GUIA PARA APLICAÇÃO AÉREA SEGURA

SINDAG

SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DE AVIAÇÃO AGRÍCOLA

Projeto Aviação Agrícola 2022

Sumário

Conheça o SINDAG 5
Projeto Aviação Agrícola 2022 7
Conheça os autores desse guia: 8
Apresentação 10
Introdução 10
Considerações iniciais 11
1. Fundamentos básicos da aplicação aérea 12
1.1 Capacitação de pilotos e equipe de solo 12
1.2 Aeronaves e equipamentos 13
1.2.1 Aeronaves 13
1.2.2 Bicos hidráulicos 14
1.2.3 Atomizadores rotativos 18
1.2.4 Difusores de sólidos 18
1.2.5 Recomendações importantes 19
2. A pulverização 21
2.1 Aspectos teóricos 21
2.1.1 Volume do líquido coletado 21
2.1.2 Diâmetro Mediano Volumétrico 22
Cálculo do volume das gotas 22
Superfície da gota 23
2.1.3 Diâmetro Mediano Numérico 25
2.1.4 Amplitude relativa 25
2.1.5 Densidade de gotas 27
2.1.6 Faixa de deposição 28
2.2 Calibração do equipamento 30
2.2.1 Pré-requisitos para a calibração 30
2.2.2 Roteiro à calibração para aplicação de líquidos 31
2.2.3 Roteiro da calibração para aplicação de sólidos 33
2.2.4 Uso do DGPS para a calibração 34
3. Fatores meteorológicos 37
3.1 Temperatura do ar 37
3.2 Vento 37
3.3 Umidade relativa 38
3.4 Estabilidade atmosférica e inversão térmica 38

4. Fatores que influenciam na pulverização 40
4.1. Turbulências 40
4.2 Direção, regularidade e velocidade dos ventos 40
4.3 Altura de voo 41
4.4 Temperatura e umidade relativa do ar 42
4.4.1 Correntes convectivas 42
4.4.2 Inversão térmica 42
4.5 Tamanho das gotas 43
4.5.1 Penetração na cultura 43
4.5.2 Velocidade de sedimentação 43
4.5.3 Eficiência biológica 44
4.5.4 Largura da faixa efetiva 44
4.5.5 Potencial de deriva 44
4.6 Equipamentos utilizados 44
4.6.1 Tipo de ponta 44
4.6.2 Ângulo dos bicos 45
4.6.3 Velocidade do voo 45
4.6.4 Pressão de trabalho do sistema 45
4.6.5 Regulagem das pás dos atomizadores 46
4.6.6 Outros fatores 46
5. Controle da deriva 47
5.1 O Tamanho da Gota 47
5.2 Formulação dos defensivos 47
5.3 Adição de Adjuvantes 47
5.4 Fatores atmosféricos 48
5.4.1 Velocidade e direção do vento 48
5.4.2 Estabilidade atmosférica 48
5.4.3 Umidade relativa 49
5.4.4 Microclima 49
6. Comentários adicionais sobre pulverizações 51
6.1 Controle da densidade de gotas 51
6.2 Deslocamento seguro ao redor de aviões agrícolas 51
6.3 Carga da aeronave 52
6.4 Sobre a responsabilidade do piloto 52
7. Cuidados ambientais e ocupacionais nas aplicações aéreas de agrotóxicos 54

7.1 Planejamento *54*
7.1.1 Pista *54*
7.1.2. Mapa *55*
7.1.3 Auxiliares *57*
7.1.4 Combustíveis e lubrificantes *57*
7.1.5 Documentação *57*
7.1.6 Ferramentas e equipamentos – verificação *58*
7.1.7 Equipamentos de comunicação terra-ar *58*
7.1.8 Comunicação terra-terra *59*
7.2 Produtos *59*
7.3 Diluente *60*
7.4 Equipamento *61*
7.5 Condições meteorológicas *61*
7.6 Segurança operacional *62*
7.6.1 Procedimentos Operacionais Padrão *63*
7.6.2 Cuidados na manipulação dos defensivos agrícolas *63*
7.6.3 Vestimentas *64*
7.6.4 Equipamento de proteção individual *65*
7.6.5 Equipamento de proteção coletiva *67*
7.6.6 Equipamento de contenção de derramamento *67*
8. Cuidados durante a aplicação *69*
8.1 Vazamentos no equipamento do avião *69*
8.2 Precisão na abertura e fechamento da válvula de controle *72*
8.3 Compensação da deriva *72*
8.4 Superação de obstáculos *73*
8.5 Interrupção da aplicação durante o sobrevoo de áreas não plantadas ... *73*
8.6 Manutenção, na pista, de partes do sistema que contenham agrotóxico *73*
9. Cuidados após a aplicação *75*
10. Translado *77*
Bibliografia recomendada *78*

Conheça o SINDAG

O SINDAG é o Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola e tem como base todo o território brasileiro.

Representa as empresas de Serviços Aéreos Especializados de Proteção à Lavoura, cuja finalidade é proteger ou fomentar o desenvolvimento da agricultura em qualquer de seus aspectos, mediante a aplicação de fertilizantes, defensivos, sementes, combate a pragas, povoamento de águas, combate a incêndios em campos e florestas ou outro uso que vier a ser recomendado, além do comprometimento com a preservação do meio ambiente e saúde da população.

É membro efetivo do Conselho Consultivo da ANAC, da Câmara Técnica Setorial da Indústria de Manutenção Aeronáutica, da Câmara Técnica sobre Regulamentação da Aviação Geral, da Comissão Especial para Assuntos da Aviação Agrícola no MAPA, do Comitê Nacional de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos do CENIPA, da Comissão de Assuntos da Aviação Agrícola do CNPAA/CENIPA, do Comitê Executivo Aeroagricola Privado do Mercosul (Brasil, Uruguai, Argentina e Chile), do Conselho Consultivo da Reserva do TAIM (RS), do Conselho Consultivo do Parque do Espinilho (RS), da Comissão de Combate aos Impactos dos Agrotóxicos do Mato Grosso do Sul, da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Membro do Pacto Global da ONU.

Visão

A Aviação Agrícola ser reconhecida como instrumento de segurança alimentar, de sustentabilidade na agricultura, proteção ambiental e controle de vetores e doenças.

Missão

Representar, fortalecer e qualificar o setor Aeroagrícola.

Valores

Agir com ética; Promover a sustentabilidade; Representar com responsabilidade; Promover as boas práticas; Agir com proatividade; Governança colaborativa; Abertura ao diálogo.

História

O Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola tem a missão de representar, assistir e defender os interesses das empresas associadas e dos integrantes da categoria.

O SINDAG foi criado em assembleia realizada no dia 19 de julho de 1991, em São Paulo. O estatuto da entidade teve seu registro completado em 12 de março de 1992, quando, então, iniciaram-se oficialmente as atividades do sindicato.

O SINDAG foi criado pela necessidade que sentiam as empresas de aviação agrícola em ter um sindicato forte, que as representasse legalmente para todos os efeitos, junto aos orgãos oficiais da iniciativa privada e perante a opinião pública. Antes do SINDAG existia a FENAG – Federação Nacional de Aviação Agrícola. Esta entidade prestou grandes serviços ao setor, mas não reunia diretamente as empresas, mas sim associações regionais de empresas – em número de cinco – e, por não ter características de representação sindical, não podia representar juridicamente os associados. Daí a necessidade de criação do SINDAG, este sim, investido do poder pleno de representação da classe.

Projeto Aviação Agrícola 2022

Patrocínio:

Objetivo Geral do Projeto: Melhorar a Imagem da Aviação Agrícola Brasileira.

Período do projeto: Janeiro 2017 – Dezembro 2022

Objetivos Específicos

• Capacitar os diferentes atores envolvidos no processo da aviação agrícola brasileira;

• Subsidiar a imprensa brasileira com informações assertivas acerca do setor;

• Fortalecer cada vez mais a relação com as empresas e entidades parceiras do SINDAG;

• Fomentar as boas práticas de aplicação no setor;

• Ampliar o volume de serviços oferecidos pelo SINDAG em todo o território nacional;

• Dar visibilidade para as empresas e entidades que acreditam nos projetos do SINDAG;

• Incrementar as ações em prol do agronegócio brasileiro, setor que vem se destacando nos últimos anos;

• Aumentar o número de empresas associadas ao SINDAG;

• Buscar níveis cada vez melhores de eficácia em todas as ações que são executadas através do SINDAG;

• Ampliar a participação da aplicação aérea no segmento de aplicação de defensivos agrícolas, sementes e fertilizantes agrícolas, no combate a incêndios e campos e florestas e na proteção à Saúde Pública.

Conheça os autores desse guia:

EDUARDO CORDEIRO DE ARAÚJO

Atividades Profissionais:

• Engenheiro Agrônomo
• Especializado em Administração de empresas pela Fundação Getúlio Vargas/RJ
• Piloto Agrícola
• Foi Responsável técnico e Piloto Agrícola na empresa Agroar- Aviação Agrícola e Industrial Ltda, Pelotas,RS
• Foi Assessor de Aviação Agrícola e piloto de aeronaves na empresa Embraer Empresa Brasileira de Aeronáutica Ltda
• Foi Responsável Técnico, Diretor e Piloto Agrícola na empresa Mirim Aviação Agrícola Ltda. Pelotas, RS
• Foi Diretor da empresa Agrotec Tecnologia Agrícola e Indstrial Ltda. Pelotas, RS (atividades Formação de pessoal técnico para aviação agrícola, comercialização e asssistencia técnica dos equipamentos DGPS “Satloc” e dos atomizadores rotativos 'Micronair, Inc.)
• Foi fundador e administrador do portal “Agronautas” (www.agronautas.com.br), dedicado à Aviação Agrícola.
• Foi Diretor Técnico-Agrícola do IRGA – Instituto Riograndense do Arroz Porto Alegre

Atividades Associativas:

• Foi Secretário Executivo da ANAPLA – Associação Nacional de Aplicadores Aéreos. São Paulo
• Foi fundador, diretor e presidente da FENAG, Federação Nacional de Aviação Agrícola. Brasília
• Foi diretor e presidente da Asupla Associação Sul-Riograndense de aplicadores aeroagrícolas. Porto Alegre
• Foi fundador, vice presidente e Diretor Técnico do Sindag Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola. Porto Alegre;
• É Consultor Técnico do Sindag Sindicato Nacional das Empresasa de Aviação Agrícola. Porto Alegre;

MARCELO DRESCHER

• Engenheiro agrônomo
• Mestre em Química e Fertilidade dos Solos
• Especialista em ergonomia.
• Instrutor na formação teórica de pilotos agrícolas.
• Assessor de empresas em tecnologia de pulverização e segurança operacional.

- Coach na formação e desenvolvimento de equipes.
- Colunista de jornal e periódicos especializados.
- Autor do livro Manual de Piloto Agrícola.

Apresentação

Enquanto setor, a aviação agrícola brasileira vem provando, a cada dia, que as melhores técnicas e avançada tecnologia, têm o poder de auxiliar, como ferramenta, no desenvolvimento sustentável da agricultura brasileira. Hoje, a aviação agrícola é fundamental para mais de 15 culturas no Brasil sendo algumas delas: cana de açúcar, café, arroz, soja, milho, trigo, algodão, banana, laranja, eucalipto, seringueira, feijão, batata, mandioca, macadâmia e pastagem.

A melhoria contínua dos processos envolvidos numa operação aeroagrícola é de extrema importância para que o setor reafirme sua relevância e, sobremaneira, possa expandir sua atuação. Este material tem por objetivo destacar alguns aspectos teóricos que, de imediato, determinam a eficiência de uma pulverização e outros, vinculados aos processos, que podem e devem ser implantados e desenvolvidos dentro de cada empresa, levando em conta as operações realizadas, a estrutura, conhecimento e capacitação de cada equipe.

Introdução

O objetivo de uma operação aeroagrícola é a deposição do produto recomendado, na dose certa, no momento adequado, no local indicado e mediante o uso de tecnologia e técnica apropriadas. Por sua vez, os contratantes do serviço de pulverização aérea almejam que o processo seja eficaz e não resulte em deriva. Portanto, percebe-se que o desejo, de todos os envolvidos, em síntese, são os mesmos. Porém, como atingir tais objetivos?

Sabidamente, a pulverização por via aérea apresenta vantagens peculiares, tais como: Maior velocidade de pulverização, não provocar amassamentos na cultura, possibilitar a aplicação com solo encharcado, propiciar uniformidade de deposição das gotas, não transportar vetores, minimizar riscos de contaminação ambiental e reduzir perdas econômicas, devido ao menor tempo necessário para a execução do controle necessário. Porém, todas as vantagens decorrentes desta tecnologia somente serão atingidas mediante o emprego de processos, equipamentos e técnicas que atendam a legislação em vigor e ao elevado nível de precisão inerente a esta atividade. Embora se saiba que o processo de pulverização engloba inúmeros procedimentos, dentre os quais muitos sob responsabilidade de terceiros tais como a definição e aquisição do defensivo, cumpre ao operador aeroagrícola a tarefa de proceder a pulverização de modo eficaz, sem provocar impactos ao ambiente e saúde humana. Para tanto, este guia servirá como importante auxílio, pois embora seja sucinto e não esgote o tema cumpre a função de orientar o prestador de serviço aeroagrícola na condução de suas atividades, no treinamento das equipes e no desenvolvimento de uma cultura de segurança dentro da empresa.

Considerações iniciais

Para maior praticidade na leitura, entendimento e execução, este guia está dividido em duas partes: A primeira visa proporcionar os conhecimentos mínimos dos fundamentos técnicos da aplicação aérea e orientação específica para os diversos tipos de equipamentos e aplicações. Em outras palavras, a primeira parte aborda o essencial e a segunda parte o que à primeira vista parece trivial, pois discorre-se sobre os aspectos aparentemente óbvios, simplistas, mas como dizem que o sucesso ou fracasso mora nos detalhes, a segunda parte do Guia chama atenção justamente para estes detalhes.

1. Fundamentos básicos da aplicação aérea

1.1 Capacitação de pilotos e equipe de solo

A adequada execução de todos os aspectos envolvidos numa pulverização aérea é de responsabilidade de uma equipe, constituída por diversos profissionais. Dentre estes, cumpre ao piloto agrícola a tarefa de promover a dispersão dos produtos nas áreas alvo e, para tanto, deve:

a) Reunir capacidade física, aptidão psicológica, conhecimento teórico e domínio da tecnologia e técnicas que possibilitem a condução de uma aeronave em baixa altura, procedendo a deposição de produtos sólidos ou líquidos, no seu limite de carga.

b) Adequar os preceitos da atividade aeroagrícola ao cumprimento da recomendação agronômica emanada pelo profissional competente.

c) Proceder a operação adotando procedimentos que primem pela preservação do ambiente e da saúde humana.

d) Conduzir a operação dentro de parâmetros seguros a todos os envolvidos.

e) Cumprir a legislação em vigor.

Em complementos às demandas e atividade do piloto cumpre à equipe de solo:

a) Cumprir a legislação em vigor que determina o atendimento aos requisitos de responsabilidade técnica, que incluem a supervisão de um Engenheiro Agrônomo e o acompanhamento da operação por um técnico executor, com a função de avalizar que os procedimentos adotados conduzam ao resultado esperado, de forma rápida e precisa.

b) Verificar as condições meteorológicas durante a operação.

c) Definir e ajustar os procedimentos às variáveis ambientais locais.

d) Avaliar se a operação está se desenvolvendo dentro dos parâmetros estabelecidos para a segurança operacional, do meio ambiente e saúde humana.

e) Garantir que os produtos estejam sendo manipulados e aplicados conforme a recomendação técnica.

f) Abastecer a aeronave com produtos e combustíveis, seguindo orientação inicial e sob constante supervisão.

g) Determinar, a qualquer momento, a parada das operações se for constatado que que qualquer condição põe em risco a segurança ou o planejamento prévio.

h) Realizar a análise prévia da área onde ocorrerá a aplicação dos produtos, visando determinar a existência de áreas sensíveis (residências, áreas de proteção ambiental, rios e outros) obstáculos relevantes (redes elétricas, silos, etc), atividades existentes em áreas vizinhas ou quaisquer outras características que, por julgamento técnico, sejam consideradas relevantes ao planejamento da tarefa e sua execução dentro de parâmetros aceitáveis de segurança operacional.

Cumpre ainda destacar que toda a operação deve atender às normas de segurança da empresa (Procedimentos Operacionais estabelecidos ou Manual de Gestão da Segurança Operacional (MGSO – conforme RABC 137 ANAC)) e a legislação em vigor, visando a proteção da saúde humana e meio ambiente.

1.2 Aeronaves e equipamentos

1.2.1 Aeronaves

Conforme a Instrução Normativa 02 de 2008 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), nas atividades aeroagrícolas somente poderão ser empregadas aeronaves homologadas para utilização em serviços aéreos especializados, certificadas pela autoridade aeronáutica.

A definição da aeronave a ser empregada é de extrema importância à qualidade e rendimento da operação e deve levar em consideração fatores como o tamanho, uniformidade, relevo e comprimento médio das áreas a serem atendidas. Ainda, deve ser avaliada a qualidade das pistas (comprimento, largura, obstáculos) a serem utilizadas, bem como a relação entre o tamanho das áreas e distâncias médias de pistas. Tendo em mãos estas informações, e as necessárias avaliações de caráter financeiro e administrativo, pode-se definir o modelo de aeronave conforme sua capacidade de carga, potência, tipo de motorização e demais características tais como manobrabilidade, envergadura e distâncias de pouso e decolagem, por exemplo.

Importante ressaltar, ainda, que as aeronaves e equipamentos utilizados nas operações aeroagrícolas devem ser calibrados e regulados periodicamente, pois quando mal ajustados apresentam grande variação no tamanho das gotas, resultando em perda da eficiência e, eventual, potencialização da deriva.

A seguir, relaciona-se alguns equipamentos utilizados em aeronaves, cuja definição de uso se dá pela análise de alguns fatores, tais como: Alvo a ser atingido, desenvolvimento da cultura, vazão empregada, formulação do produto, aeronave utilizada, condições meteorológicas, entre outras. Destaque-se que

podem ser utilizados apenas os equipamentos relacionados na Instrução Normativa 15 de 2016 do MAPA, ou outros que vierem a ser posteriormente aprovados.

