferenças (perdas), geralmente são devidas à evaporação e arraste (deriva) para fora do alvo, por ação do vento, temperatura e umidade relativa do ar.

f) **Percentual de recobrimento** : é a relação entre a área total do coletor e a área efetivamente coberta pela aplicação.

Embora importantes, os parâmetros acima (principalmente os das letras "a", "c", "e" e "f") são pouco observados na prática, em função da dificuldade de

observação, a campo. A densidade de gotas é possível de ser avaliada, desde que se disponha dos equipamentos mínimos para tal.

Já em aplicações destinadas a Pesquisa e introdução de novos produtos e / ou equipamentos, é indispensável fazer todas as avaliações acima descritas, necessitando-se para tal, equipamentos dispendiosos, pessoal treinado e muito tempo disponível.

2. Técnicas até então empregadas.

Para a avaliação da **densidade de gotas** comumente são empregadas, como substrato, tiras de papel sensíveis à água, ou a óleo, conforme o caso, sobre as quais é aplicado o produto em uso, ficando destacado, em coloração diversa da original, apenas os pontos que receberam gotas do produto. Estes pontos são, então, contados, com auxílio de lupa e escala graduada, definindo-se a **Densidade de gotas, em gotas/cm²**. Em média usam-se 40-50 cartões em cada passagem do equipamento (aplicação aérea). Em cada cartão (medindo aproximadamente 3 x 7 cm) são contadas as gotas em três setores diferentes, escolhidos ao acaso, obtendo-se a média das três leituras.



Figura 1- Aspecto típico de cartão hidro-sensível após coleta de gotas

Para a avaliação do **diâmetro médio de gotas** utiliza-se o mesmo substrato e, empregando lupa e graticula, mede-se um determinado número de "manchas" no papel (por exemplo, 200 "manchas" em cada cartão). Uma vez medidas, as "manchas" têm seu diâmetro corrigido pelo **fator de espalhamento** do substrato em uso e obtém-se, assim, em cada cartão, uma população de gotas, de diâmetros variados que são, então, agrupadas em classes das quais é

calculado o **diâmetro médio numérico** (DMN) que é a soma dos diâmetros dividido pelo número de gotas e, por métodos estatísticos, o **diâmetro médio volumétrico** (VMD), que define que metade do volume pulverizado encontra-se dividido em gotas com diâmetro menor que o VMD e a outra metade do volume está dividido em gotas com diâmetro médio acima do VMD.

Com base na **densidade de gotas** e no seu **diâmetro médio**, é possível, então, calcular o volume, em litros / hectare, que foi depositado em cada cartão, podendo-se avaliar a eficiência e a uniformidade daquela aplicação.

Como todo o trabalho é manual, o tempo e a exatidão das medidas ficam severamente prejudicados, daí a necessidade de automatizar ao máximo o processo, em benefício da rapidez e exatidão.

3. Nova técnica, já em uso : análise através da digitalização de imagens

Visando resolver as dificuldades acima, idealizou-se um sistema que permite agilizar o processo e evitar os erros induzidos pela dificuldade, natural, de contar e medir gota por gota, o que induz o operador a uma grande fadiga, aumentando as chances de erros. O processo consiste na **análise através da digitalização de imagens**.

Em resumo o processo consiste em, obtidas as amostras das gotas pelo mesmo método acima descrito (pulverização sobre cartões sensíveis à água ou a óleo), levar estas imagens a um digitalizador de imagens ("scanner"). Uma vez digitalizadas, as imagens obtidas são tratadas com um programa (software) especialmente elaborado para tal finalidade que conta e mede as gotas em cada cartão.

Como saída, obtém-se a listagem das gotas, já classificadas e em condições de, automaticamente, serem submetidas à seção seguinte do programa, que faz a análise estatística e lista, na tela do computador e/ou na impressora, todos os dados desejados, que normalmente são:

a) **Para cada cartão** : Diâmetro Médio Numérico (DMN), Diâmetro Médio Volumétrico (VMD), Densidade de Gotas, Volume aplicado por unidade de área (Taxa de aplicação) e Amplitude Relativa.

b) **Para o conjunto de cartões** : gráficos comparativos, indicando a variação dos parâmetros acima em cada cartão (que correspondem aos diversos pontos da faixa de deposição), permitindo avaliar o Desvio Padrão e o Coeficiente de Variação. Pode-se, ainda, simular os resultados que serão obtidos por diferentes espaçamentos de faixas de deposição paralelas e contíguas, de forma a recomendar a melhor largura de faixa efetiva em cada caso e / ou necessidade de modificar a distribuição dos dispositivos pulverizadores, de forma a melhorar a uniformidade de distribuição.



