

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS

CONVÊNIO:

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPTO. SILVICULTURA – ESALQ

E

INDÚSTRIAS LIGADAS AO SETOR FLORESTAL

BOLETIM INFORMATIVO ESPECIAL
CURSO DE ATUALIZAÇÃO: HERBICIDAS EM FLORESTAS
VOLUME I

Piracicaba (SP) – 27 a 30/setembro/1977

Volume 5	Nº 15	Setembro, 1977	Circ. Interna	Pág. 1-194
----------	-------	----------------	---------------	------------

Colaboração: ELANCO Produtos Agro Pecuários e Industriais

SUMÁRIO

Volume I

PLANTAS DANINHAS E MATOCOMPETIÇÃO – Hélio Garcia Blanco

1. Importância das Plantas Daninhas
2. O que são Plantas Daninhas
3. Efeitos prejudiciais do mato
4. Fatores que aumentam ou diminuem a Matocompetição
5. Porque certas plantas tem maior capacidade em retirar do meio ambiente os fatores ao seu desenvolvimento e produção
6. Análise da Matovegetação
7. Classificação das plantas daninhas e estimativas matoflorísticas
8. Bibliografia complementar

INTERAÇÕES HERBICIDA-PLANTA – Paulo Nogueira de Camargo

1. Introdução
2. O ciclo de vida da planta
3. Estrutura Simplástica
4. Classificação Fisiológica dos Herbicidas
5. Organização Morfológica
6. Interações Fitotóxicas
7. Interações Desfitotóxicas
8. Surfatantes
9. Seletividade
10. Bibliografia consultada

PLANTAS DANINHAS E MATOCOMPETIÇÃO

Hélio Garcia Blanco*

1. Importância das Plantas Daninhas

Segundo *CRAFTS & ROBBINS* (1962). as pragas da agricultura são:

- a. doenças dos animais;
- b. doenças vegetais;
- c. insetos, nematóides, ácaros, roedores e demais animais predatórios;
- d. matos ou plantas daninhas, sendo que este último grupo têm possibilidade de causar as maiores perdas à produção agrícola, em razão das plantas daninhas estarem sempre presentes e as outras pragas serem de frequência variável.

O quadro 1 quantifica as perdas de produção (em porcentagem) na América do Sul. de diversos cultivos. em decorrência da incidência de parasitas animais (insetos, nematóides, roedores, etc.), doenças vegetais (fúngicas, bacterioses, viroses) e concorrência das plantas daninhas.

Esses dados, apesar de não concordarem inteiramente com a afirmativa de *CRAFTS & ROBBINS*, provavelmente porque os dados são ainda em número insuficiente, mostram, ainda assim, a situação de importância ocupada pelas espécies de plantas daninhas, quanto às perdas ocasionadas na produção de diferentes culturas.

As perdas de produção causadas pelos 4 grupos citados por *CRAFTS & ROBBINS* e mais "erosão-inundações", são, também, evidenciadas Câmara pela de Comércio dos Estados Unidos da América do Norte, no Quadro 2, no qual as plantas daninhas aparecem como maior fator de perda.

Nos Estados Unidos. *IRVING* (1967) estimou que os agricultores gastam cerca de 2,5 bilhões de dólares por ano na luta contra as plantas daninhas, em contraste com US\$ 430 milhões no controle de insetos de culturas e US\$ 230 milhões com doenças vegetais. Um outro dado que se poderia apresentar é aquele preparado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) sobre as perdas estatísticas que ocorrem na agricultura e que resulta no Quadro 3.

* Pesquisador Científico da Seção de Herbicidas, do Instituto Biológico, Campinas, C.P. 70, SP, Brasil

Quadro 1. Produção e perdas de produção de cultivos na América do Sul. Quadro preparado por *BLANCO (1972)* a partir de dados extraídos de *CRAMER (1967)*.

Produto	Produção (milhões ton.)		Perdas (em %) causadas por		
	Efetiva	Potencial	Parasitas animais	Doenças vegetais	Plantas daninhas
Trigo	13.063	17.894	4,0	13,0	10,0
Aveia	1.040	1.465	3,0	15,0	11,0
Cevada	1.500	2.027	5,0	11,0	10,0
Centeio	725	826	0,0	2,8	9,4
Arroz	7.470	9.396	3,5	6,0	11,0
Milho	19.057	31.762	20,0	10,0	10,0
Hortaliças	35.326	46.576	5,7	15,6	2,9
Frutíferas	13.725	20.179	5,4	23,4	3,1
Cana-de-açúcar	117.070	209.503	15,0	20,0	9,0
Chá	16	19	5,0	3,0	7,0
Algodão (fibra)	980	1.581	15,0	18,0	5,0
Algodão (semente)	1.800	2.308	10,0	8,0	4,0
Amendoim	1.160	1.818	4,4	20,7	11,1
Fumo	344	513	15,0	10,0	8,0
Soja	530	740	4,0	11,0	13,4
Perdas médias			7,6	12,5	8,3

Quadro 2. Estimativas de perdas. Dados da Câmara de Comércio dos Estados Unidos da América do Norte, 1942 a 1957.

Perdas causadas por:	Milhões de dólares
Erosão e inundação	1.512
Insetos (em todas as culturas)	1.065
Doenças vegetais (todas as culturas)	2.192
Doenças de gado	1.847
Plantas daninhas (terras agrícolas)	3.747

Quadro 3. Perdas na agricultura em 1954, nos Estados Unidos da América do Norte.