1.2.2 Bicos hidráulicos

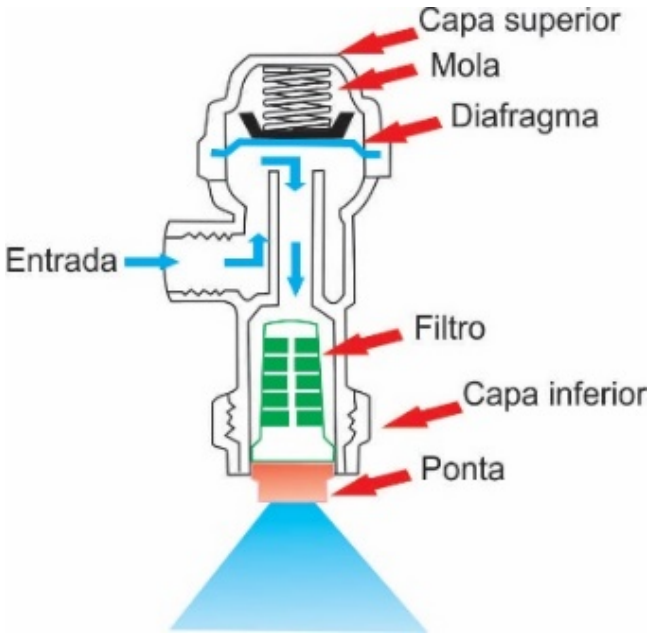

Figura 1 - Representação da estrutura de um bico de pulverização.

Fixados na barra, têm a finalidade de distribuir o líquido, mantendo a pressão no sistema e evitando vazamentos. Em aviação usam-se diversos conjuntos de bicos e pontas, possibilitando inúmeras regulagens que objetivam estabelecer o formato do jato, vazão e tamanho das gotas. Os mais utilizados na aviação agrícola são os bicos CP, bicos com pontas de jato plano, pontas de jato cônico vazio e jato cônico cheio. Os bicos CP foram desenvolvidos para facilitar a operação de ajuste da vazão e do tamanho de gotas. Cite-se ainda os bicos eletrostáticos (Figura 2) que, por meio de indução de potencial elétrico às gotas, resultam numa pulverização com características diferenciadas.

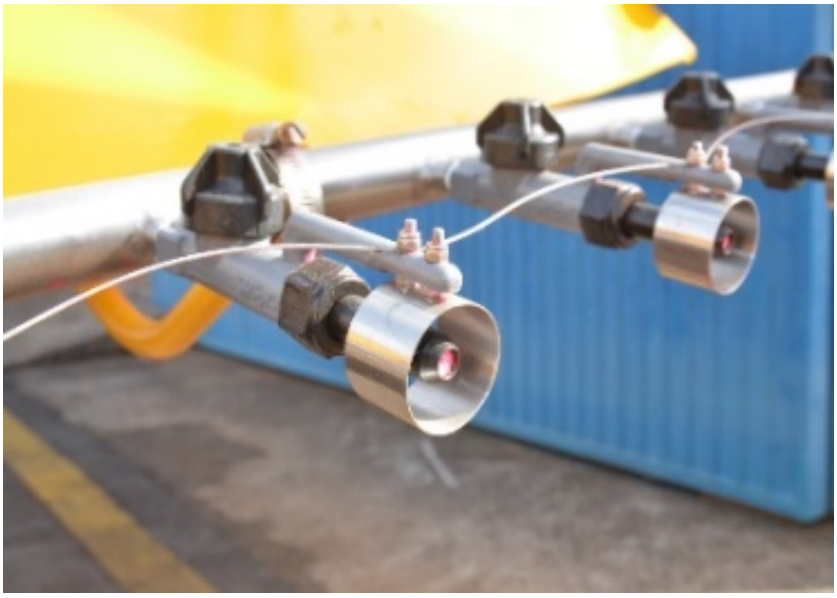

Figura 2 - Bico para pulverização eletrostática

Em razão das necessidades de se produzir gotas de diferentes tamanhos, exercer controle sobre a deriva, imprimir maior ou menor penetração na cultura pode-se instalar diversas pontas nos bicos de pulverização. Importante salientar que, devidos às características impostas pelo deslocamento da aeronave, nas pulverizações por via aérea a variedade de pontas empregadas é bem menor do que nas pulverizações terrestres. A seguir apresenta-se as pontas mais utilizadas nas operações de pulverização aeroagrícola.

Pontas de Jato Plano - Podem ser do tipo 'leque' ou 'de impacto', gerando fluxo num só plano. Estas pontas são produzidas numa grande variedade de tamanhos e ângulos de abertura do leque que, numa operação terrestre, definem a superfície coberta por cada bico e determinam o posicionamento (afastamento) destes na barra.

Figura 3 - Ponta de Jato Plano

Os variados tipos de pontas de jato plano têm a finalidade de suprir às inúmeras situações de aplicação, que exigem densidade, tamanho de gotas e ângulos diversos. Todavia, estes são desenvolvidos para atender as demandas dos equipamentos para aplicação terrestre e as peculiaridades da aviação agrícola faz com que a maior parte das pontas não seja utilizada nas pulverizações por via aérea.

Pontas de jato cônico - Formada por dois componentes denominados de ponta e disco (core ou difusor), geralmente encontrados como peças separadas. O disco possui um ou mais orifícios em ângulo, fazendo com que o líquido ao passar por eles adquira um movimento circular ou espiral. Uma grande variedade de taxas de fluxo, ângulos de deposição e tamanhos de gotas podem ser obtidos estabelecendo diferentes combinações entre discos, pontas diversas e pressão no sistema de pulverização. As pontas do tipo cone podem ser de basicamente dois tipos: "cone vazio" e "cone cheio". A deposição no cone vazio ocorre somente na periferia do cone, sendo que no centro praticamente não há gotas. Este tipo de ponta, nos aplicadores terrestres, é utilizado para a pulverização de fungicidas, pois produz gotas de diâmetro menor. O cone cheio, produzido por um disco perfurado no centro, preenche todo o cone de aplicação proporcionando um perfil de deposição maior que o cone vazio. As pontas de jato cônico, nos equipamentos terrestres, são utilizadas na pulverização de alvos irregulares, como por exemplo as folhas de uma cultura, pois como as gotas se aproximam do alvo em diferentes ângulos, proporcionam uma melhor cobertura das superfícies. Importante salientar que na pulverização aérea (por esta ser realizada a alturas maiores e sofrer a influência do vento relativo), as características resultantes da escolha de pontas diversas não são tão marcantes ou até pode ser consideradas insignificantes.

Como já visto, o tamanho das gotas tem relação direta com a deriva, evaporação e cobertura do alvo. Portanto, escolher a ponta que produza gotas de tamanho adequado é fundamental, tendo-se em mente que, para uma mesma ponta, o tamanho das gotas diminui à medida que a pressão aumenta e que para uma mesma pressão e tipo de ponta, o tamanho de gotas aumenta com o diâmetro de abertura da ponta.

Normalmente, os fabricantes de pontas possuem catálogos que informam o tamanho de gotas gerado, nas diferentes pressões recomendadas, permitindo a avaliação do grau de risco de deriva e evaporação. Ainda, cada fabricante possui uma tabela de referência que indica a pressão que deve ser utilizada à obtenção de determinada vazão e/ou tamanho da gota. Contudo, sempre é importante lembrar que nas pulverizações aéreas o vento relativo irá exercer influência sobre as gotas geradas, alterando o seu tamanho e as características da pulverização a ela associadas.

Bicos CP - Os bicos do tipo CP possuem um design diferente que facilita sobremaneira sua utilização no momento de realizar um ajuste de vazão ou tamanho da gota.

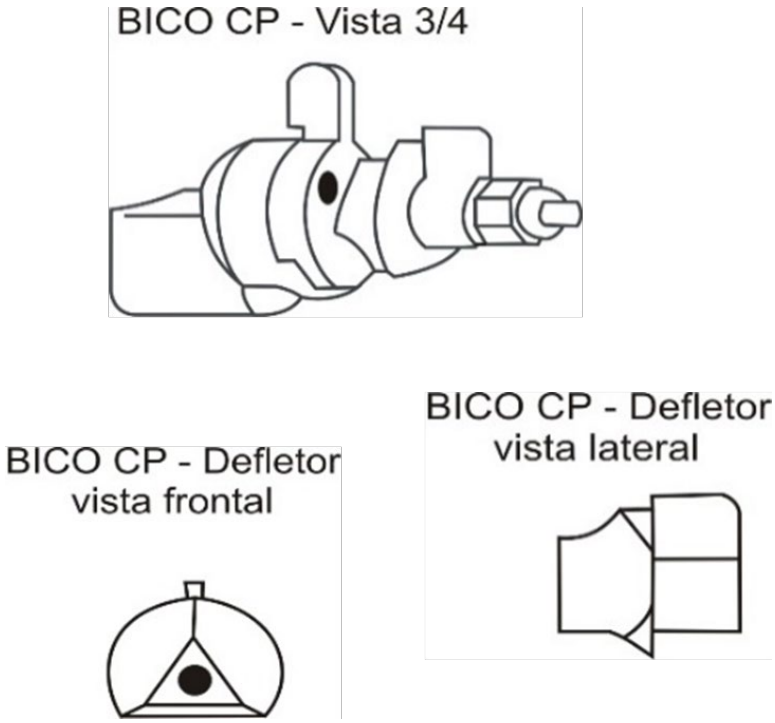

Figura 4 - Bico de pulverização do tipo CP

Nestes, o tamanho das gotas é controlado pelo posicionamento de um defletor, existente na extremidade da peça, que pode ser posicionado diferentes ângulos – dependendo do modelo utilizado - determinando diferentes tamanhos de gotas, na razão inversa do ângulo do defletor. Ou seja, quanto maior o ângulo (inclinação) deste componente menor o tamanho da gota produzida. O controle da vazão é obtido pela combinação entre a pressão de trabalho (pressão

manométrica) e o posicionamento do controlador de vazão (alavanca existente logo atrás do defletor). A posição do controlador de vazão determina o volume de líquido que flui pelo componente e sua regulagem é feita de acordo com a tabela de calibração do fabricante.

1.2.3 Atomizadores rotativos

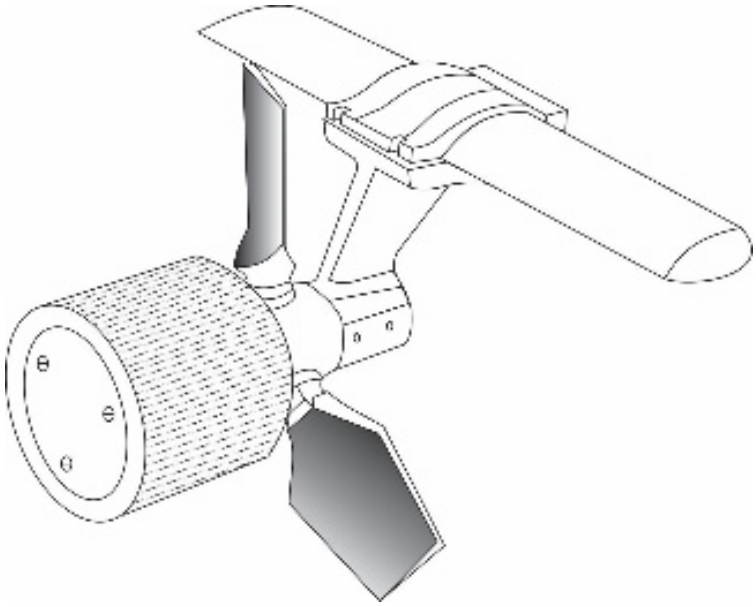

Figura 5 - Atomizador rotativo de tela

Equipamentos que, basicamente, possuem dois modelos: Os atomizadores rotativos de tela que promovem a formação de gotas, pelo impacto da calda contra um tambor perfurado em movimento (Figura 5) e os atomizadores rotativos de disco que formam as gotas devido ao fluxo (escoamento) do líquido pela superfície e bordas de discos serrilhados.

Estes equipamentos foram criados tendo por objetivo a produção de gotas de tamanho controlado, que se traduz em menor amplitude relativa. Tal fato, permite que se realize pulverizações com gotas e volumes menores (menor taxa de aplicação), se comparados aos bicos de pulverização. Ainda, se devidamente regulados e mantidos, dentro dos limites meteorológicos, os atomizadores permitem elevado controle da densidade de gotas, penetração na cultura e faixa efetiva de uma pulverização.

1.2.4 Difusores de sólidos

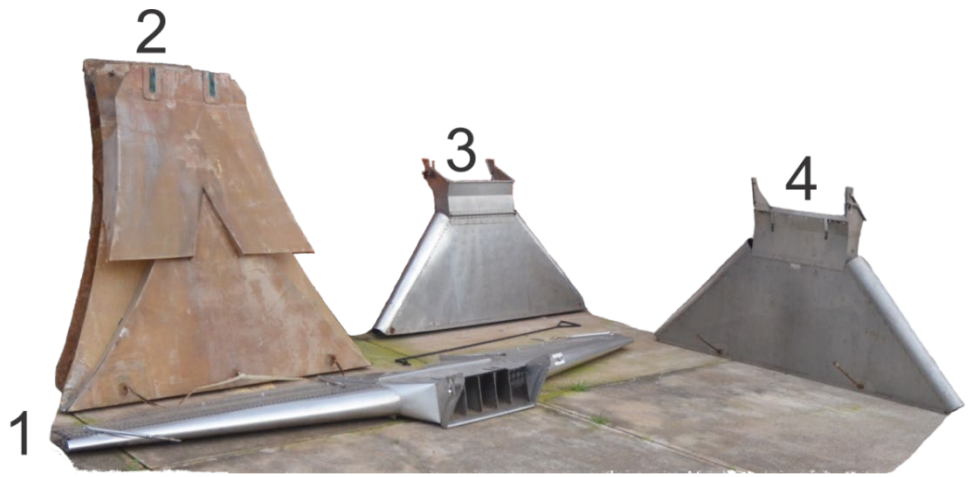

Figura 1 - Difusores de sólidos:
(1) Aerofólico (Swathmaster);
(2) Tetraédrico;
(3) Pé de pato de baixo volume;
(4) Pé de pato de alto volume.

Os difusores são equipamentos utilizados para o lançamento de sólidos (sementes ou fertilizantes) que se valem do vento resultante do deslocamento da aeronave, para promover a aceleração das partículas sólidas e distribuí-las sobre a área. Podem ser do tipo venturi ou aerofólico e são instalados sob o avião, junto à saída do Hopper. Os diferentes modelos de difusores propiciam diversas larguras de faixa, variando assim o rendimento operacional. Contudo, destaque-se que a largura de faixa obtida depende da altura e velocidade da aeronave, do modelo do difusor e do tipo de produto que está sendo lançado.

1.2.5 Recomendações importantes

As aeronaves empregadas na aviação agrícola devem estar de acordo com a regulamentação aeronáutica para a realização desta operação, devidamente licenciadas e cumprirem os requisitos de revisão e manutenção estabelecidos por seus fabricantes. Importante destacar que, mesmo o mais simples equipamento, necessita de constante manutenção quer seja em razão do desgaste natural ou em função de acelerada deterioração decorrente de abrasão ou corrosão, por exemplo.

A manutenção das características originais, na forma de reposição de componentes, calibração periódica e constante ajuste se faz necessária em diversos componentes do sistema agrícola da aeronave tais como bombas, medidores e reguladores de fluxo, tubulações, orifícios dosadores e pontas de pulverização. A despreocupação em relação a esta premissa, pode resultar em densidades irregulares, falhas na distribuição das gotas no perfil da cultura, faixas de deposição desuniformes, bem como eventual aumento do potencial de deriva.

2. A pulverização

2.1 Aspectos teóricos

Antes de abordar as medidas relativas à execução das pulverizações, necessário destacar que estas são constituídas de uma quantidade muito grande de pequenas esferas de líquido, em sua maioria com diâmetro menor do que 0,5 mm (500 micra). Para que se possa determinar a eficiência de uma pulverização, bem como definir a melhor forma de execução é necessário o emprego de critérios técnicos para análise e quantificação desta. Alguns parâmetros usados na avaliação das gotas produzidas são descritos a seguir.

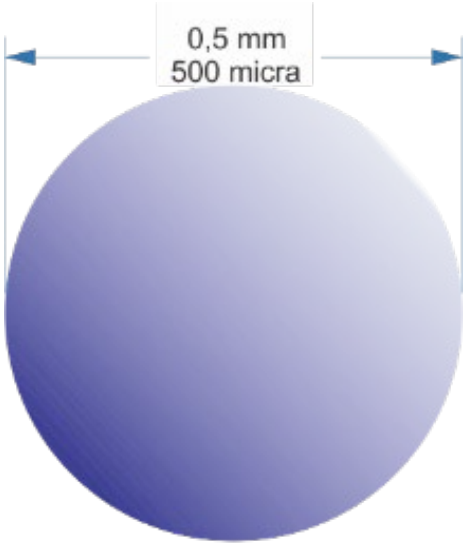

Figura 7 - Unidade de medida de gotas (Micron)

2.1.1 Volume do líquido coletado

O parâmetro volume é medido em litros por hectare e deve ser analisado de duas formas:

Volume do líquido aplicado pelo equipamento – Corresponde ao volume do líquido aplicado num hectare, pelo equipamento pulverizador

Volume do líquido coletado – corresponde a quantidade de líquido efetivamente coletada nos alvos.

A relação entre o volume aplicado e o volume coletado fornece a eficiência de uma pulverização. Assim, se numa determinada área foi pulverizado um volume de 20 l/ha e o volume coletado nos alvos foi de 18 l/ha, a eficiência da pulverização é de 80%.

2.1.2 Diâmetro Mediano Volumétrico

É o tamanho da gota, dentro do espectro de pulverização, que divide o volume aplicado em duas partes iguais, ou seja, uma metade do volume pulverizado com gotas menores que o diâmetro mediano volumétrico (DMV) e outra metade do volume com gotas maiores que o DMV. Na prática, o DMV nos indica, dentre outros, o tamanho de gota próximo ao qual se concentrará a maior parte do volume da pulverização.

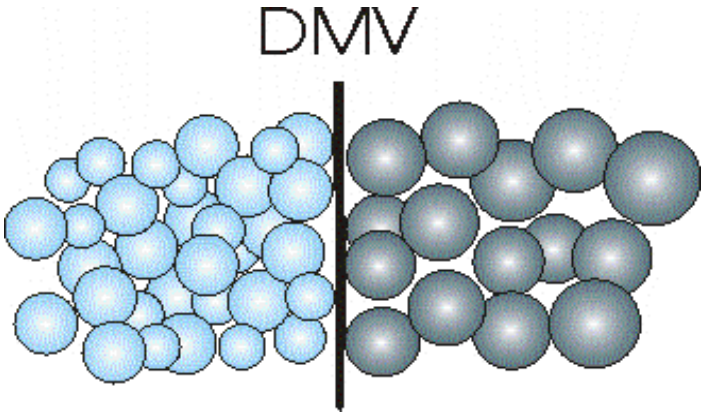

Figura 8 - Demonstração gráfica do DMV.