Figura 2 – Aspecto do conjunto para digitalização e processamento

4. Benefícios

Uma vez obtidas as amostras, mediante procedimento comum a ambos os métodos (coleta em cartões sensíveis), o grande benefício do método idealizado sobre o anterior reside no **menor tempo necessário à análise, sua precisão e portabilidade do equipamento.**

No que se refere ao tempo, estima-se que, no método tradicional, para processar 50 cartões, conferir, tabular os resultados e obter os resultados finais, sejam necessários cerca de 3 (três) dias, utilizando duas pessoas. Já o novo método permite o processamento e análise dos mesmos 50 cartões em cerca de 30 minutos, em trabalho feito por apenas uma pessoa.

Além disso, os equipamentos utilizados na nova técnica (computador, scanner e o software) são de custo mais baixo do que os equipamentos convencionais (lupa binocular e graticulo de Porton). Especialmente se o computador utilizado for do tipo "notebook" ou "laptop", computadores portáteis, todo o conjunto pode ser facilmente transportado, permitindo seu uso, inclusive, "a campo", enquanto que as metodologias atuais não dispensam o laboratório.

Outra vantagem refere-se à "repetibilidade" do processo : uma gota aparecerá como tendo sempre o mesmo diâmetro, em diferentes leituras, o que raramente ocorre com o processo manual, em que a avaliação do operador pode diferir a cada leitura, com mais frequência.

A única limitação ao método, na fase atual de desenvolvimento, consiste na impossibilidade de separar duas gotas que, tendo se depositado muito próximas uma da outra, tenham pontos de superposição, o que faz com que o sistema as considere como uma única gota, naturalmente de diâmetro maior. Como, porém, esta ocorrência tem, percentualmente, pouca frequência (1% ou menos, dependendo da menor ou maior densidade de gotas), esta limitação, principalmente nas aplicações com baixos volumes de calda não chega a prejudicar o processo.

5. Materiais e métodos empregados

Para a utilização da nova técnica são utilizados :

a) Cartões hidro ou óleo-sensíveis (p.ex "Spraying Systems Water Sensitive Paper" ou equivalente), dos quais se disponham os fatores de espalhamento para cada classe de diâmetro de gota.

b) Computador compatível com PC-IBM , com ambiente operacional Windows, e com, no mínimo, 212 Mb de memória RAM e 50 Mb de espaço disponível no disco rígido. A rapidez do processo será diretamente proporcional à velocidade do computador utilizado e do tamanho da memória RAM. Maior rapidez obtém-se com computadores equipados com processadores com velocidade igual ou superior a 500 MHz.

c) Scanner manual, que possibilite resolução de, no mínimo, 300 DPI (600 DPI recomendada), e respectiva placa controladora (ou conexão USB), ou, ainda, um scanner "de mesa", o que diminui a portabilidade do conjunto, mas aumenta sua precisão. O scanner deverá ser compatível com o padrão "Twain". A precisão da análise aumenta com maiores resoluções de digitalização.

d) Software dedicado, específico para a tarefa (AgroScan©).

6. Procedimentos

Uma vez coletadas as gotas sobre os cartões, na disposição adequada ao processo do qual se deseja verificar a eficácia, espera-se secar as gotas (no mínimo 1 minuto) e recolhem-se os cartões, identificados quanto às suas posições na área-teste.

Estando o computador ligado e o módulo do software responsável pela operação do scanner ativado e calibrado previamente, procede-se a execução da etapa do programa responsável pela digitalização dos cartões. Os cartões podem ser digitalizados individualmente (scanner manual) ou em lote (scanner de mesa).

Após a digitalização de cada cartão ou do lote, o operador seleciona a área a ser amostrada em cada cartão, fazendo a captura de uma determinada seção de cada cartão (por exemplo, 3 cm², 6cm², etc.)

Finalizada a digitalização dos cartões através do scanner, o operador, mediante um comando do teclado ou "mouse", inicia o processamento dos

cartões, **processo daí em diante totalmente automático**. O processamento, efetuado pelo programa dedicado, consiste em, através de algoritmos especiais, identificar, contar e medir as gotas, obtendo-se o diâmetro de cada gota, levando ainda em consideração o “fator de espalhamento” de cada “mancha” no papel, fator este fornecido pelo fabricante do substrato e introduzido no código do programa.

O resultado (gotas / cm² e diâmetro de cada gota) é armazenado pelo computador, aguardando o final do processamento de todos os cartões.

Ao final, o programa divide em classes (intervalos definidos pelo programador) as gotas de cada cartão permitindo o seu tratamento estatístico, efetuado pelo mesmo programa podendo então ser retirados, em listagens, os resultados obtidos. As classes são, tipicamente gradadas a intervalos de 50 micra.

À opção do operador, o programa permite que, com os dados acima, sejam também construídos gráficos e calculados o Desvio Padrão e o Coeficiente de Variação das gotas, seja em uma única faixa, seja na simulação de faixas sobrepostas utilizando-se diversos espaçamentos entre faixas.

Nas páginas do Apêndice 1 são mostrados exemplos de “telas” geradas pelo AgroScan.

O Apêndice 2 contém instruções para coleta das gotas e envio dos papéis sensíveis para análise.

Pelotas, março de 2007

Revisado em março de 2012

Eduardo Cordeiro de Araújo

Ricardo Matsumura de Araújo

Bibliografia consultada:

Akesson, N.B et alli - Drop Size Control and Aircraft Spray Equipment - Agricultural Aviation; Vol 16 No. 1 1974 IAAC, pag 7.

Burgoyne, W.E. et alli - Application rate and droplet size : their effect on pesticides dispensed by air over heavy vegetation cover; Agricultural Aviation - Vol. 15 No. 3, 1973 - IAAC, pag 70

Johnstone, D.R. et alli - Penetration of spray droplets applied by helicopter into a riverine forest habitat of tsetse flies in West-Africa; Agricultural Aviation - Vol. 16 No. 3 - 1974 ; IAAC , pag.71

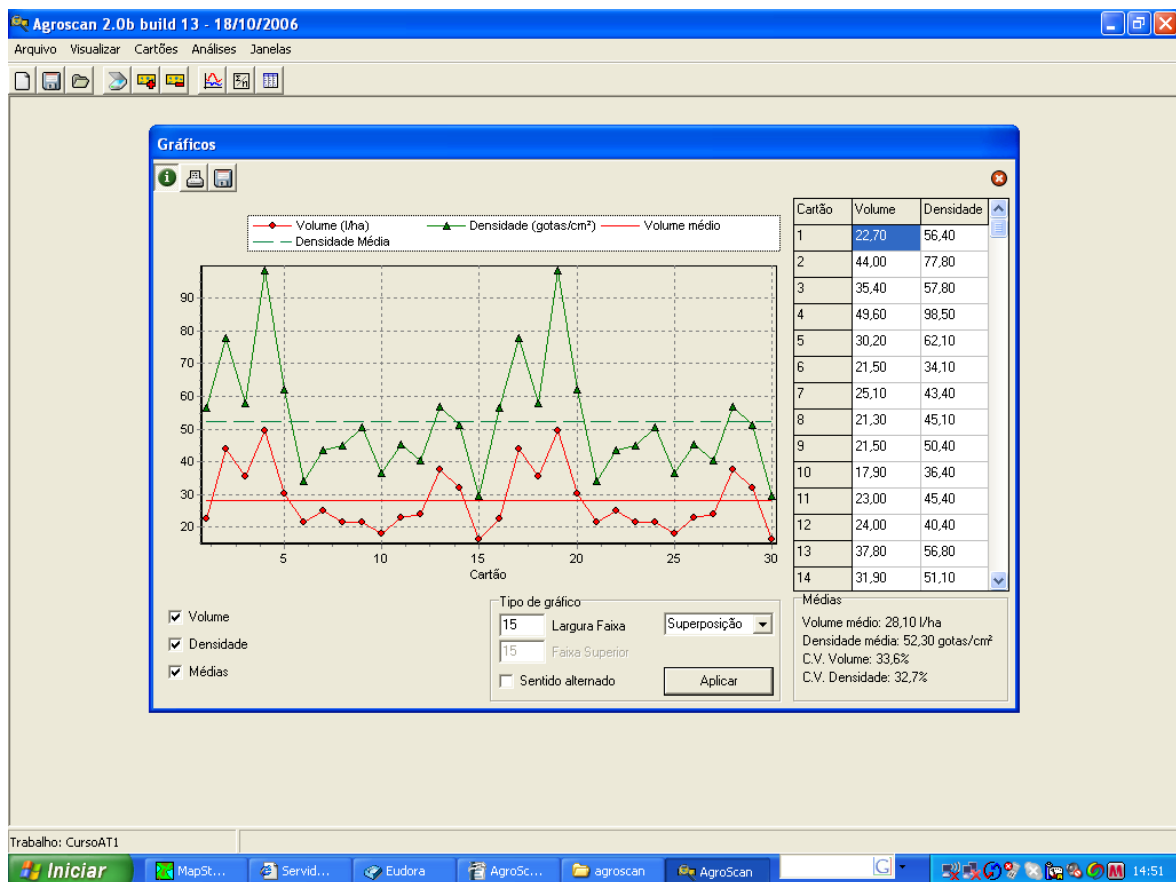
Pessoa, M.C. e Chaim, A. - Modelo Numérico para estimativa das perdas de herbicida por pulverização aérea através da utilização de papel hidrosensível ; Nota Prévia; 1996