Para um maior entendimento do conceito de Diâmetro Mediano Volumétrico, importante destacar algumas relações matemáticas.

Cálculo do volume das gotas

Para o cálculo do volume das gotas, usamos uma fórmula que se aplica à definição do volume de uma esfera, embora a gota possa não se apresentar exatamente como uma esfera.

$$\text{volume} = \frac{\pi \ \text{x} \ diâmetro^3}{6}$$

a) Tome-se, como exemplo, uma gota com diâmetro de 400 μ

1 - 400 micra = 0,4 milímetros

2 - $\boldsymbol{volume} = \frac{\mathbf{3{,}14\ x\ 0{,}4^3}}{\mathbf{6}}$

3 - Volume = 0, 03349 mm3

b) Agora, tome-se uma gota com diâmetro de 100 μ

1 - 100 micra = 0,1 milímetros

2 - $\boldsymbol{volume} = \frac{\mathbf{3{,}14\ x\ 0{,}1^3}}{\mathbf{6}}$

3 - Volume = 0,00052 mm3

c) Por fim, fazendo uma proporção do primeiro volume obtido com o segundo tem-se:

$$\frac{V1}{V2} \qquad \frac{o{,}03349}{o{,}ooo52} \qquad = 64 \text{ gotas}$$

Donde se conclui: Uma gota de 400 micra equivale ao volume de 64 gotas de 100 micra.

Superfície da gota

Pela fórmula

$$S = \pi \frac{d^2}{4}$$

obtém-se a superfície de cobertura de uma gota. Assim, para as gotas tomadas como exemplo anteriormente, temos:

Gota com diâmetro de 400 µ

1 - 400 micra = 0,4 milímetros

2 - $\boldsymbol{superfície = 3,14\frac{0,4^2}{4}}$

3 - Superfície = 0, 1256 mm2 -> Superfície = 125,600 µ2

4 - Superfície = 125,600 µ2 x 1 gota = 125,600 µ2

Gota com diâmetro de 100 µ

1 - 100 micra = 0,1 milímetros

2 - $\boldsymbol{Superfície = 3,14\ \frac{0,1^2}{4}}$

3 - Superfície = 0,00785 mm2 -> Superfície = 7,885 µ2

4 - Superfície = 7,885 µ2 x 64 gotas = 504,64 µ2

Deste modo, pode-se realizar o seguinte cálculo:

$$X = \frac{S\ 100}{S\ 400}$$

$$X = \frac{504,64}{125,600} = 4$$

Donde se conclui que, aplicando-se o mesmo volume de pulverização, embora as gotas com diâmetro de 100 micra sejam bem menores, a área coberta será 4 vezes maior.

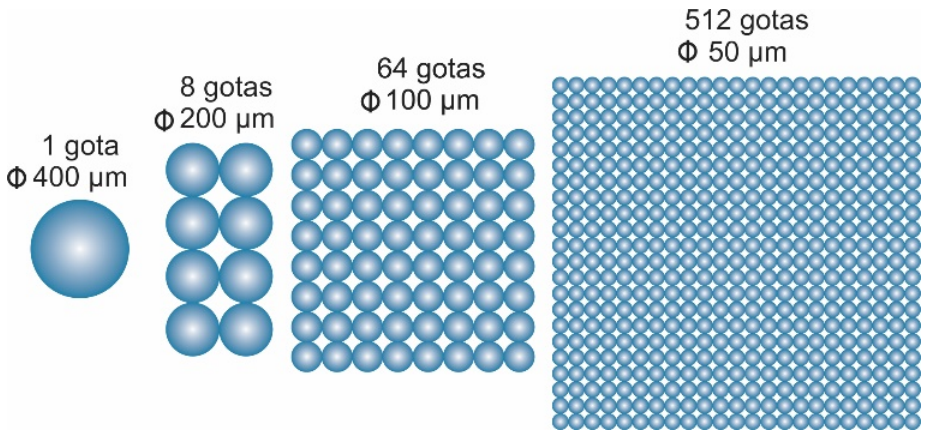

Figura 9 - Representação da superfície coberta pelas gotas

2.1.3 Diâmetro Mediano Numérico

É o tamanho da gota, dentro do espectro de pulverização, que divide o total de gotas em duas quantidades iguais. Assim, metade do número de gotas tem diâmetro superior ao diâmetro mediano numérico (DMN) e metade tem diâmetro inferior ao DMN. A comparação entre o valor do DMV e do DMN de uma pulverização informa sobre a uniformidade do espectro: Quanto mais próximos estiverem esses valores, mais uniforme é a pulverização. Para o entendimento, vamos supor que todas as gotas de uma pulveriação tenham o mesmo tamanho e, nessa situação ideal, totalmente uniforme o DMV e o DMN teriam o mesmo valor (mesmo diâmetro de gota).

2.1.4 Amplitude relativa

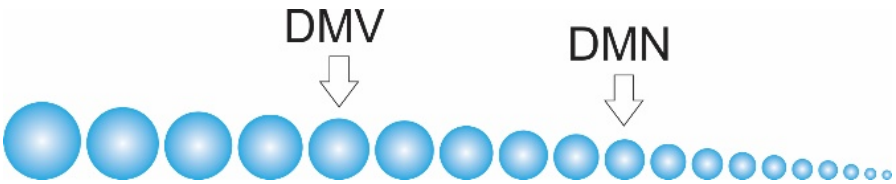

Figura 10 - Representação do DMV e DMN

A variação entre os diâmetros das gotas de uma pulverização é denominada de espectro de gotas (EG). Se, numa determinada pulverização, entre as gotas maiores e menores existir uma pequena diferença de diâmetro, a pulverização apresentará um espectro de gotas mais homogêneo. Ao contrário, se a variação for muito grande, a pulverização apresentará um espectro de gotas heterogêneo. A medida da variação entre os tamanhos de gota de uma pulverização pode ser quantificada pela amplitude relativa, do seguinte modo:

Extensão = $DV_{0,9} – DV_{0,1}$

$$\text{Amplitude relativa} = \frac{Extensão}{DMV} = \frac{DV_{0,9} - DV_{0,1}}{DV_{0,5}}$$

Sendo:

$DV_{0,1}$ Diâmetro de gota que acumula 10% do volume aplicado. (Gráfico 1)

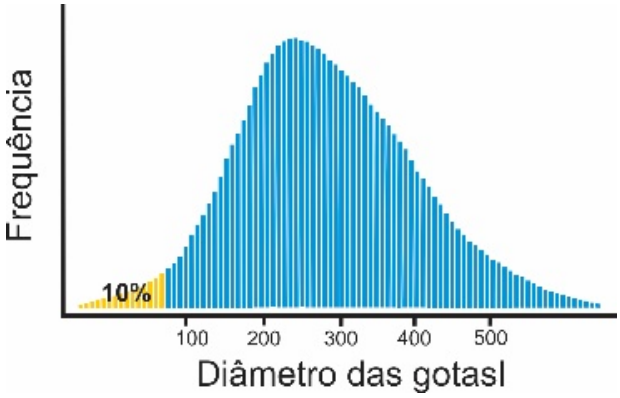

Gráfico 1

$DV_{0,5}$ Diâmetro de gota que acumula 50% do volume aplicado, que pode também ser denominado de Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) (Gráfico 2).

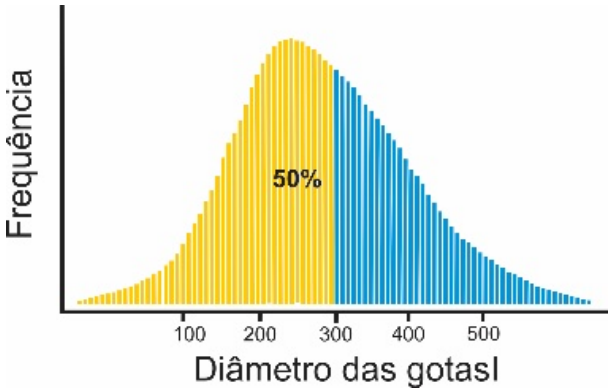

Gráfico 2

$DV_{0,9}$ Diâmetro de gota que acumula 90% do volume aplicado (Gráfico 3).

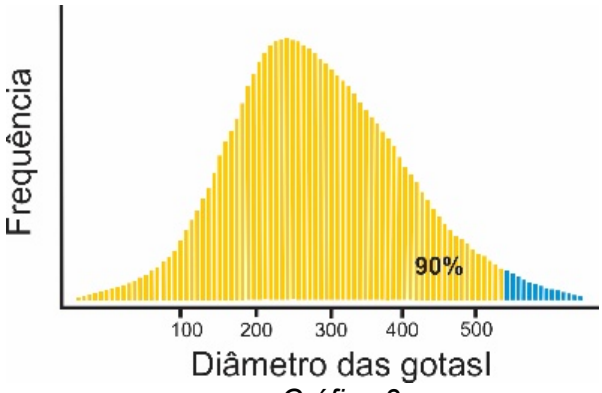

Gráfico 3

2.1.5 Densidade de gotas

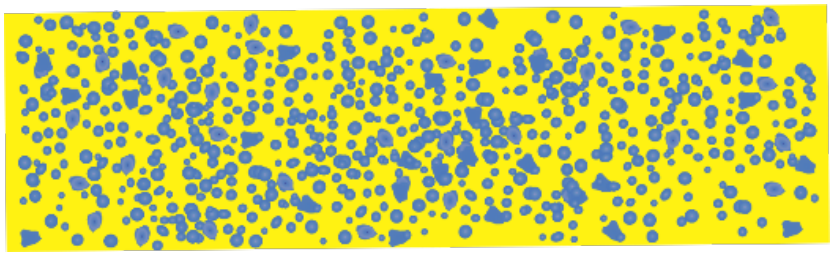
Figura 11 - Cartão hidrossensível

Densidade de gotas é a quantidade de gotas por unidade de superfície e pode ser considerada alta quando apresentar mais do que vinte gotas por centímetro quadrado e avaliada como baixa quando esta for menor do que vinte gotas por centímetro quadrado. Para a determinação da quantidade de gotas, utilizam-se diversos métodos, dentre eles o mais empregado são os papéis hidrossensíveis. A densidade de gotas de uma aplicação relaciona-se ao volume da calda (A) e ao diâmetro das gotas (D), conforme a equação abaixo:

Figura 2 - Cartão hidrossensível

n = densidade de gotas

D = Diâmetro das gotas (µm)

A = Volume da calda (l/ha)

$$n = \frac{60}{\pi} \times \left(\frac{100}{D}\right)^2 x\, A$$

O controle da densidade é um fator variável e de extrema importância para eficiência de uma pulverização. A Tabela 1 expõe densidades recomendadas em diversos tratamentos.

Tabela 1. Exemplos de densidade de gotas para diferentes tratamentos, com respectivos diâmetros de gota e definição.

Tratamento	Densidade (gotas/cm2)	Diâmetro de gotas (DMV micra)	Definição
Controle de vetores – inseticidas	Suspensas no ar	< 50	Aerosol
Controle de vetores – inseticidas	Suspensas no ar	50 – 100	Neblina
UBV – menos de 5 (l/ha)	20 a 30	100 – 150	Pulverização fina
BV – de 5 a 50 (l/ha)	20 a 30	200 – 400	Pulverização média
Fungicidas com ação de contato	50 a 70	200 – 400	Pulverização média
Fungicidas com ação sistêmica	20 a 30	200 – 400	Pulverização média
Herbicidas - pré emergência	20 a 30	400 – 600	Pulverização grossa
Herbicidas – pós emergência	30 a 40	400 – 600	Pulverização grossa

Tabela 1. Exemplos de densidade de gotas para diferentes tratamentos, com respectivos diâmetros de gota e definição.

2.1.6 Faixa de deposição

A faixa de deposição é a largura na qual a pulverização produzida se deposita e pode ser dividida em:

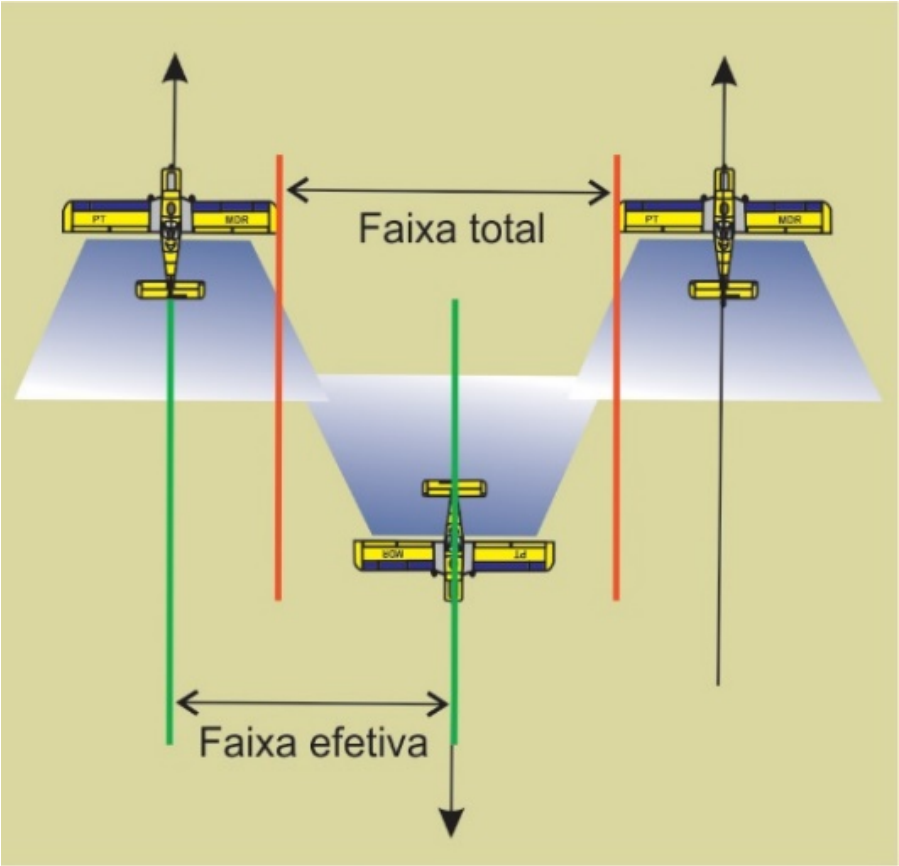

Figura 12 - Demonstração gráfica da faixa de deposição real e efetiva

a) Faixa de deposição real – Corresponde ao depósito total da neblina

b) Faixa de deposição efetiva – Corresponde à faixa na qual a neblina atinge os valores mínimos de gotas por centímetro quadrado, levando em conta o mínimo necessário para que o ingrediente ativo do tratamento realizado seja eficaz. Pode ser verificada através da determinação do coeficiente de variação (CV) do depósito ao longo da faixa de deposição ou pela análise da presença de ingrediente ativo nas folhas da cultura. O tamanho da faixa efetiva variará em função de diversos fatores, dentre eles: Tamanho das gotas empregadas, largura da barra de pulverização, velocidade da aeronave, altura de voo, formulação empregada, velocidade e direção do vento, temperatura, umidade relativa e demais condições meteorológicas. Pela observação da Figura 13, percebe-se a variação provocada pela variação da altura de voo: Não havendo variação na velocidade do vento ou da aeronave, se ocorrer redução na altura de voo a faixa irá reduzir e, de modo inverso, ocorrendo elevação da altura a faixa irá ampliar. Portanto, uma vez definida a altura de voo (quando dos cálculos para calibração do equipamento) esta deverá ser mantida por toda a aplicação.

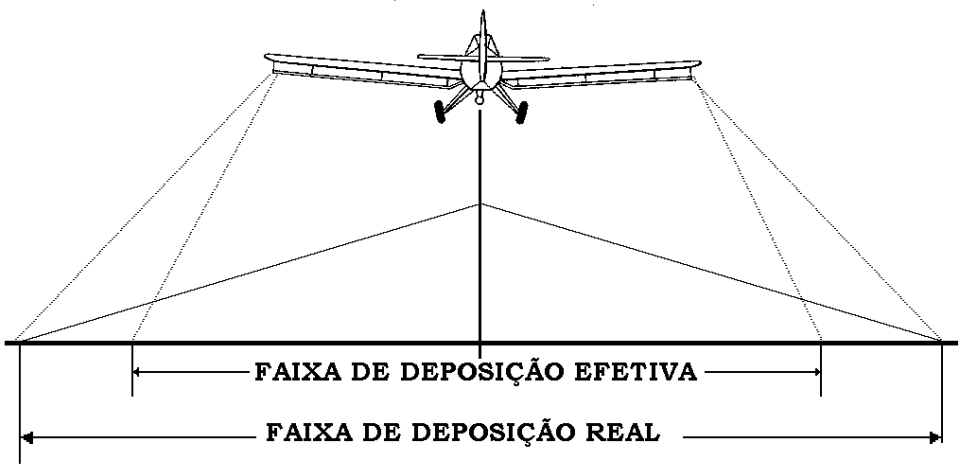

Figura 13 – Faixa de deposição em função da altura de voo.

Importante salientar que a determinação prática das faixas de deposição obtidas pelo equipamento instalado na aeronave é necessária para que se possa estabelecer, com segurança, a largura máxima possível para uma determinada operação, sob risco de não se realizar uma pulverização eficiente, devido a ocorrência de sub-dosagens.

2.2 Calibração do equipamento

A calibração do equipamento para deposição de sólidos e pulverização de líquidos de uma aeronave é um passo fundamental de uma operação aeroagrícola, que tem por objetivo: Cumprir recomendações técnicas, potencializar o controle efetivo das moléstias ou pragas, proteger o ambiente e saúde humana, controlar a deriva e otimizar recursos.

Importante destacar que os recursos tecnológicos hoje disponíveis (sistema DGPS fluxômetro e acionadores mecânicos) facilitam sobremaneira a tarefa e conferem elevada precisão ao processo. Contudo, para o entendimento do procedimento aqui se fará uma breve explanação de como, tradicionalmente, sempre se executou este procedimento e o ajuste das vazões e, após, uma explanação de como se procede o ajuste com DGPS.

2.2.1 Pré-requisitos para a calibração

Para o início dos cálculos de calibração se faz necessário algumas informações:

a) Modelo e quantidade de equipamentos pulverizadores (bicos, atomizadores, etc) utilizados ou instalados na aeronave.

b) Velocidade da aeronave em voo, quando pulverizando (velocidade de trabalho).

c) Largura da faixa efetiva.

d) Dosagem desejada por hectare (taxa de aplicação).

2.2.2 Roteiro à calibração para aplicação de líquidos

Para a calibração da aeronave, em primeiro lugar, se deve definir qual área será coberta por minuto. Para tanto, necessário saber a velocidade da aeronave e a largura da faixa efetiva.

Passo 1 - Calculando a área coberta por minuto de voo.