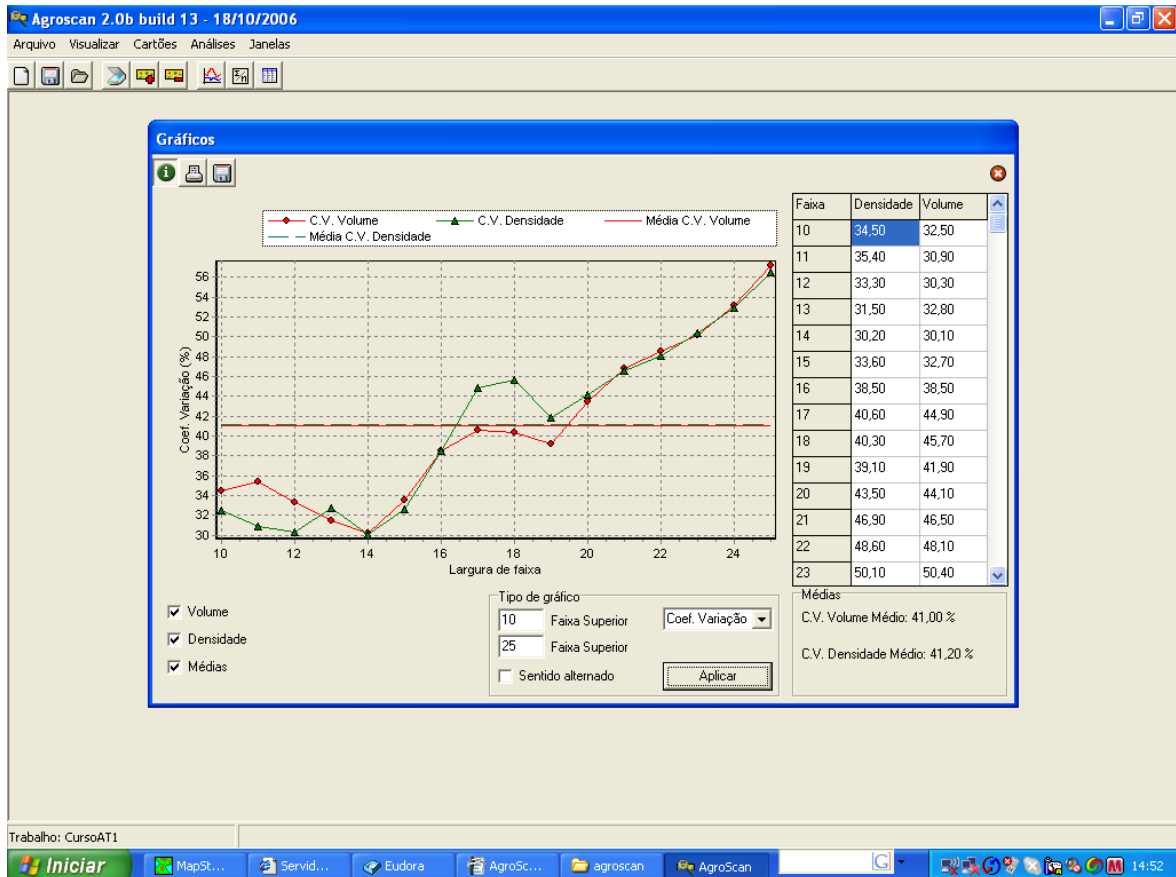
Araújo, E.C e Araújo, R.M. - Análise de gotas em pulverizações agrícolas utilizando digitalização de imagens. Agrotec Tecnologia Agrícola e Industrial. Em www.agrotec.etc.br