I. Área coberta por minuto de voo (AM). No caso de uma aeronave voando a 100 milhas por hora e executando 20 metros de faixa efetiva (FE), teremos uma área coberta de 5,36 hectares por minuto, conforme segue:
Importante: (Lembre-se: 1 milha corresponde a 1.609 metros e um hectare equivale a 10.000 m2)

I. - Distância percorrida em metros por hora:
100 milhas por hora correspondem a 160.900 metros por hora

II - Convertendo para metros por minuto:
160.900/60 (minutos em uma hora) = 2.681,66 metros por minuto

III - Área coberta por minuto:
2.681,66 x 20 (largura da FE) = 53.633,33 m/min

IV - Área em hectares:
53.633,33 / 10.000 m2 (tamanho de um hectare) = 5,36 hectares/min

Um modo mais simples e rápido de realizar o cálculo é pelo uso da fórmula abaixo que se vale de uma constante de conversão que possibilita a obtenção, diretamente, da área coberta por hectare.

AM = Vel x FE / 373

Onde:

AM = Área por minuto
Vel = Velocidade, em milhas
FD = Largura da faixa de deposição, em metros

Calculando:

I - AM = 100 x 20 / 373
II - AM = 5,36

Importante - Se o equipamento indicador da aeronave expressar a velocidade em nós use a constante 324 e, se a indicação for em Km/h use a constante 600.

Passo 2 – Supondo que, com esta aeronave (que, com este equipamento, regulagem e velocidade, cobre 5,36 hectares por minuto) se deseje pulverizar o volume de 15 litros por hectare (taxa de aplicação - TA), pode-se calcular a vazão total (VT) por minuto, multiplicando a área sobrevoada por minuto (AM) pelo volume desejado por hectare.

VT = TA X AM
I - VT = 15 x 5,36
II - VT = 80,4 litros/minuto

Passo 3 – O passo seguinte é a determinação da vazão por unidade do equipamento a ser utilizado (atomizadores rotativos, bicos, etc), em função da vazão total requerida.

Vazão por bico = vazão total / número de bicos
I - Vazão por bico = 80,4 litros por minuto / 35
II - Vazão por bico = 2,3 litros por minuto

Passo 4 – Neste ponto, busca-se na tabela de vazão dos bicos, o conjunto que mais se ajusta a vazão requerida. Como exemplo:

D7 – 45 a 30 PSI = 2,24 litros por minuto.
D8 - 25 a 40 PSI = 2,30 litros por minuto.
D8 - 45 a 20 PSI = 2,30 litros por minuto.

Importante - Regras para a escolha do conjunto:

Escolha o bico que se ajusta a vazão requerida de modo a operar com mínima ou média pressão no sistema, pois deste modo ocorrerá menor desgaste dos componentes do sistema e, na hipótese da necessidade de maior pressão de trabalho o bico ainda irá operar de forma adequada. Na hipótese da inexistência de conjunto que forneça a vazão requerida, opte pelo mais próximo e proceda o ajuste da pressão do sistema, conforme exemplo abaixo:

Exemplo: Um bico que forneça 2,30 litros por minuto a 20 PSI. Que pressão será necessária para que forneça 2,45 litros por minuto?

20 PSI > 2,30
X > 2,45
X = 20 x 2,45 / 2,30

X = 21,30 PSI

Pelo exemplo, dentre os conjuntos acima, deve-se optar pelo conjunto D8 - 45 que fornece 2,30 litros por minuto a 20 PSI.

Outro modo de realizar a escolha da ponta de pulverização é pelo Diâmetro Mediano Volumétrico desejado, tomando0se como referência a tabela do fabricante.

Na prática o ajuste da aeronave é realizado, rapidamente, em função da taxa de aplicação (l/ha) pretendida. Necessitando-se pulverizar a uma taxa de 15 l/ha com uma aeronave equipada com 64 bicos de pulverização, que voará a 120 milhas por hora, cujo equipamento e regulagem permite a cobertura de uma faixa efetiva de 18 metros. Qual deve ser a vazão em cada bico?

Passo 1 - Calcular a área coberta por minuto:
120 milhas por hora x 18 metros / 373 = 5,8 hectares por minuto.

Passo 2 - Calcular a vazão (litros por hectare/minuto que devem ser aplicados):
5,8 hectares/minuto X 15 litros por hectares = 87 litros por minuto.

Passo 3 - descobrir a vazão em cada bico:
87 litros/minuto / 64 bicos = 1,36 litros/minuto em cada bico.

A fórmula a seguir sintetiza o que foi expresso:

$$Vazão\ por\ equipamento = \frac{\left(\frac{velocidade\ em\ voo\ x\ faixa\ efetiva}{373}\right)\ x\ \ Taxa\ de\ aplicação}{número\ de\ equipamentos}$$

2.2.3 Roteiro da calibração para aplicação de sólidos

1. Calcular a área aplicada pela aeronave em um minuto (conforme explicado anteriormente);

2. Calcular a vazão necessária (num determinado tempo);

3. Efetuar a calibração no solo com o seguinte procedimento:

a) Colocar o produto a ser aplicado, no Hopper.

b) Colocar um coletor (bandeja, lona) sob porta de saída do Hopper.

c) Acionar a alavanca até uma posição conhecida por um tempo definido (10, 20 ou 40 segundos).

d) Pesar o material coletado e calcular a vazão obtida.

Exemplo: 40 Kg em 30 segundos, correspondem a 60 Kg por minuto.

e) Efetuar um voo de ajuste, pois em voo, devido à ação do vento relativo, podem ocorrer pequenas variações.

Exemplo de calibração de sólidos:

Supondo que você necessite aplicar 80 Kg de ureia por hectare, numa aeronave que voa a 120 milhas por hora, realizando uma faixa efetiva de 15 m.

Passo 1 – Calcule a área coberta em um minuto:
120 (mph) x 15 (metros de faixa) / 373 = 4,82

Passo 2 – Multiplique o valor obtido anteriormente (4,82 hectares por minuto) pela taxa de aplicação (quantidade de produto que você deseja aplicar por hectare):
4,82 (hectares por minuto) x 80 (kg de ureia por hectare) = 385.6

Passo 3 – Divida o total de ureia aplicado em um minuto por 60:
385,6 (total aplicado em um minuto) / 60 (segundos num minuto) = 6,43

Passo 4 – Multiplique o valor obtido pelo número de segundos que você vai coletar o produto (para a calibração). Supondo a coleta por 15 segundos:
6,43 (kg/ por segundo) x 15 (tempo de coleta) = 96,45 (kg de ureia a ser coletada)

Uma vez realizado esse processo no solo, será necessário a conferência em voo e a realização de um pequeno ajuste, pois, em movimento, devido às forças aerodinâmicas, a tendência é que ocorra um aumento na vazão.

2.2.4 Uso do DGPS para a calibração

O uso do DGPS simplifica sobremaneira o ajuste da vazão do equipamento. Claro que, dependendo dos recursos disponíveis, o controle sobre operação poderá ser maior ou menor, tais como o planejamento, armazenamento de dados, análise, comunicação “online”, acompanhamento à distância, pulverização com taxas variáveis, e muitos outros.

Porém, basicamente o uso de sistema de DGPS (dotado de acionador da válvula de controle de fluxo) realiza, pela análise da velocidade da aeronave, faixa efetiva (fornecida) e taxa de aplicação desejada, o controle da vazão de forma a ajustar o fluxo à taxa de aplicação necessária.

O emprego de sistemas de Navegação por DGPS mais sofisticados, permitem o planejamento da operação de forma ágil e completa, sendo possível, por exemplo, definir áreas de exclusão, pontos de restrição, posicionamento de obstáculos relevantes (linhas de transmissão de energia, edificações, matas, etc). Tais sistemas facultam a definição e simulação de linhas de pulverização mais eficazes (permitindo o sobrevoo por sobre a mesma ou em diversas áreas ao mesmo tempo) e coletam dados significativos para a geração de relatórios extremamente detalhados, pois cada ponto da pulverização estará associado à hora, latitude, longitude, altitude, velocidade e dados de fluxo do sistema. As possibilidades de cada sistema são inerentes ao modelo de cada fabricante. Portanto, não se fará aqui descrição dos procedimentos de ajuste e componentes de cada um deles.

Os sistemas de controle de pulverização, automatizados, de modo geral, são compostos de unidade de processamento, calibragem, radio receptor, barra de luzes, display, antena, unidade de gravação, fluxômetro e controlador de fluxo. Não é o objetivo deste material falar de cada um especificamente, mencionando suas vantagens e desvantagens, pois o ritmo evolutivo e as diferenças que cada fabricante imprime ao seu equipamento (buscando atender a aspectos particulares ou a demandas do mercado), tornaria esse material incompleto e ultrapassado. Porém de modo geral pode-se dizer algo sobre os componentes que possibilitam o ajuste dos volumes de pulverização:

a) Fluxômetro – Equipamento que determina o volume do líquido que escoa num determinado ponto da tubulação. Tendo uma turbina como componente sensível ao fluxo, tem-se que o maior ou menor giro desta gera um sinal que, uma vez convertido, informa sobre o volume de líquido que flui num determinado momento e ponto da tubulação. Por ser um equipamento sensível, exige cuidados, dos quais o mais corriqueiro é a limpeza da turbina que, em face dos produtos utilizados, pode ter seu movimento dificultado ou mesmo paralisado, gerando graves erros de leitura e consequente desajuste no controle da vazão.

b) Controlador de fluxo – equipamento que, recebendo e convertendo o sinal do fluxômetro, irá proceder ao ajuste da válvula de passagem de líquido. A posição da válvula será determinada pela conjugação da informação recebida do fluxômetro e os dados que informam a velocidade da aeronave, largura da faixa de aplicação e altura de voo (se o sistema estiver provido de altímetro laser), facilitando sobremaneira o trabalho de calibração da aeronave e permitindo uma operação mais uniforme.

Embora a maioria dos sistemas DGPS hoje instalados em aeronaves agrícolas disponham de fluxômetro e controlador de fluxo, se pode afirmar que mesmo que o sistema disponível não conte com estes equipamentos ainda assim é de grande valia para a aferição da taxa de aplicação (litros por hectare), pois os dados do sistema permanecem armazenados para conferência e facultam o acesso a velocidade real e área total pulverizada pela aeronave. Para proceder esta conferência, basta a cada voo verificar qual o volume de calda

pulverizada, a área sobrevoada (informada pelo DGPS) e realizar o seguinte cálculo:

$$Taxa\ de\ aplicação = \frac{Volume\ aplicado}{Área\ sobrevoada}$$

$$Taxa\ de\ aplicação = \frac{600\ litros}{30\ hectares}$$

$$Taxa\ de\ aplicação = 20\ l/ha$$

3. Fatores meteorológicos

As condições meteorológicas determinam a possibilidade de execução e influem na qualidade de uma pulverização aérea, tendo em vista que a realização de operações aeroagrícolas sob condições meteorológicas desfavoráveis pode resultar em: Evaporação excessiva do líquido aplicado, insegurança no voo, ocorrência de deriva e ineficácia da aplicação. Os fenômenos meteorológicos de maior interesse à aviação agrícola são, brevemente, descritos a seguir.

3.1 Temperatura do ar

A temperatura é um parâmetro físico descritivo de um sistema, vulgarmente, se associa à noção de frio e calor, bem como às transferências de energia térmica na atmosfera. Porém, se poderia definir temperatura, sob um ponto de vista microscópico, como a medida da energia cinética associada ao movimento (vibração) aleatório das partículas que compõem um dado sistema físico. Dito de outro modo, a temperatura em si não é um fenômeno meteorológico e sim a medida da agitação térmica das moléculas presentes numa determinada massa de ar, num determinado instante.

Para as pulverizações a temperatura se revela como importante parâmetro à medida que fornece indicativos do potencial de evaporação das gotas, pois quanto maior a temperatura, maior o potencial de evaporação destas. Portanto, na medida da elevação da temperatura, durante as operações aeroagrícolas, deve-se tomar medidas que reduzam a chance de que as gotas se percam por evaporação, tais como: Aumento do tamanho (diâmetro, volume) das gotas, adição de produtos que reduzam a evaporação, redução da altura de voo, entre outros. Ainda, em decorrência das variações de energia na atmosfera tem-se outros fenômenos, tais como correntes convectivas e inversão térmica, que, por sua relevância, serão tratados no item referente à deriva.

3.2 Vento

É o fenômeno meteorológico percebido pelo deslocamento das massas de ar e oriundo de gradientes de temperatura. Nas operações aeroagrícolas o vento exerce influência, pois a ele estão ligados inúmeros fatores que determinam o sucesso ou o insucesso da atividade. Como regra geral não se deve operar com ventos de velocidade inferior a 3 Km/h ou superiores a 10 Km/h. Todavia, dentro desses limites o piloto deve ter sensibilidade e conhecimento técnico para ajustar a altura de voo às condições de vento, pois para variadas velocidades deste fator deve corresponder uma atitude de voo, de modo que o resultado da operação permaneça satisfatório.

3.3 Umidade relativa

Assim como a temperatura, a umidade relativa representa a medida de um fenômeno atmosférico que é a capacidade que toda a massa de ar tem de conter água na forma de vapor. Explicando melhor, entende-se por umidade o conteúdo de água numa substância ou material. No caso da umidade do ar, a água está misturada com o mesmo, de forma homogênea, no estado gasoso. Como qualquer outra substância, o ar tem um limite de absorção que se denomina de saturação. Abaixo do ponto de saturação (ponto de orvalho) o ar úmido não se distingue do ar seco ao simples olhar sendo absolutamente incolor e transparente. Acima do limite de saturação a quantidade de água em excesso se precipita em forma de neblina ou pequenas gotas de água (chuva). A quantidade de água que o ar absorve antes de atingir a saturação depende da temperatura e aumenta progressivamente com ela. A 0ºC ela é de 4,9 g/m3 e a 20ºC alcança 17,3 g/m3.

Na prática a avaliação da umidade relativa do ar, indica o potencial de evaporação das gotas que possui relação direta com a perda do volume destas e, consequente, aumento no potencial de deriva. Como regra geral, mais importante que a temperatura, para efeitos de evaporação é o monitoramento da umidade relativa, pois esta além de ter grande influência na perda de volume das gotas apresenta um comportamento, por vezes dissociado da temperatura, ou seja: Nem sempre ao aumento da temperatura corresponde uma queda na umidade relativa, pois a queda da umidade pode se dar em temperaturas mais baixas. Certamente, e de forma prática, é preferível aplicar com temperatura de 300C e umidade relativa de 75% do que realizar a operação com 250C e umidade relativa de 50%, embora estas duas opções estejam dentro dos limites recomendados.

3.4 Estabilidade atmosférica e inversão térmica

Denomina-se de estabilidade a resistência atmosférica ao movimento vertical, resultante da distribuição vertical do peso do ar (pressão atmosférica) num dado momento. Este peso varia com a temperatura do ar, uma vez que o ar quente é mais leve que o ar frio. Assim, se um determinado volume de ar (bolsão) está mais quente que a atmosfera ao seu redor ele tenderá a subir, por ser mais leve. Obviamente, esses deslocamentos verticais de massas de ar irão interferir numa pulverização aérea.

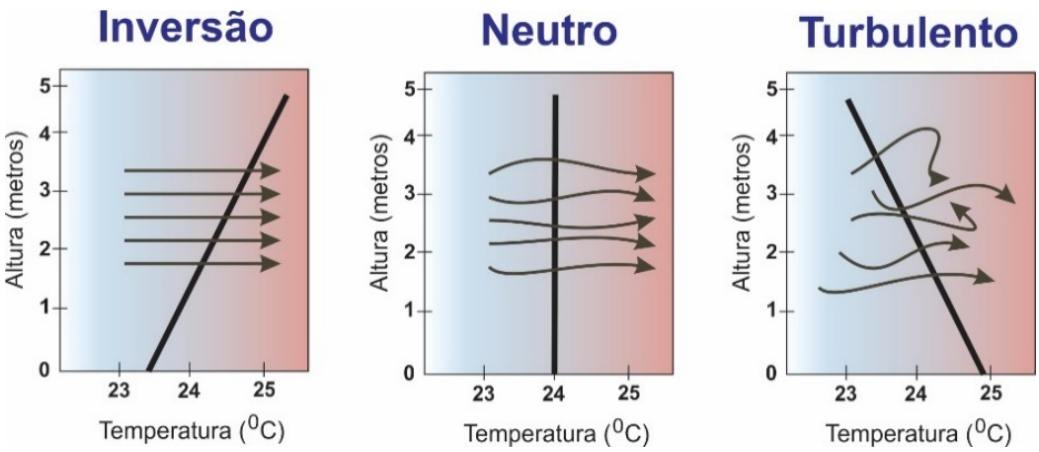

Figura 14 - Representação gráfica de diferentes condições atmosféricas

Na condição de inversão (Figura 14, à esquerda) a atmosfera encontra-se altamente estável (sem movimentos verticais) e as gotas pequenas são conduzidas pelo vento, tornando imprevisível o local de sua deposição. Sob condição de alta turbulência (Figura 14, à direita) a atmosfera apresenta forte movimentação vertical, tendo alto potencial de carregar consigo as gotas pequenas. Na condição neutra (Figura 14, centro) as condições atmosféricas favorecem a deposição das gotas, por apresentar instabilidade (movimento vertical) adequada à descida das gotas da pulverização.

4. Fatores que influenciam na pulverização

4.1. Turbulências

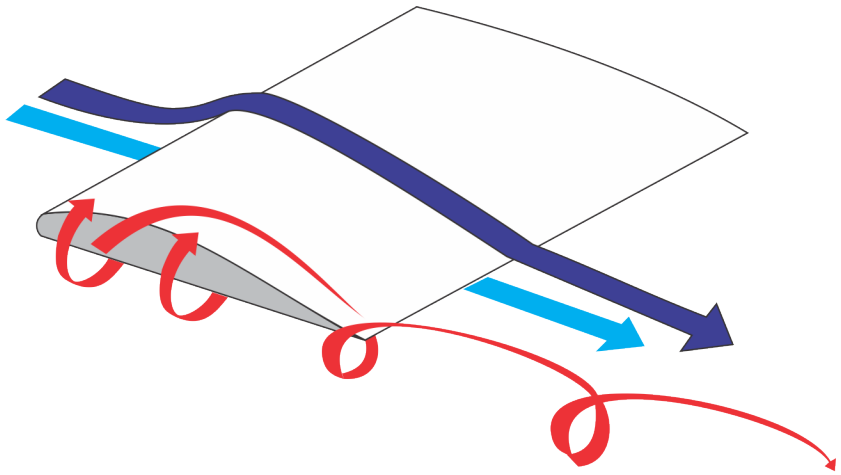

Figura 15 - Arrasto induzido, resultante da diferença de pressão entre a parte superior da asa (extradorso) e a parte inferior (intradorso).