APÊNDICE 1

Exemplos de Telas / Relatórios

– **Software “AgroScan” © -**





APÊNDICE 2

SISTEMA DE ANÁLISE DE DEPOSIÇÃO (AgroScan)

Instruções para a coleta e envio dos cartões para análise

1. Observações iniciais:

- Utilizar cartões hidro / óleosensíveis "Teejet"(® Spraying Systems Co.), cujos fatores de espalhamento sejam conhecidos.
- Os resultados serão fornecidos utilizando os fatores de espalhamento informados pelo fabricante dos cartões, sem levar em consideração eventuais alterações pela adição de produtos e/ou adjuvantes à água ou óleo.

2. Coleta:

- Abrir as embalagens dos cartões imediatamente antes do uso
 - Não tocar com as mãos a face sensível dos cartões.
 - Numerar os cartões em suas margens, utilizando no máximo 1 cm da borda lateral (no sentido da maior dimensão)
 - Proteger os cartões do contato com a umidade das plantas e do solo, utilizando suportes apropriados
 - Não efetuar a coleta em dias excessivamente úmidos (neblina etc). **A umidade relativa do ar deverá estar abaixo de 70%.**
-
- **Para coleta de faixas simples, com a finalidade de analisar o perfil da "faixa de deposição":**
 - △ Utilizar número de cartões suficiente para capturar toda a faixa de deposição, evitando que caiam gotas fora dos extremos da linha de cartões

- ⤴ Colocar a linha de cartões perpendicular ao vento (tolerância $\pm 20^\circ$)
 - ⤴ Espaçar os cartões uniformemente (melhor espaçamento = 1 m)
 - ⤴ Posicionar os cartões horizontalmente, no nível do solo ou o mais próximo possível, considerando que devem ficar acima de qualquer vegetação existente. Fixar os cartões por qualquer meio seguro e que não interfira com a superfície superior dos cartões (p. exemplo, fita adesiva no verso dos cartões e placas de vidro ou madeira como suporte).
 - ⤴ Efetuar o vôo contra o vento, iniciando a aplicação no mínimo a 100 m antes da linha de cartões e interrompendo-a no mínimo 100 m após a linha de cartões. Fazer o vôo sobre o centro da linha de cartões, utilizando balizamento apropriado.
 - ⤴ a velocidade do vento não deverá ultrapassar 8 Km/h, medido a 2 m sobre os cartões.
 - ⤴ o local do teste deve ser desprovido de obstáculos, ao vôo e à deposição sobre os cartões
 - ⤴ - utilizar água limpa
 - ⤴ anotar a direção e velocidade do vento, temperatura e umidade relativa, no momento da passagem do avião sobre os cartões.
- **Para coleta de faixas superpostas, na lavoura ou em testes fora dela, observar ainda, o seguinte:**

- △ a direção do vento, neste caso, será a normal existente na aplicação, sendo desejável o vento a 90°
- △ colocar a linha de cartões, uniformemente espaçados, em local que ainda não tenha sido atingido direta ou indiretamente pelo produto aplicado.
- △ Não recolher os cartões antes que se tenha certeza de que já não chegue mais produto até eles.
- △ Anotar direção e velocidade do vento, temperatura e umidade relativa no momento das passagens do avião sobre os cartões.

- **Para coleta de gotas visando avaliação de deriva:**

- colocar os cartões em estacas de altura apropriada (por exemplo 1,5 m), ficando os cartões na posição vertical, com a face voltada para a área onde está sendo feita a aplicação, Posicionar os cartões até a distância máxima que se queira avaliar a deriva, espaçando-os, por exemplo, de 50 em 50 metros, 100 em 100 etc. Anotar, exatamente, as distâncias.

- **No caso de coleta de gotas visando avaliar a cobertura em diversas alturas, penetração na folhagem etc:**

- △ colocar os cartões nas posições desejadas, fixando-os à própria folhagem (cuidado com a existência de orvalho ou umidade excessiva) ou em estacas com alturas adequadas.
- △ retirar os cartões 1 minuto, no mínimo, após ter certeza de que não cairá mais nenhuma gota da aplicação que está sendo conduzida.

- **Após a passagem do avião:**

- ⤴ aguardar no mínimo 1 minuto antes de recolher os cartões;
- ⤴ numerar os cartões, **iniciando da esquerda (do avião), para a direita**. Anotar e informar o número do cartão sobre o qual passou o avião (centro da faixa).
- ⤴ desprezar os cartões que, com certeza, não tenham recebido gotas, com exceção do primeiro cartão imediatamente anterior ao que recebeu as primeiras gotas e do posterior ao que recebeu as últimas gotas .
- ⤴ **não** proteger os cartões, individualmente com qualquer meio (fita adesiva, "papel contact" etc);
- ⤴ colocar os cartões em embalagem à prova de umidade (por exemplo a embalagem original, vedando-a hermeticamente e identificando-a externamente, com o número/nome do teste (até 8 dígitos).

3. Remessa dos cartões para análise

- Enviar os cartões, adequadamente embalados (embalagem original ou papel alumínio), fazendo acompanhar cada conjunto (de até 50 cartões) do formulário adequado (um formulário para cada conjunto de cartões referente a cada teste).

APÊNDICE 2 – Formulário de solicitação de análise de deposição de líquidos

(1 formulário para cada conjunto de cartões)

1. Informações essenciais:

Nome / Razão Social do solicitante:		
Endereço :		
Cidade:	UF:	CEP :
Fone :	e-mail :	
CNPJF / CPF :		
Nome para contato:		Assinatura:

Identificação do teste (até 8 dígitos) :		Data da coleta:	
Número de cartões:		Espaçamento entre cartões (m):	
Tipo de coleta : <input type="checkbox"/> faixa simples ou <input type="checkbox"/> superpostas a campo			
Largura da faixa (m) (apenas para faixas superpostas a campo):			
Finalidade do teste :	<input type="checkbox"/> perfil de faixa;	<input type="checkbox"/> avaliação de deriva.	
	<input type="checkbox"/> avaliação de penetração;	<input type="checkbox"/> outra (especificar abaixo).	
Número do cartão central :		Ângulo dos cartões:	
Posição do cartão 1 em relação à passagem do avião: <input type="checkbox"/> Esquerda; <input type="checkbox"/> Direita			

2. Informações opcionais:

AVIÃO / PULVERIZADOR : Marca:		Modelo:	
Bicos Teejet : Número de bicos:	Ponta:	Core:	Ângulo:
Bicos CP / Stol: Número de bicos:	Restritor:	Defletor:	
Atom. Rotativo: Marca/Modelo:	Unidades:	Restritor:	Pás(°):
Outro especificar):			
Pressão (psi) :	Velocidade de vôo:	Altura do vôo (m):	
Rumo do vôo : (graus magnéticos):		Direção do vento (graus magnéticos):	
Velocidade do vento:	Temperatura:	U.Relativa%:	
Vazão (l/min):	Taxa de aplicação (l/ha):		

3. Tipo de análise desejada:

<input type="checkbox"/>	Análise simples resumida (lista com resumo de cada cartão e 1 gráfico).
<input type="checkbox"/>	Análise simples extensiva (1 lista p/ cada cartão, lista resumo e 1 gráfico).
<input type="checkbox"/>	Análise completa com _____ superposições simuladas
<input type="checkbox"/>	Sentido das superposições simuladas : mesmo; alternado.
<input type="checkbox"/>	Limites de largura de faixa p/ superposição : inferior = ____ m ; superior = ____ m