Fenômenos decorrentes da passagem das aeronaves que interferem na deposição das gotas. Um dos aspectos marcantes é a formação de vórtice, provocado pelo arrasto induzido que tem sua origem na diferença de pressão entre o intradorso e o extradorso da asa. A ocorrência de vórtice pode resultar no aumento do tempo de deposição das gotas que, associado a fatores atmosféricos adversos induz à perda de eficiência da pulverização. Assim, em se observando a formação de vórtice, recomenda-se uma análise da deposição das gotas, com vistas à verificação da eficiência dessa pulverização e de eventuais ajustes no equipamento e técnica de voo.

4.2 Direção, regularidade e velocidade dos ventos

Tanto a direção quanto a regularidade e velocidade dos ventos exercem influência sobre a deposição das gotas de uma pulverização. Quanto à direção pode-se dizer que, em havendo culturas suscetíveis ou áreas sensíveis adjacentes ao local de pulverização, extremo cuidado deve ser tomado quando o vento se dá no sentido destas.

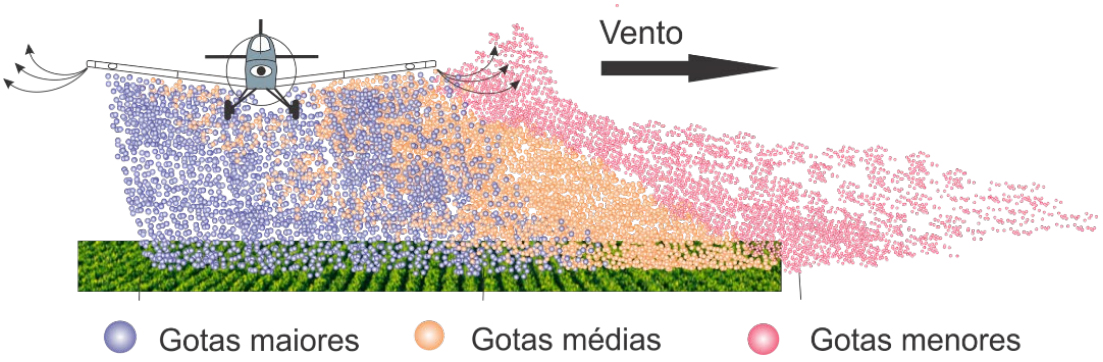

Figura 16 - Deslocamento das gotas em função do seu tamanho e da velocidade dos ventos

Em termos de velocidade, afirme-se que em razão do diâmetro das gotas e da velocidade do vento as gotas apresentam um deslocamento relativo no sentido deste. Na figura abaixo (16), supondo um vento de 5 a 8 Km/h e as gotas maiores como tendo diâmetros acima 200 micra, o deslocamento seria de 12 a 18m. Para as gotas médias, com diâmetros de 100 a 200 micra o deslocamento seria de 20 a 40 m e para as gotas menores, com diâmetros abaixo de 100 micra, o deslocamento seria indeterminado. Importante frisar que estes valores não devem ser considerados como absolutos ou referências para ajustes, pois este deslocamento é função de diversos outros fatores tais como a temperatura, a umidade relativa, a formulação empregada, a altura de voo, entre outros. Assim, que se adote como regra à inferência, na relação tamanho de gotas e velocidade dos ventos, o raciocínio de que à medida que as gotas reduzirem o seu volume e houver aumento na velocidade do vento, maior será a distância lateral percorrida pelas gotas. Por fim, a regularidade dos ventos é fator importante na deposição uniforme dos produtos sobre a área, tendo em vista que ventos irregulares promovem o deslocamento a distâncias diversas e, portanto, existe o potencial de deposição de partes de uma faixa sobre outra já aplicada, embora o mapa produzido no DGPS tenha registrado uma operação uniforme. Importante salientar que os equipamentos são responsáveis, e fornecem informações, pelo lançamento dos produtos, mas a regularidade da deposição sobre o alvo depende de diversos fatores que não são registrados pelos sistemas instalados na aeronave.

4.3 Altura de voo

A altura de voo, determina, de imediato, a distância que a gota terá que percorrer até o alvo. Some-se à altura a ocorrência de ventos, que desviam lateralmente as gotas, e tem-se que alturas demasiado elevadas, podem levar a uma perda ou deslocamento excessivos de gotas, devido a evaporação ou ao maior percurso lateral, decorrentes do maior tempo de permanência no ar. Por outro lado, alturas reduzidas, provocam a perda de eficiência em face da menor largura da faixa de deposição. Deste modo, o operador deve permanecer atento

às condições meteorológicas e à deposição de gotas para estabelecer uma altura apropriada à operação e, se necessário, empreender ajustes no equipamento tais como os que definem o tamanho das gotas produzidas. De modo geral, gotas maiores tem maior velocidade de deposição e, portanto, quando empregadas com adequada altura de voo, sofrem menor influência dos fatores atmosféricos. Como um bom parâmetro ao controle da eficiência das medidas de ajuste dos parâmetros da pulverização pode-se realizar o controle da densidade (ver item 5.1.5).

4.4 Temperatura e umidade relativa do ar

As variações na temperatura e umidade relativa do ar levam a fenômenos bem conhecidos e que, dependendo de sua intensidade, podem influenciar de modo expressivo a deposição das gotas de uma pulverização. O processo que influi sobremaneira numa no comportamento das gotas e, consequentemente, na eficiência da pulverização é a evaporação das gotas. Se, por exemplo, uma condição atmosférica favorecer a perda de volume das gotas, estas se tornarão menores, mais leves, mais lentas e permanecerão por mais tempo suspensas e, portanto, mais sujeitas ao deslocamento lateral.

4.4.1 Correntes convectivas

A convecção é a forma de transmissão do calor na qual a propagação ocorre através do movimento do fluido envolvendo transporte de matéria. A descrição e explicação desse processo é simples: Quando uma certa massa de fluido é aquecida, suas moléculas passam a mover-se mais rapidamente, afastando-se uma das outras, e o volume ocupado aumenta, tornando a massa fluida menos densa. A tendência dessa massa menos densa é sofrer um movimento de ascensão que pode carregar consigo as gotas da pulverização. Assim, na hipótese de existência de correntes convectivas, medidas de ajuste e prevenção devem ser tomadas.

4.4.2 Inversão térmica

Pode ser expressa como áreas onde a redução normal da temperatura com o aumento da altitude é revertida, restando uma camada de ar frio próximo ao solo. Essas camadas de inversão bloqueiam o escoamento atmosférico fazendo com que o ar sobre uma determinada área assuma um comportamento estável. A principal consequência da inversão térmica, para as operações aeroagrícolas, é a impossibilidade de se prever o que acontecerá com as gotas pulverizadas. Deste modo, quando da ocorrência desse fenômeno recomenda-se a parada das operações de pulverização até que as condições se tornem favoráveis (ver item 6.4).

4.5 Tamanho das gotas

O conhecimento das características que o tamanho das gotas imprime a uma pulverização é de extrema valia para a eficiência desta. O tamanho das gotas influi no potencial de penetração na cultura, na cobertura, velocidade de sedimentação, eficiência biológica, largura da faixa efetiva e no potencial de deriva de uma pulverização.

4.5.1 Penetração na cultura

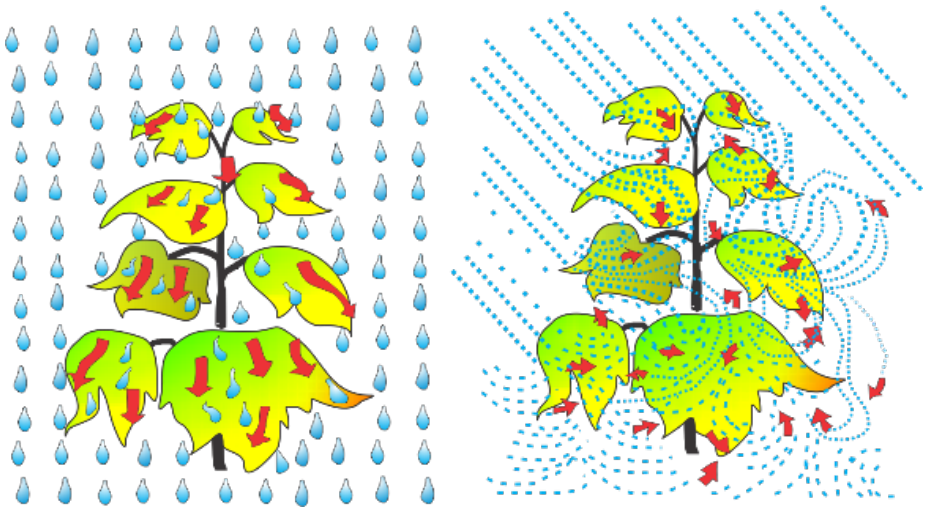

Figura 17 - comportamento das gotas em função do seu diâmetro e volume.

Gotas menores penetram mais na estrutura foliar da cultura, atingindo as folhas mais baixas e potencializando as pulverizações com fungicidas, por exemplo. Pela observação da Figura 17, percebe-se que as gotas maiores tendem a atingir as folhas superiores e externas da cultura (efeito guarda-chuva), enquanto as gotas menores, devido ao movimento caótico, tendem a penetrar em toda a cultura, atingindo as folhas de modo mais uniforme. Deste modo, pode-se inferir que dependendo do desenvolvimento da cultura e posição do "alvo" deve-se estabelecer um tamanho de gotas adequado de forma a que esta cumpra o trajeto desde o ponto de pulverização (saída da aeronave), aproximando-se do alvo com o tamanho adequado.

4.5.2 Velocidade de sedimentação

A velocidade de sedimentação das gotas menores é menor. Tal fato determina que gotas menores permanecem por mais tempo expostas às condições atmosféricas acelerando a evaporação e, portanto, aumentando o potencial de deriva. Assim, quando da necessidade de controle de deriva uma

das medidas é o aumento do tamanho de gotas, favorecendo sua deposição. Todavia o aumento do tamanho das gotas pode levar à necessidade do aumento no volume pulverizado visando manter a densidade em nível adequado.

4.5.3 Eficiência biológica

A eficiência biológica das gotas, para uma grande parte dos alvos, se eleva com a redução do diâmetro. Assim, pulverizações em ultra baixo volume, por exemplo, se executadas com técnica adequada apresentam elevada eficiência e grande rendimento operacional. Todavia, como tais pulverizações exigem elevado grau de atenção e especialização não são largamente utilizadas.

4.5.4 Largura da faixa efetiva

A faixa efetiva de uma mesma pulverização aumenta na medida em que o diâmetro das gotas diminui. Desta forma a redução do DMV de uma pulverização eleva o rendimento operacional, quer seja pela possibilidade de redução do volume aplicado por hectare (taxa de aplicação) quanto pelo aumento da faixa efetiva de deposição.

4.5.5 Potencial de deriva

O potencial de deriva aumenta na medida da redução do volume das gotas em razão, predominantemente, da menor velocidade de deposição e aumento no potencial de evaporação das gotas. Destaque-se que referir-se a um aumento no potencial de deriva não, necessariamente, se reflete na elevação desta. Isto é verdade na medida em que avaliarmos que, embora se tenha gotas de menor diâmetro na pulverização o que, numa análise do espectro indicaria maior potencial de deriva, estas gotas podem estar sendo controladas pela adição de adjuvantes, variação na altura de voo e outros procedimentos.

4.6 Equipamentos utilizados

4.6.1 Tipo de ponta

Os diferentes tipos de pontas e tamanho dos orifícios determinam o tamanho de gotas produzido. Em geral, o aumento do orifício determina o aumento no diâmetro das gotas produzidas. Destaque-se que o tamanho das gotas produzidas não equivale ao tamanho das gotas que atingem o alvo em face das perdas de volume durante o deslocamento na atmosfera. Assim, de extrema importância é a constante verificação do tamanho das gotas e densidade obtidas durante o processo de pulverização.

4.6.2 Ângulo dos bicos

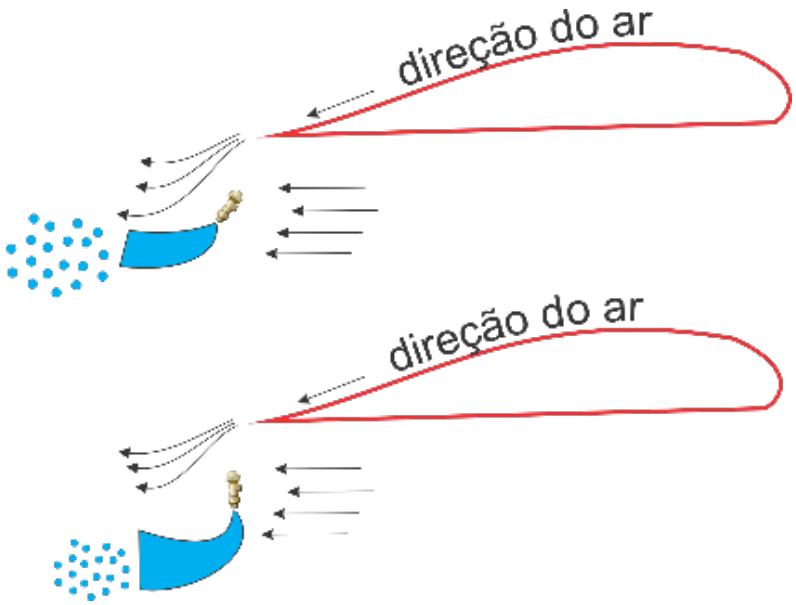

Figura 18 - Redução do tamanho de gotas em função do posicionamento do bico.

Na aplicação aérea, o ângulo em que os bicos estão posicionados em relação ao vento relativo, influencia o tamanho de gotas produzido devido ao maior ou menor cisalhamento das gotas, provocado pelo ar em movimento. Quando da utilização de bicos CP, embora não se tenha uma variação no ângulo dos bicos, a posição do defletor irá determinar o diâmetro de gotas produzido.

4.6.3 Velocidade do voo

O tamanho das gotas produzidas, em geral, reduz à medida do aumento da velocidade do voo. Um mesmo equipamento, com a mesma regulagem, quando instalado em aeronaves de maior velocidade, poderá produzir gotas de diferentes tamanhos. Isto deve ser objeto de atenção pois pode se constituir num sério problema, na medida em que o aumento de velocidade, por exemplo, poderia elevar a proporção de gotas pequenas na pulverização.

4.6.4 Pressão de trabalho do sistema

A pressão hidráulica, produzida pela bomba e definida pela abertura da válvula By-pass, exerce profunda influência no tamanho das gotas produzidas pelas pontas. Em geral o aumento na pressão tem dois efeitos: O espectro de gotas se altera e uma maior percentagem de gotas estará sujeita à deriva, em

razão da maior proporção de gotas pequenas na pulverização. Como recomendação geral diz-se que o melhor é trabalhar próximo a mínima pressão necessária para que as pontas produzam as gotas de tamanho necessário.

4.6.5 Regulagem das pás dos atomizadores

Na hipótese de se utilizar atomizadores rotativos, o posicionamento das pás do atomizador e a velocidade da aeronave irão determinar o tamanho das gotas produzidas. Embora, a amplitude de uma pulverização com atomizadores seja, como regra geral, menor do que a gerada por bicos de pressão hidráulica, a decisão pela redução do diâmetro sempre irá gerar mais gotas com diâmetro abaixo do DMV, potencializando a deriva. De igual forma, a maior velocidade da aeronave irá imprimir mais giro nos atomizadores e provocar maior cisalhamento destas.

4.6.6 Outros fatores

O cisalhamento das gotas, e consequentemente o diâmetro mediano da pulverização, pode ainda ser influenciado pelo turbilhonamento do ar que escoa no bordo de fuga, pelo arrasto induzido, pelo vórtice provocado pela hélice ou como resultado de efeito aerodinâmico de qualquer outro equipamento instalado na aeronave e que possa estar gerando correntes de ar que "colidam” com as gotas produzidas.

5. Controle da deriva

Existem inúmeras definições de deriva. No escopo deste trabalho, entende-se por deriva, o movimento físico do defensivo, no momento da aplicação ou logo após este, através do ar, de uma área alvo para outra não alvo. A ocorrência de deriva provoca o deslocamento dos produtos químicos para fora da área de aplicação e pode ter como consequência: Prejuízos ao produtor, danos às culturas adjacentes, contaminação de águas de superfície ou subterrâneas, risco à saúde de animais, pessoas, contaminação de áreas adjacentes ou deposição irregular dentro da área alvo. Sendo um fator relevante e objeto de extrema atenção durante as pulverizações, necessário se faz alguns comentários a respeito dos fatores que influenciam o potencial de deriva.

Antes, afirme-se que embora possa parecer uma repetição dos fatores citados anteriormente, aqui eles são citados e desenvolvidos sob o ponto de vista da influência no potencial de deriva.

5.1 O Tamanho da Gota

O fator que mais influencia a ocorrência de deriva é o tamanho da gota produzida. Numa pulverização coexistem gotas com diversos diâmetros e, dentre estas, as de menor diâmetro têm maior potencial de deriva, pois não possuem massa para cair rapidamente, permanecendo suspensas no ar por mais tempo do que gotas maiores, sofrendo maior influência do vento.

Importante salientar que a distância que uma gotícula irá se deslocar a favor do vento também é função da altura em que esta foi liberada, da velocidade do vento e inversamente proporcional à sua velocidade terminal.

5.2 Formulação dos defensivos

Os defensivos são o resultado da mistura de um ingrediente ativo com substâncias que promovem sua eficiência, estabilidade e solubilização, dentre outras. Desta forma, os produtos comerciais são o resultado de uma formulação que imprime características desejáveis a cada um deles. Diferentes formulações apresentam comportamento diverso quando misturados à água e na sua interação com as condições atmosféricas. Assim, a correta definição, recomendação e acompanhamento técnico são muito importantes para a determinação do tamanho de gotas, taxa de aplicação e medidas preventivas durante uma pulverização aérea.

5.3 Adição de Adjuvantes

Por adjuvante entende-se o produto utilizado em mistura com formulados para melhorar a sua aplicação. Os adjuvantes têm modos de ação diversos, um surfactante, por exemplo, reduz a tensão superficial do líquido, permitindo que a gota cubra uma maior área quando depositada sobre o alvo. O emprego dos adjuvantes, quando necessários e definidos de modo adequado, reduzem o potencial de evaporação das gotas, aumentam a densidade, elevam o tempo de permanência sobre o alvo e potencializam a absorção dos produtos químicos.

5.4 Fatores atmosféricos

As aplicações de defensivos estão sujeitas às interferências climáticas já comentadas. Porém, em face de sua relevância no processo da deriva, cumpre aqui mais alguns destaques tais como eventos locais ou o microclima na copa da cultura.

5.4.1 Velocidade e direção do vento

Embora fosse desejável, não é possível responder com precisão à seguinte questão: Qual a velocidade máxima de vento que determinaria a suspensão da operação de pulverização em razão do risco de deriva? Isso ocorre em face da existência de outros fatores, além da velocidade do vento, que influenciam no potencial de deriva, tais como: Formulação e viscosidade do produto, potencial de evaporação da calda, relevo do local e áreas adjacentes à aplicação, tamanho das gotas produzidas, condições meteorológicas da área, dentre outros.

5.4.2 Estabilidade atmosférica

A velocidade do vento e a temperatura em diferentes alturas podem ser combinados para inferir a estabilidade atmosférica. A estabilidade atmosférica, avaliada numericamente pela taxa de estabilidade (Stability Ratio - SR), é um indicativo o potencial de deriva. O valor SR é obtido pela seguinte fórmula.

Onde:
SR = Taxa de estabilidade
T_{33} = temperatura em 0C a 33 pés de altura.
T_{10} = temperatura em 0C a 10 pés de altura.
V^2 = velocidade média do vento (expressa em centímetro por segundo) entre 10 e 33 pés, elevada ao quadrado. Para se chegar à velocidade em cm/s, a partir da velocidade em Km/h, basta multiplicar o valor pela constante 27,8. Se a velocidade for dada em mph, multiplique por 44,7.

Interpretação do resultado:

Caso 1 - Se o valor de SR for maior ou igual a 1,3, a atmosfera acima da área é muito estável. Nestas condições, as gotas menores tendem a flutuar e concentrar-se, podendo constituir-se em deriva. Desta forma, o índice sinaliza "alto risco de deriva".

Caso 2 - Se o valor de SR for menor do que 1,2 e maior do que 0,1, a atmosfera acima da área é moderadamente estável. Nestas condições, o índice sinaliza "risco moderado de deriva".

Caso 3 - Se o valor de SR for menor que 0,1, a atmosfera acima da área está cada vez mais instável, favorecendo a pulverização. Neste caso o SR nos indica "baixo risco de deriva".

5.4.3 Umidade relativa

A umidade relativa indica o grau de saturação de uma determinada amostra de ar, é dependente da temperatura e expressa em percentual. Dito de outro modo, a umidade relativa do ar pode ser entendida como a relação entre a quantidade de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura (ponto de saturação). Como um dos fatores que favorecem a evaporação das gotas é a presença da substância evaporante (água) no ar, tem-se que quanto maior for a umidade relativa do ar, menor o potencial de evaporação das gotas.

5.4.4 Microclima

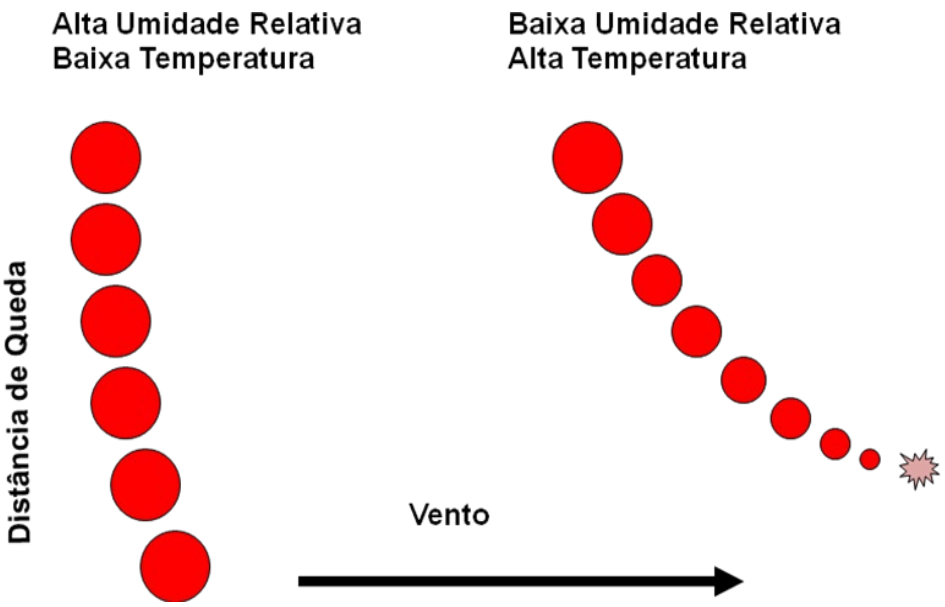

Figura 19 - Figura ilustrando o efeito da temperatura e umidade relativa sobre as gotas.

As condições existentes próximo ao solo, na copa da cultura ou próximo aos alvos são fatores que podem afetar sobremaneira a deposição das gotas. A temperatura nestes pontos e a turbulência do ar influenciam o comportamento das pequenas gotas, sendo este o motivo pelo qual procura-se reduzir o número de gotas menores que 150 micra na pulverização.

A Figura 19 ilustra a influência conjugada dos fatores atmosféricos no deslocamento (queda) das gotas e na redução do seu tamanho. Pela observação da figura se percebe que sob condições de baixa umidade relativa e alta temperatura temos o aumento no potencial de evaporação das gotas, reduzindo o volume destas e a velocidade de deposição, o que resulta na aceleração da evaporação e continuidade do processo. Assim, para o sucesso de uma pulverização deve-se controlar os fatores que levam à ocorrência desse processo, permitindo que as gotas atinjam, de modo eficiente, o seu alvo.

6. Comentários adicionais sobre pulverizações

6.1 Controle da densidade de gotas

Mantenha um controle permanente sobre a densidade de gotas, pois este é um excelente indicador da qualidade e eficiência de uma pulverização. Quando, durante uma mesma pulverização, for observada redução na densidade de gotas, deve ser considerada, por exemplo, uma alteração das condições meteorológicas que estão provocando a perda de gotas. Tal fato exige uma redefinição dos procedimentos, tais como altura de voo, aumento no diâmetro das gotas, adição de adjuvantes e ajustes no equipamento.

6.2 Deslocamento seguro ao redor de aviões agrícolas

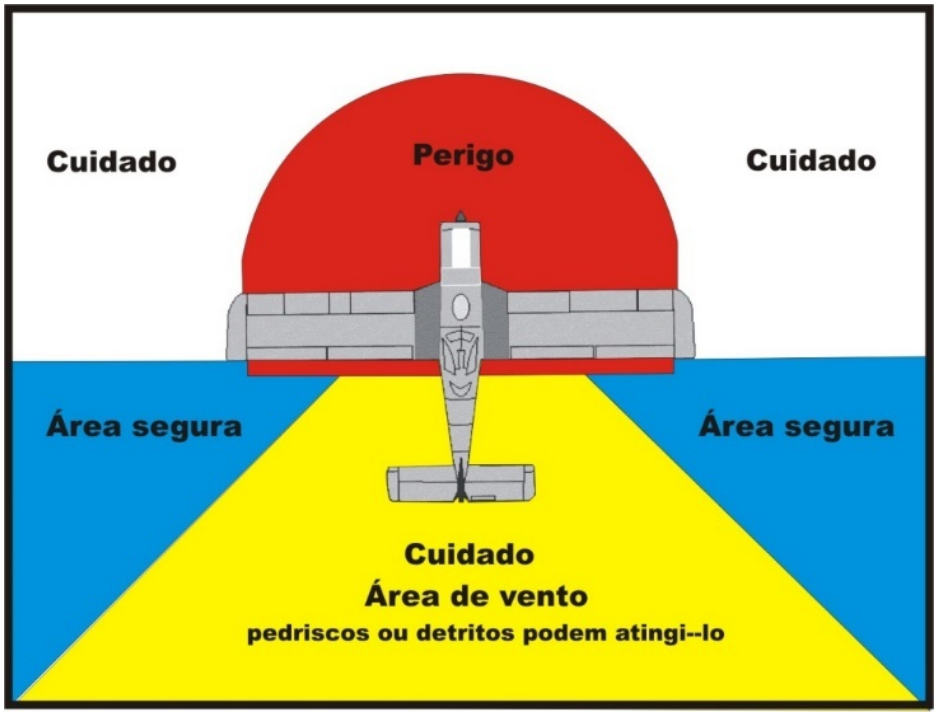

Figura 20 - Deslocamento seguro ao redor de uma aeronave agrícola.

Uma operação aeroagrícola pode exigir dezenas de pousos e decolagens por dia, com consequente necessidade de carga, abastecimento e inspeções nas aeronaves. A circulação ao redor de uma aeronave agrícola, quer seja pela falta de procedimento operacional padrão ou o despreparo dos auxiliares, pode levar a grave acidente. A Figura 20 representa as áreas de segurança em torno de uma aeronave: Os espaços em vermelho, representam alto risco, em razão do movimento da hélice ou pelo fato de ser um local de difícil visualização para o piloto, que pode iniciar o movimento sem avistar uma pessoa. Outra área em vermelho situa-se próxima ao bordo de fuga por ser o local de fixação dos equipamentos de pulverização, contaminados por produtos químicos. A área em

amarelo (área de cuidado) indica pontos onde ocorre forte deslocamento de ar que resulta em lançamento de pedriscos ou outros pequenos objetos que podem atingir, com gravidade, pessoas ou objetos ali existentes. As áreas em azul são de aproximação segura, porém convém lembrar que toda aproximação deve ser realizada de modo racional e, preferencialmente, sob alcance da visão do piloto.

6.3 Carga da aeronave

A quantidade de sólido ou líquido a ser carregado na aeronave é responsabilidade do piloto que, em função da sua experiência, critérios, parâmetros climáticos (umidade relativa e temperatura), características da pista (altura, superfície, extensão, inclinação) e das propriedades dos produtos. Importante salientar que pisos de argila, grama ou com qualquer outra vegetação altera sobremaneira o comportamento da aeronave. Pistas de argila podem se tornar muito perigosas sob condições de umidade e, de igual modo, requerem cuidado quando extremamente secas em razão da poeira que produzem quando da passagem da aeronave. Em pistas construídas em solos arenosos ou com pedriscos, danos às hélices, bordos de ataque e empenagem são comuns. Muita atenção deve ser dada ao comportamento da aeronave nas pistas agrícolas, pois o aumento da corrida e a impossibilidade de decolagem, em razão das más condições da pista associada às variações atmosféricas, pode ser causa a incidentes ou acidentes. O aumento na distância de parada, no caso das aterrisagens, também deve ser considerado.

Atenção também deve ser concedida à densidade dos produtos líquidos, pois produtos mais densos podem resultar em sobrecarga. Importante destacar a importância de conferir o abastecimento da aeronave, pois a combinação de Hopper lotado, com tanque cheio pode ser fator de “encurtamento da pista”, ou seja, pista insuficiente para a decolagem, obrigando, na melhor das hipóteses ao alijamento de parte da carga para poder sair do solo ou evitar obstáculos. Relevante ainda, estabelecer a rotina de olhar se a tampa de combustível está no local, pois o voo sem ela provoca o rápido esvaziamento do tanque (efeito de Venturi). Por fim, no caso de estar operando numa pista longe da área de aplicação, voar sempre com combustível para uma alternativa, pois uma mudança brusca nas condições atmosféricas poderá impedir o retorno ou, talvez, atingir uma pista alternativa.

6.4 Sobre a responsabilidade do piloto

As condições extremas do voo agrícola exigem do piloto apurada técnica e sensibilidade para ter sob controle uma aeronave que se desloca em baixa altura, alta velocidade e, geralmente, com elevada carga. Tais circunstâncias impõem atenção constante ao meio, restando pouco tempo para conferência de instrumentos, pois em voos de baixa altura o tempo de resposta é reduzido e a influência dos fatores atmosféricos são percebidos de forma mais intensa.

Existem inúmeras razões para adotar uma metodologia consagrada por ocasião de uma operação aeroagrícola. A redução da deriva, o atendimento à legislação, a minimização do risco de impacto ambiental e a busca pela máxima eficácia da aplicação são algumas delas e, para tanto, necessita-se ter em mente:

• Os fatores e condições que contribuem para a ocorrência de deriva

• A formulação que está sendo usada.

• As condições físicas e meteorológicas do local de operação

• A composição da área a ser aplicada (pontos de risco, áreas de exclusão, culturas vizinhas, obstáculos relevantes).

• A determinação de um padrão de aplicação coerente com o formato da área, direção do vento ou outro fator relevante, de modo a otimizar a aplicação e realizar curvas com segurança.

• Os fatores atmosféricos (gerais ou locais) que afetam a estabilidade e manobrabilidade da aeronave, bem como a qualidade da aplicação.

Importante lembrar que uma aeronave voando em baixa altura sobre campos é uma preocupação séria para algumas pessoas que veem nesta atividade um fator de risco incomum às suas vidas. Portanto, quando se realizam aplicações aéreas, é importante identificar previamente edificações, aglomerações de pessoas, animais ou qualquer ponto onde possa existir agrupamentos ou outra situação de elevado risco.

7. Cuidados ambientais e ocupacionais nas aplicações aéreas de agrotóxicos

Na primeira parte deste Guia, foram explanados os principais equipamentos, e seus manuseios para uma operação aérea segura, familiarizando os leitores, inclusive os leigos, com a operação aeroagrícola. Nesta segunda parte, tomando como exemplo, por mais crítica, a aplicação de agrotóxicos, veremos alguns pontos que isoladamente podem até passar desapercebidos, mas em seu conjunto, se não observados, podem causar grandes problemas. São os “detalhes”. Essa parte do Guia é dirigida principalmente aos que operam, mas também aos demais interessados em diagnosticar uma operação segura.

7.1 Planejamento

7.1.1 Pista

Antes de deslocar o avião para a pista, de onde serão executadas as aplicações encomendadas, a equipe deve assegurar-se, pessoalmente ou através de depoimento confiável, de que ela se encontra em condições de operação segura. Sem prejuízo de outras características, devem ser conferidas:

Figura 21 - Pista agrícola com dimensões de 800m x 30m

• Comprimento útil adequado a permitir que a aeronave a ser usada possa decolar com segurança e carga plena. Como regra geral, dependendo da aeronave, condições do piso, altitude e ausência de obstáculos, um mínimo de 600 metros úteis será necessário para aeronaves de menor porte. Para aeronaves maiores ou as de menos potência e/ou quando operando em altitudes maiores, 800 metros podem ser necessários. Lembre-se que a última palavra para aprovação de uma pista será do piloto que irá nela operar.

• Ausência de obstáculos no alinhamento (prolongamento do eixo) da pista, com altura que possa interferir na segurança das operações

• Piso firme, bem drenado, sem encharcamento. Ausência de lama, se for piso de terra ou saibro e grama bem aparada, se for este o caso.

• Ausência de buracos, valetas ou camalhões que possam vir a aumentar o risco das operações de decolagem e pouso.

• Largura útil adequada ao tipo de avião

• Alinhamento com a direção dos ventos predominantes.

• De preferência, que a pista seja inteiramente cercada, de forma a evitar o trânsito ou permanência de animais sobre ela.

• Proximidade da área em tratamento. Quanto mais próxima estiver a pista da lavoura, melhor será a produtividade do serviço. A distância máxima vai depender da capacidade de carga do avião, das dimensões da lavoura e da taxa de aplicação, a ser fixada pelo setor de operações da empresa.

• Se o produto necessitar de diluição em água, assegurem-se da disponibilidade junto à cabeceira da pista (fonte fixa ou dependente de transporte).

• A pista deverá estar regularizada, junto às autoridades aeronáuticas, em especial no que se refere ao preenchimento do respectivo GRSO (Gerenciamento de Riscos à Segurança Operacional), conforme disposto no RBAC-137 (137 (e) e (f).).

7.1.2. Mapa

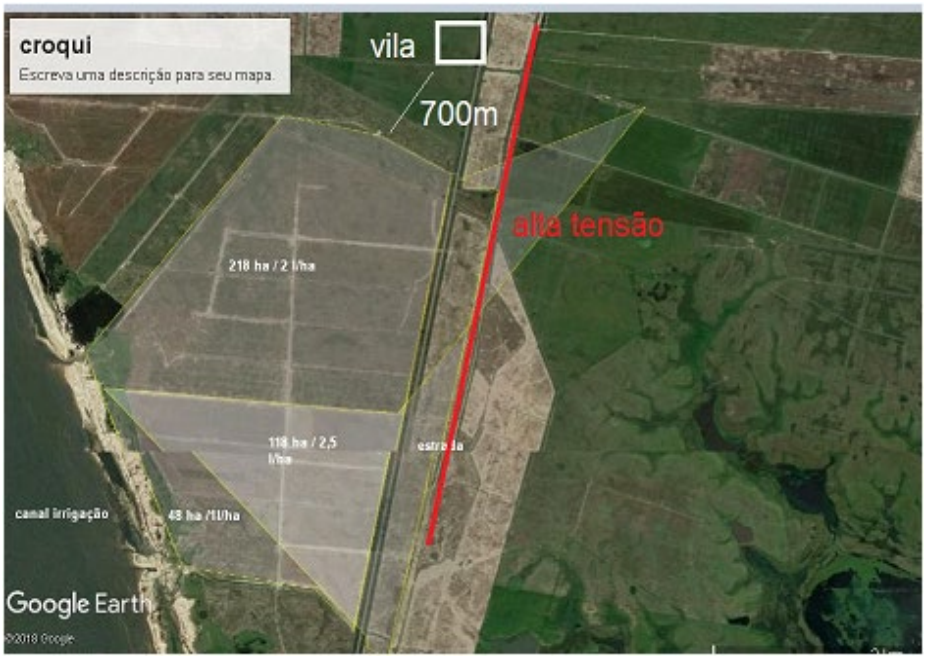

Figura 22 - Croqui desenhado sobre mapa do "Google Earth"

• Obter, junto ao proprietário-cliente, um mapa, o mais detalhado possível, da área a ser tratada e, se subdividida, deve identificar claramente cada módulo, com anotação do(s) produto(s) e respectiva(s) dose(s) a ser(em) nela aplicado(s). Deve identificar também com clareza, eventuais obstáculos que existam no interior e nas cercanias da lavoura, que possam oferecer risco ao voo; Se houver áreas sensíveis aos produtos que serão aplicados, como culturas sensíveis, moradias, escolas, apiários, aviários, etc.

• Sem prejuízo de outras, devem ser obedecidas as distâncias previstas na Instrução Normativa 2 de janeiro de 2008, editada pelo MAPA.

• Dar ciência destas e demais informações relevantes ao piloto que executará a aplicação. Caso julgado necessário, é importante providenciar para que o piloto, de posse de tais informações, faça pessoalmente uma vistoria prévia na área, certificando-se de que tem pleno conhecimento daquelas e de outras eventuais limitações. A critério do piloto, eventualmente será necessário sinalizar algum obstáculo mais perigoso e de difícil visibilidade.

• A equipe de trabalho e em especial o piloto, deverá ser informado sobre as condições climáticas, principalmente vento (direção e velocidade), temperatura e umidade relativa do ar. A partir da situação do vento, será decidida a direção do voo, localização da faixa inicial, necessidade de deixar ou não bordadura sem aplicar, visando evitar a deriva "inaceitável" já nas primeiras faixas. A partir da situação do vento, da temperatura e da umidade relativa do ar serão feitos, se necessários, ajustes no equipamento, visando adequar o espectro de gotas às condições climáticas.

7.1.3 Auxiliares

Figura 23 - Equipe de terra – Executor e auxiliares devem usar EPI de acordo com as características do produto

Todo o serviço “de pista” (preparo das cargas, abastecimento, etc. será orientado pelo Executor de Aviação Agrícola e efetuado por auxiliares (2 a 3). Estes auxiliares são colocados à disposição da equipe de trabalho pelo cliente, e devem ser solicitados no momento da contratação dos serviços. O proprietário-cliente deve ser solicitado a recrutar, para tal trabalho, de preferência, pessoas que já tenham experiência neste tipo de serviço, ou, na impossibilidade, aqueles que demonstrem maior potencial e interesse. O empregador-cliente deve ser informado de que os auxiliares devem ser munidos dos equipamentos de proteção individual (EPI) adequados ao(s) produto(s) que serão aplicados;

7.1.4 Combustíveis e lubrificantes

A equipe destacada para o trabalho do dia deve se assegurar que o combustível e lubrificantes, nas quantidades adequadas, com folga, já estejam disponíveis no local de aplicação, ou seja, para lá transportados a tempo se não puderem ser levados no próprio veículo de apoio (ver as normas vigentes em seu Estado para o transporte de combustíveis).

7.1.5 Documentação

Antes de deslocar-se para a área, assegurar de que estão de posse de todos os documentos comprobatórios do estado regular da aeronave e dos integrantes da equipe (Piloto e Executor). Dentre tais documentos, sem prejuízo de outros, citamos:

• Cópias dos Certificados de Matrícula e Aeronavegabilidade da aeronave.

• Diário de Bordo

• Cópia do COA (Certificado de Operador Aeroagrícola)

• Cópias da Habilitação Técnica e de Saúde do piloto.

• Cópia do Certificado de Executor de Aviação Agrícola do Técnico que está apoiando a operação.

• Cópia da Instrução Normativa 02/2008 MAPA.

• Cópia do RBAC 137 ANAC.

• Relatórios Operacionais de Aplicação.

• Outros documentos que vierem a ser exigidos.

7.1.6 Ferramentas e equipamentos – verificação

Ter preparada, e conferida, antes da partida, uma lista de verificações onde constem todos os equipamentos e ferramentas que serão necessários para o suporte à operação, tais como conjuntos de pré mistura e abastecimento, bombas e filtros de combustíveis, instrumentos meteorológicos, material para avaliação de deposição, ferramentas diversas, etc. Naturalmente, os componentes da lista deverão estar de acordo com o modelo de aeronave a ser empregada, equipamento e produto previsto.

7.1.7 Equipamentos de comunicação terra-ar

Um equipamento de grande utilidade, diriamos até imprescindível, é um rádio transmissor-receptor, instalado no avião e que possa comunicar-se com equipamento correspondente, em terra (preferivelmente um equipamento portátil, operado pelo técnico EXECUTOR). Este sistema é muito útil para que, sem necessidade de retorno à pista, o piloto possa sanar eventuais dúvidas, reportar algum problema, inclusive alguma emergência, e receber alguma instrução adicional. A empresa deve certificar-se de que os equipamentos estejam legalizados junto aos órgãos competentes. NOTA: embora hoje em dia seja cada vez mais utilizado o telefone celular para tal comunicação, este

sistema não é recomendável, em parte por razões de segurança e em parte por frequentemente as operações se darem em locais sem cobertura da rede celular.

7.1.8 Comunicação terra-terra

Assim como abordado para a comunicação terra-ar, é importante que os veículos de apoio disponham de equipamentos de comunicação que lhes permitam comunicar-se com a sede da empresa ou base provisória de coordenação dos trabalhos. Também para esta finalidade o telefone celular, aí sem problemas ligados à segurança, vem sendo cada vez mais utilizado, ficando apenas com aquela mesma limitação de ficar inoperante em áreas sem cobertura de sinal.

7.2 Produtos

Ler atentamente as bulas e rótulos dos produtos que lhe forem entregues para aplicar. Em especial, verificar os seguintes pontos principais:

• Comparar as instruções do rótulo com aquelas contidas no receituário agronômico. Em caso de discrepância, pedir esclarecimentos ao profissional que emitiu a receita.

OBS - Ler os rótulos é uma das principais providências antes de iniciar uma aplicação

• Conferir a data de validade do produto.

• Conferir se o produto está indicado e registrado pelo fabricante para aplicação aérea e para a cultura objeto do tratamento. Em caso de dúvida, pedir esclarecimentos ao profissional que emitiu a receita.

• Certificar-se de que a dose prescrita no receituário é menor ou igual à dose máxima constante no rótulo/bula. Em caso de dúvida, pedir esclarecimentos ao profissional que emitiu a receita.

• NOTA: embora não haja nenhum fundamento técnico para que um produto não registrado para aplicação aérea não possa ser aplicado por esta via, as determinações dos órgãos registrantes obrigam que, para poder ser aplicados por aeronaves, esta recomendação deve constar do rótulo/bula.

• O comportamento do produto sobre o ambiente deve se especialmente observado,

• A Tabela 2 mostra a classificação atual dos produtos de acordo com sua toxicidade. (ANVISA 2019). A mesma classificação deve estar estampada nas embalagens e bulas.

		PICTORAMA E PALAVRA DE ADVERTÊNCIA	CLASSE DO PERIGO			
			ORAL	DÉRMICA	INALATÓRIA	COR DA FAIXA
CATEGORIA 1	EXTREMAMENTE TÓXICO	PERIGO	FATAL SE INGERIDO	FATAL EM CONTATO COM A PELE	FATAL SE INALADO	VERMELHO PMS red 199 C
CATEGORIA 2	ALTAMENTE TÓXICO	PERIGO	FATAL SE INGERIDO	FATAL EM CONTATO COM A PELE	FATAL SE INALADO	VERMELHO PMS red 199 C
CATEGORIA 3	MODERADAMENTE TÓXICO	PERIGO	TÓXICO SE INGERIDO	TÓXICO EM CONTATO COM A PELE	TÓXICO SE INALADO	AMARELO PMS Yellow C
CATEGORIA 4	POUCO TÓXICO	CUIDADO	NOCIVO SE INGERIDO	NOCIVO EM CONTATO COM A PELE	NOCIVO SE INALADO	AZUL PMS Blue 293 C
CATEGORIA 5	IMPROVÁVEL DE CAUSAR DANO AGUDO	SEM SÍMBOLO CUIDADO	PODE SER PERIGOSO SE INGERIDO	PODE SER PERIGOSO EM CONTATO COM A PELE	PODE SER PERIGOSO SE INALADO	AZUL PMS Blue 293 C
NÃO CLASSIFICAD		SEM SÍMBOLO	-	-	-	VERDE PMS Green 347 C

Tabela 2. Tabela de classificação dos agrotóxicos de acordo com a toxicidade

7.3 Diluente

Verificar se a água disponibilizada para a diluição do produto – se for o caso - apresenta-se, visualmente, como sendo de boa qualidade, isenta de impurezas em proporção excessiva e em quantidade suficiente para toda a operação, ou, caso não for, se existe adequada estrutura de transporte e fornecimento, em quantidade suficiente para evitar interrupções por falta deste componente.

Fatores críticos quanto a qualidade da água podem ser o pH (alcalinidade), presença de matéria orgânica e/ou argila em quantidades excessivas.

7.4 Equipamento

As características de volatilidade do produto e seu diluente irão influenciar no ajuste do equipamento, em especial na determinação do diâmetro e espectro de gota e os limites de vento, umidade relativa e temperatura durante a aplicação. Deve-se procurar a combinação de equipamento e pressão que produza a mínima fração de gotas “finas” (< 150 micra), sendo estas mais sujeitas à evaporação e deriva. Produtos mais voláteis são mais sujeitos a perdas, porém, se perdas ocorrerem. o produto assim perdido, em baixíssimas quantidades, em sua maioria dilui-se na atmosfera, sem maiores problemas do ponto de vista do ambiente circunjacente à área aplicada. Já produtos de pouca volatilidade (por exemplo, formulações para U.B.V. – ultra-baixo-volume) possui a vantagem de sofrer menores perdas por evaporação, porém, se aplicados com vento forte e gotas muito pequenas, podem sofrer grande deriva. Consultar as tabelas e aplicativos disponibilizados pelos fabricantes dos equipamentos para melhor orientação.

A determinação do diâmetro médio e do espectro de gota (variação em torno do diâmetro médio) em função das características físicas do produto e das condições climáticas da região, é fator de crucial importância, mas naturalmente é atividade prévia, que normalmente não faz parte das aplicações de rotina, como a aqui abordada (Ver módulo I deste guia).

Importante salientar que é de extrema relevância ter à mão os manuais e tabelas dos fabricantes dos equipamentos, onde constem os ajustes necessários para a produção de gotas no espectro desejado. O ajuste e calibração do equipamento deverão ser efetuados à luz daquelas condições e em função das características do produto, visando minimizar problemas como a dosagem incorreta, a perda por evaporação e a contaminação do ambiente por deriva “inaceitável”.

Para a calibração correta e constante do equipamento de pulverização, é altamente recomendável o uso de controladores automáticos de vazão (fluxômetros) acoplados ao sistema DGPS. Existindo, ou não, fluxômetro instalado, cada voo deve ser objeto de conferência quanto ao adequado ajuste da taxa de aplicação.

7.5 Condições meteorológicas

Figura 24- Mini estação meteorológica.

Recomenda-se que uma pequena estação meteorológica, de baixo custo, portátil, faça parte do conjunto de materiais de apoio, assim como as ferramentas. A estação deve ser instalada junto à área em tratamento, para que, se detectada condição menos favorável, possa ser feito novo ajuste do equipamento, mudanças na direção do voo ou, em casos limites, suspender a operação. Pelo menos a temperatura, umidade relativa, direção e velocidade do vento devem ser fornecidos pela estação e anotadas no relatório operacional.

7.6 Segurança operacional

A recomendação de uso dos defensivos agrícolas deve considerar os riscos ambientais, a exposição dos manipuladores, as dosagens recomendadas pelo fabricante e assistente técnico. Contudo, embora a definição dos produtos empregados na pulverização seja uma prerrogativa técnica, cumprida pelo assistente técnico do contratante, necessário se faz a checagem, por parte do técnico responsável do operador aeroagrícola, no que tange ao registro do produto para pulverização aérea, o ajuste das recomendações à condição meteorológica no momento da pulverização e ao atendimento dos requisitos para o uso seguro do respectivo produto químico. Inúmeros produtos registrados para pulverizações terrestres são recomendados para aplicações aéreas, embora na operação aeroagrícola o volume de calda aplicado por hectare seja menor (menor taxa de aplicação). Tal fato, resulta em menor uso de água, caldas mais concentradas e aumento no rendimento operacional da pulverização (maior

área tratada por unidade de tempo) o que, na hipótese de condições climáticas adversas, tal como inversão térmica ou incorreções no preparo da calda pode conduzir a prejuízos consideráveis em curto espaço de tempo.

Outro aspecto que merece a atenção do responsável técnico da empresa aeroagrícola, e que deve constar no respectivo relatório, são as condições meteorológicas existentes no momento da realização da operação, pois estas definem não somente o número de gotas que atingem o alvo e o potencial de deriva mas, de igual modo, a eficácia do produto aplicado. Elevação da temperatura ambiente, por exemplo, dentro dos limites biológicos, pode aumentar a absorção em razão de aumentos na taxa de difusão, redução da viscosidade, maior fotossíntese, translocação no floema e vários fatores fisiológicos que potencializam os mecanismos de absorção de determinadas formulações. A presença de orvalho, até certo ponto, pode estimular e uniformizar a penetração de produtos à base de sais. Outros fatores como umidade do ar, do solo e ocorrência de vento tem efeitos característicos sobre a absorção dos agrotóxicos.

7.6.1 Procedimentos Operacionais Padrão

A velocidade com que uma operação aérea ocorre estabelece uma das vantagens em relação aos pulverizadores terrestres. Porém, se tal agilidade não for acompanhada de medidas que estimulem, mantenham e desenvolvam a segurança operacional os resultados negativos podem acontecer em elevada proporção. Cada operador aeroagrícola estabelece, de acordo com sua estrutura e recursos, os processos a serem adotados para que o desenvolvimento de suas atividades atenda ao necessário resultado econômico sem prescindir da segurança, em todos os seus aspectos. Conhecer, cumprir, informar falhas ou desvios, auxiliando no desenvolvimento ou implantação de procedimentos mais seguros é obrigação de todo componente da equipe.

Cumpre destaque à extrema valia em estabelecer uma cultura de segurança dentro de cada empresa. Para tanto, a definição de procedimentos operacionais padrão é o caminho natural. O Procedimento Operacional Padrão (POP) é um conjunto de instruções que descrevem uma rotina ou processo repetitivo, sendo específico de cada empresa pois vincula-se à tecnologia, técnicas e pessoal empregado nas tarefas. Ainda, importante salientar que, em razão de alterações na composição da equipe, mudanças de equipamentos, evolução técnica ou novas demandas de serviços, as organizações necessitam de constante revisão e aprimoramento nos seus POPs.

7.6.2 Cuidados na manipulação dos defensivos agrícolas

Importante, em primeiro lugar, destacar que qualquer pessoa que se envolva em operações com agroquímicos deve ter noção clara e adotar, rotineiramente, ações básicas de higiene pessoal:

a) Evitar a exposição aos produtos, seguindo práticas adequadas e utilizando os equipamentos de proteção individual.

b) Examinar o corpo com regularidade visando constatar a inexistência de manchas ou quaisquer outras evidências de alterações na pele.

c) Tomar banho regularmente e, sempre, após a manipulação de defensivos agrícolas.

d) Não fumar, beber ou ingerir alimentos durante as operações com agroquímicos ou antes de tomar banho.

e) Evitar a autocontaminação, não utilizando práticas pouco seguras tais como soprar pontas de pulverização (para desbloqueá-las) ou tocar em qualquer equipamento contaminado sem o uso de luvas.

f) Não transportar componentes contaminados como pontas e bicos usados, pedaços de pano ou estopa contaminada, ferramentas ou acessórios, dentro de bolsos de suas roupas.

g) Não compartilhar sua roupa de trabalho (EPI).

h) Manter seu EPI intacto.

7.6.3 Vestimentas

A vestimenta de trabalho (aqui não se está falando de Equipamento de Proteção Individual – EPI), aquela com que você permanece na sua atividade profissional, deve ser objeto de atenção, pois integra a atividade diária e, como tal, influi na segurança pessoal. Como sugestão, pode-se destacar:

a) Usar roupas confortáveis, de tamanho adequado, que permitam movimentos fáceis sem, contudo, serem amplas demais.

b) Preferencialmente o trabalhador deve usar macacões ou vestimentas com, no máximo, duas peças (calça e camisa).

c) Não usar adornos (pulseiras, correntes, relógios, etc), que possam, involuntariamente, enganchar, enroscar ou ser tracionada por componentes ou máquinas.

d) Nos pés, usar sapatos confortáveis, mas que ofereçam proteção integral (botinas).

Lembre-se, sempre, que roupas de trabalho não são equipamentos de proteção individual (EPI) mas que, deve-se tratá-las com igual cuidado na hora de proceder a sua limpeza, pois, por mais que se tome cuidados, eventualmente estas roupas podem apresentar resíduos de produtos químicos. Portanto, proceda à lavagem destas separadamente das demais roupas pessoais e da família.

7.6.4 Equipamento de proteção individual

A saúde das pessoas envolvidas com a manipulação de defensivos agrícolas necessita ser monitorada e os procedimentos de uso e descarte devem seguir as orientações de segurança dos fabricantes desses produtos. Cumpre aos responsáveis pela equipe ou empresa verificar o cumprimento das normas de segurança para a manipulação de produtos químicos, bem como estabelecer os processos que forem necessários para a redução de riscos e proteção da saúde do pessoal envolvido e preservação ambiental. O rótulo e a bula, podem ser considerados como a primeira referência para a manipulação dos produtos, pois descrevem os requisitos para o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). Contudo, cumpre destaque:

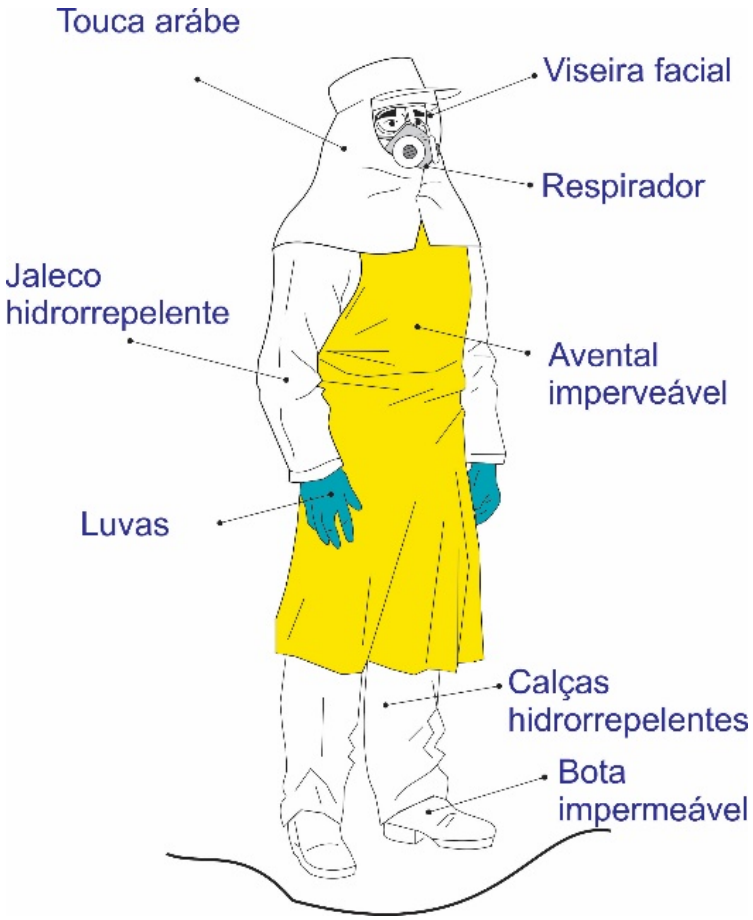

Figura 25 - Descrição dos componentes de um EPI para a manipulação de agrotóxicos.

a) Seguir os procedimentos recomendados pelo fabricante para o uso deste equipamento.

b) Conhecer e seguir a ordem correta de colocação e retirada destas vestimentas.

c) Manter o EPI em perfeito estado e proceder ao imediato descarte caso se perceba danos ao mesmo.

Importante destacar que a maioria dos incidentes envolvendo químicos ocorre no momento do fracionamento e preparo das caldas de pulverização. Assim, o uso de sistemas fechados (com o uso equipamentos que transferem o produto químico de sua embalagem para o tanque de preparo de caldas), é uma das medidas que merece maior atenção, pelo potencial de redução no risco de manipulação destes produtos. A Tabela 3 ilustra a relação entre operação realizada, equipamento de proteção necessário e exposição. Pela observação desta percebe-se que diferentes operações determinam o uso de equipamentos que oferecem uma proteção ajustada ao risco. Cabe à empresa (contratante) oferecer todos os EPIs para o uso no trabalho, em número suficiente para os funcionários, bem como a substituição ou reparo (se for o caso), de forma a mantê-los em condições de uso. Cumpre ao empregado (contratado) usar a proteção sempre que estiver exposto. Dito de outro modo, o uso de EPI é obrigatório e o não cumprimento pode resultar em sanções ou demissão por justa causa.

Relação Operação X EPI X Exposição

Operações →			Manuseio/Dosagem						Aplicação Manual						Aplicação Tratorizada				Aplicação Aérea		
	Carga e descarga em armazéns	Varreção dos armazéns	Líquido	Sementes tratadas	Granulado de solo	Pó seco	Pó molhável / Grânulos WG	Embalagem hidro-solúvel	Isca granulada	Costal	Costal motorizado	Mangueira	Granuladeira	Polvilhadeira	Líquido	Granulado	Turbo	Sementes	Abastecimento de aeronaves	Bandeirinha	Termo-nebulização
Capacete	●																				
Boné Árabe			●			●	●			●	●	●		●	●		●		●	●	●
Protetor de ouvido											●				●	●	●	●			●
Viseira facial			●			●	●			●	●	●		●	●		●		●	●	●
Respirador		●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●		●		●	●	●
Calça hidro-repelente			●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Jaleco hidro-repelente			●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Avental impermeável			●				●			●	●	●							●		
Botas impermeáveis		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Luvas impermeáveis	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	●	●
Botas com biqueira	●																				

Tabela 3. Relação entre operação, equipamento e risco envolvido na operação.

7.6.5 Equipamento de proteção coletiva

Figura 26 - Exemplos de equipamentos de proteção coletiva.

Quando da realização de operações aeroagrícolas deve-se proceder ao isolamento da área de modo a estabelecer zonas de exclusão para pessoas não envolvidas com a operação. Para tanto, pode-se utilizar sinalizadores de segurança tais como placas, cartazes de advertência, correntes plásticas, cones ou fitas zebradas. No local onde se desenvolvem os trabalhos de manipulação devem existir extintores de incêndio, lava-olhos, água potável e sabão, para uso em eventuais incidentes.

7.6.6 Equipamento de contenção de derramamento

Figura 27- Estrado plástico.

Embora todos os cuidados que possam ser tomados, podem ocorrer derramamentos acidentais que, pela natureza da maioria dos produtos manipulados (agrotóxicos) podem resultar em contaminação da área onde a operação está sendo realizada. Portanto, visando a proteção da saúde humana e do ambiente, recomenda-se a realização do trabalho de mistura (preparo das caldas) sobre superfície impermeabilizada dotada de recursos para contenção de extravasamento ou sobre estrados plásticos (Figura 25), com capacidade de conter o volume que está sendo manipulado. Importa destacar que qualquer outro equipamento ou meio de contenção pode ser utilizado, desde que o mesmo seja de material não absorvente e permita fácil limpeza e descontaminação posterior.

8. Cuidados durante a aplicação

8.1 Vazamentos no equipamento do avião

Vazamentos no equipamento do avião são inadmissíveis pois poderiam ocasionar contaminação do ambiente durante as etapas de decolagem, translado da pista à lavoura e "balões" (curvas de retorno à lavoura durante a aplicação) e, portanto, devem ser eliminados a qualquer custo. As causas mais prováveis de vazamentos são:

a) Vazamentos pelos bicos ou atomizadores rotativos devidos a defeitos nas válvulas de retenção individuais. O vazamento através dos bicos ou atomizadores pode ter causas diversas. Portanto, é necessário que a equipe esteja bem familiarizada com o funcionamento do sistema de pulverização para que possa, rapidamente, diagnosticar a causa e aplicar o procedimento de correção.

É fácil identificar se o vazamento pelos bicos se deve a defeitos neles ou na vedação da válvula de controle: Se, com a válvula de controle (“by-pass”) aberta, fazendo parar o funcionamento da bomba, aparecer algum bico ou atomizador vazando, fica evidente que o problema é na vedação do(s) bico(s) ou atomizador(es) e estes deverão ser corrigidos e, se necessário, substituídos.. Bicos ou atomizadores vazando têm geralmente como causa:

• Diafragma de material elástico (válvula de diafragma), desgaste dos bicos ou da sede da válvula esférica, interna, de atomizadores rotativos (se presente). Os elementos danificados deverão ser substituídos.

NOTA: Para evitar desgaste prematuro pela ação dos produtos químicos, todos elementos constituídos por elastômetros (“borrachas”), principalmente os diafragmas dos bicos ou atomizadores, o vedante do filtro principal, os vedantes dos engates rápidos das mangueiras e o vedante do eixo da bomba eólica (o “selo” ou “gaxeta”, não devem ser fabricados com borracha comum (látex). Nestes componentes, devem ser utilizadas “borrachas sintéticas”, como o Viton ou Neoprene, ou, ainda, em alguns casos, o Teflon.

• Acúmulo de partículas sólidas (da água ou do próprio produto), entre o diafragma (ou esfera) e sua sede. O equipamento deve ser limpo e feita inspeção nos filtros, em busca de eventual filtragem deficiente.

• Molas das válvulas com compressão insuficiente para adequada vedação. As molas ou todo o conjunto deverão ser substituídos.

• Vedação deficiente da válvula de controle (“válvula by-pass”). Se desgastados os vedantes e/ou a própria esfera, pode ocorrer pressão residual a

jusante desta peça o que pode forçar a abertura das válvulas de um ou mais bicos / atomizadores. Substituir a válvula ou efetuar sua manutenção adequada.

• Conduto de sucção no corpo da válvula com abertura mal ajustada ou obstruído. Nestes casos, eventual vazamento da “válvula by-pass” não será succionado de volta ao tanque, forçando a abertura das válvulas de um ou mais bicos ou atomizadores. O parafuso de controle de sucção do corpo da válvula deverá ser regulado adequadamente e o conduto, se necessário, deve ser desobstruído.

NOTA: Na dúvida, a causa do defeito também é facilmente identificável: quando vazamentos só ocorrem com a bomba funcionando e a válvula fechada, é, quase sempre, por defeito nos vedantes da válvula e/ou obstrução e/ou desajuste do parafuso de sucção no corpo da válvula (Este recurso de sucção é um poderoso auxílio para obter-se uma aplicação isenta de vazamentos e é indispensável que a equipe aplicadora esteja familiarizada com o procedimento de ajuste para obter o máximo desempenho desta característica).

NOTA: o procedimento padrão, para que a válvula desempenhe a função acima descrita, é manter a bomba em funcionamento, desde o final da decolagem até o retorno à pista ou o completo esgotamento do produto no tanque. Ainda, apenas em caráter temporário, e somente para finalizar um voo em andamento, caso o piloto detecte vazamento pelos bicos ou atomizadores que cessa quando a bomba for travada (indicando que a causa é a descrita no item anterior -vedação insuficiente da válvula de controle), pode prosseguir a aplicação, com a interrupção da aplicação ao final de cada faixa sendo feita com o travamento da bomba. Ocorrendo tal situação, e podendo ser completado o voo com segurança (sem vazamentos), o defeito na válvula deve ser corrigido antes do voo seguinte.

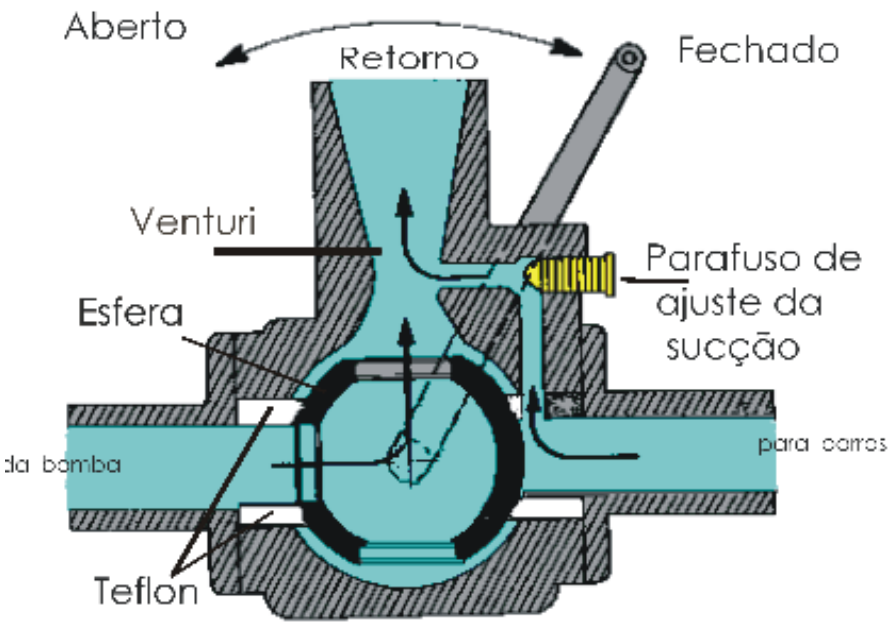

Figura 28 - Desenho esquemático da interior de uma válvula By Pass.

• Vazamentos por mangueiras e/ou conexões frouxas ou em mau estado, ou ainda tubulações furadas. Devem ser corrigidos os apertos e/ou substituídos os componentes defeituosos, antes do início da aplicação, após um teste no solo com água limpa.

• Vazamento pela junta da tampa de alijamento (tampa inferior do tanque de produtos) ou pela junta do filtro principal ("filtro Y"). Ajustar ou substituir os vedantes. Assegurar-se de que a alavanca de fixação da tampa do "filtro Y" esteja travada.

• Vazamento por má fixação dos engates da bomba eólica ou por desgaste dos vedantes, Checar. Substituir vedantes se necessário.

NOTA: se estiver utilizando bombas eólicas que têm o ângulo das pás ajustáveis deve ser ajustado o maior ângulo possível – que permita atingir, com alguma folga, a vazão necessária, mas sem grande excesso. Para taxas de aplicação muito baixas (por exemplo 10 litros/ha ou menos), considere também a possibilidade de trabalhar com o número mínimo possível de pás, removendo-as duas a duas, se o modelo de bomba o permitir. A bomba terá menor desgaste, a pressão sobre as mangueiras será menor e o curso da válvula de controle, maior, facilitando o ajuste mais preciso de pressão e diminuindo o risco de rompimento de alguma mangueira, ou uma abraçadeira que se solte.

Figura 29 - Bomba eólica com pás simétricas e ajustáveis.

Por fim, é importante salientar que todos estes defeitos são de fácil solução e estão ao alcance da própria equipe de aplicação, sem a necessidade de aguardar a intervenção da equipe de manutenção.

8.2 Precisão na abertura e fechamento da válvula de controle

Durante a aplicação, o momento correto de acionar a válvula de controle, determinado pelo piloto, depende basicamente de sua experiência, e deverá levar em consideração a inércia da trajetória do produto e a direção do vento, para evitar que, principalmente nas extremidades da lavoura, que correspondem aos momentos de abertura e fechamento da válvula, o produto aplicado prossiga em sua trajetória, saindo fora da área em tratamento, ou, no sentido inverso (entrada da faixa), haja retardo na deposição do produto. A equipe de terra, em uma das visitas à lavoura durante o tratamento, pode e deve auxiliar o piloto na correção de eventuais atrasos no fechamento da válvula, alertando-o da ocorrência.

8.3 Compensação da deriva

A deriva do produto para fora da área em tratamento (deriva “inaceitável”) é ocorrência que deve ser evitada. Assim, principalmente na execução das primeiras e últimas faixas de voo sobre a lavoura deve-se levar em consideração

a direção e velocidade do vento, efetuando as primeiras e última faixas em distâncias variáveis do limite da lavoura, de forma a compensar a deriva.

8.4 Superação de obstáculos

Em voo, necessitando aumentar a altura, para a superação de obstáculos situados no interior da área em tratamento ou em seus limites, o procedimento correto é fechar a válvula de controle do produto antes de iniciar o voo ascendente e, no descendente, somente abrir após atingir novamente a altura de voo normal de pulverização. Evita-se, assim, a aplicação em altura inadequada, o que favoreceria a deriva. Posteriormente, voos perpendiculares, ao redor do obstáculo (os “arremates”), cobrirão a área não aplicada naquele procedimento. Veja figura a seguir:

8.5 Interrupção da aplicação durante o sobrevoo de áreas não plantadas

Embora internas à lavoura, sempre que as dimensões destas áreas (demarcadas como “áreas de exclusão”) o permitam, deve ser interrompida a aplicação sobre elas, bem como devem ser mantidas margens de segurança necessárias e suficientes para que não corram o risco de ser atingidos pontos críticos tais como fontes de água, casas, pessoas, animais e estradas públicas.(IN 02/2008 MAPA).

8.6 Manutenção, na pista, de partes do sistema que contenham agrotóxico

Figura 30 - Recipiente coletando resíduos de agrotóxicos, evitando a contaminação do solo.

Se, no intervalo entre dois voos, houver necessidade de desmontar ou reparar partes do sistema de aplicação que contenham agrotóxicos, antes de remover a parte avariada deve-se tomar a precaução de colocar sob a mesma um recipiente adequado, com a finalidade de aparar inevitáveis gotejamentos que, do contrário, cairiam sobre a pista, e, se o local ainda não estiver impermeabilizado, provocarão a contaminação do solo. O executor do eventual trabalho de manutenção deve estar provido do equipamento de proteção individual adequado ao produto em uso, sendo indispensáveis, em qualquer caso, no mínimo, as luvas.

9. Cuidados após a aplicação

Por fim, destaque-se que o final das operações, entendendo-se o final como a pulverização de toda a área a ser tratada, não representa o término das operações e cuidados relativos à execução daquela operação. Afirma-se isso em função da necessidade de observar-se aspectos, tais como:

• Não alijar restos de produto, em voo ou no solo. Se houver restos de produtos no tanque do avião após encerrado o serviço e não houver orientação do cliente para sua aplicação em outra área, devem ser eles cuidadosamente recolhidos em recipientes adequados, posteriormente fechados e devolvidos ao proprietário para posterior utilização ou descarte (em local apropriado).

• Se houver necessidade de lavar o avião interna ou externamente, a água de lavagem não pode ser descartada sobre a pista. Se não estiverem disponíveis as instalações apropriadas para tal lavagem (conforme Instrução Normativa MAPA 02/2008), e houver necessidade de lavar internamente o equipamento, a água contaminada deve ser recolhida em recipientes para posterior descarte em local apropriado. Outra opção para lavagem interna, também prevista na IN 02/2008, é executá-la preenchendo o tanque com água limpa, executando um "voo de aplicação" sobre a própria área tratada. Como esta última diluição conterá pequena quantidade de produto, não haverá risco de ultrapassar a dose máxima permitida.

NOTA: A lavagem interna do equipamento é recomendável ao fim de um dia de trabalho, para evitar que, após muitas horas (ou mais de um dia), o produto permaneça atuando sobre o equipamento, ou, o que é mais comum, seque a calda e o produto seco cause entupimentos no sistema. Isto se torna ainda mais importante se a aeronave estiver equipada com fluxômetro, pois o produto seco pode fazer com que a turbina de medição fique trancada, fazendo com que o equipamento tenha que ser desmontado, à custa de muito tempo perdido.

• A tríplice lavagem é de responsabilidade da empresa aplicadora. Após lavadas, as embalagens vazias devem ser entregues ao proprietário para que providencie o recolhimento de todas as embalagens vazias restantes na pista. Orientá-lo para o correto destino delas (inutilização, descontaminação ou retorno ao fabricante, conforme instruções do rótulo).

• Providenciar as recomendações clássicas ao pessoal envolvido na aplicação (auxiliares de pista, piloto): tomar banho, trocar de roupa, etc.

• Preencher o Relatório de Aplicação, completando algum dado ainda necessário, e recolhê-lo, com as assinaturas do piloto, do técnico executor e do proprietário. Juntar, ao Relatório, o respectivo Receituário Agronômico.

• Fazer uma derradeira vistoria na área de carregamento do avião, em busca de eventuais derramamentos acidentais de produtos no solo, restos de

embalagens, etc, os quais devem ser removidos e descartados nos locais próprios.

• Se tiver sido utilizado filme plástico (“lona preta”) para impermeabilização temporária do local de mistura e carregamento do avião, dobre-a cuidadosamente, com a face contaminada voltada para dentro e leve-a para ser lavada e descontaminada em pátio de descontaminação.

10. Translado

Terminada uma aplicação, o avião deslocar-se-á para outra pista agrícola, ou para retorno à sua base. Nesta fase, deve o piloto lembrar-se de que o voo passa a ser um voo não-agrícola e, portanto, deve seguir todas as regras de voo visual, no que se refere, inclusive, aos níveis de voo, condições visuais e, muito importante, salvo se estiver certificada, para levar mais uma pessoa a bordo. Em aeronaves não certificadas para dois tripulantes, somente o piloto deve ocupar a cabine, sendo expressamente vedada condução de uma segunda pessoa a bordo.

Bibliografia recomendada

ASAE S572. Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. In: ASAE Standards aug.99. St. Joseph, 2000. p.389-91.

DRESCHER, Marcelo. Manual de Piloto Agrícola. 2a edição. São Paulo. Editora Blanch. 2017. 358p

INSTRUÇÃO NORMATIVA num 02/08. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Brasil.

INSTRUÇÃO NORMATIVA num 15/06. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Brasil.

MATTHEWS, G. A. Pesticide Application Methods. New York: Longman, 1982. 336 p.

NORMA REGULAMENTADORA 31. Ministério do Trabalho e Emprego. Brasil

REGULAMENTAÇÃO BRASILEIRA DE AVIAÇÃO CIVIL 137 (RBAC 137). Agência Nacional de Aviação Civil. Brasil