Fontes	Porcentagem do total
Erosão	13,6
Insetos	9,6
Doenças: Plantas	26,3
Animais	16,7
Plantas daninhas (somente terras agrícolas)	33,8

Por essa razão é que desde 1967 o consumo de herbicidas nos Estados Unidos da América é maior que qualquer outro defensivo agrícola. Um dado recente mostra a situação de utilização, por classe de defensivos, nos Estados Unidos (quadro 4).

Quadro 4. Utilização de defensivos agrícolas nos Estados Unidos da América do Norte. *CHEM. WEEK.* (1974).

Classes de defensivos	Porcentagem de uso
Fungicidas	7,0
Inseticidas	36,0
Herbicidas	57,0

É necessário ressaltar que as perdas que ocorrem na agricultura provocadas pelas plantas daninhas variam com a estação do ano, com as culturas plantadas, com a região de plantio, e com o grau de agricultura que é processada. Devido ao clima e um manejo pobre na agricultura, as regiões tropicais do mundo provavelmente deverão ter essas perdas aumentadas.

2. O que são plantas daninhas?

2.1. Conceitos

Todos os conceitos de planta daninha ou mato são estabelecidos baseados no relacionamento da planta com as atividades ou desejos humanos. Exemplo: *Lantana câmara* L. (cambará-de-espinho), incluída entre as 10 principais espécies daninhas do mundo inteiro, é hoje cultivada como planta ornamental em residências de luxo. A razão disto é que o conceito de mato é relativo e depende inteiramente da importância econômica que o homem dá àquela espécie. *naquele momento* ou *naquele ambiente*. Por isso são comuns definições de planta daninha como "uma planta fora do lugar", ou "uma planta indesejável", ou "uma planta que ocorre onde não é desejável", ou "uma planta sem valor econômico", ou "uma planta que compete com o homem pelo solo". São conceituações que envolvem sempre caráter econômico, ou de indesejabilidade. Por essas definições uma planta de trigo que germinasse em uma lavoura de soja seria considerada planta daninha. Outras definições dentro do mesmo sentido poderiam ser elaboradas: "plantas nocivas, sem utilidade, ou tóxicas", "plantas cuja importância econômica ainda não foi descoberta". etc..

E necessário que se dê a esses organismos um conceito adequado. Na realidade essas plantas têm grande importância na manutenção do meio ambiente que o homem sempre procura destruir. Plantas daninhas são plantas que crescem melhor em ambientes ou ecossistemas que foram perturbados pelo homem. São espécies que devido às suas características de adaptação, rapidamente cobrem um solo que foi perturbado pelo homem, protendendo-o contra a erosão. Elas constituem um elo importante na reconstituição de um climax ecológico destruído pelo homem. Se não fossem essas espécies é provável que o homem já tivesse acabado com grande parte do solo agrícola. Felizmente, as plantas daninhas acompanham sempre o homem na sua caminhada de modificador do ambiente.

Um aspecto que deve ser esclarecido na parte de conceituação é sobre os termos como são conhecidos popularmente essas plantas. Os termos "erva daninha" ou "erva má" são expressões inadequadas porque inúmeras plantas consideradas daninhas não são herbáceas; o mesmo critério se aplica ao termo "malerba", introduzida da língua italiana (*MESTICA*, 1946), que é aglutinação de *mala erba* (má erva), sendo pois, sinônimo de "erva má". "Plantas invasoras" é um termo que dá idéia de movimento, de plantas que vieram de fora. condição que nem sempre corresponde à realidade, pois inúmeras plantas daninhas ocupam uma determinada área através de disseminulos já existentes naquela área.

Alguns autores insistem em dividir esse Grupo de plantas em "plantas invasoras" e "plantas não invasoras" baseando-se, unicamente, na abundância (quantidade) e no grau de frequência com que esses organismos aparecem nas áreas cultivadas. Esquecem eles que o conceito de planta daninha é econômico e que uma determinada espécie poderá ocorrer em pequeno número ou de modo ocasional, causando, não obstante, prejuízos vultosos por conter algum princípio tóxico aos animais ou por ser hospedeiro de doenças, insetos ou nematoides de plantas cultivadas. No caso específico de áreas de florestas, diversas gramíneas e arbustos silvestres, que ocupam as áreas destinadas aos aceiros, contribuem para a propagação do fogo, sem serem, entretanto, classificados por aqueles autores como plantas invasoras. Por essa razão a expressão "planta invasora" deve ser evitada.

A definição agronômica para planta daninha que englobaria todo o sentido que se encontra no seu conceito e que propomos aqui seria "qualquer planta que ocorre de modo espontâneo e prejudicial em locais relacionados com as atividades agropecuárias do homem". Por esta definição, qualquer planta silvestre que ocorra quer seja em uma área cultivada, ou em uma pastagem ou um campo natural que serve de pasto para animais, ou em um reservatório de água, ou em uma área reflorestada, ou até mesmo nas margens dos caminhos que servem a uma propriedade agrícola, ou sobre uma rede elétrica e que de qualquer modo interferem com a exploração agrícola trazendo prejuízos, direta ou indiretamente, deve ser considerada uma planta daninha. Por isso o termo "mato" proposto por CAMARGO (1971) para designar essas espécies é realmente o mais apropriado, pois mato designa vegetação silvestre, que nasce espontaneamente, sem cuidados, causando problemas de ordem econômica, de sanidade ou estética, ao homem. Assim essas espécies devem ser denominadas de "plantas daninhas" ou "mato" ou "espécies de mato" ou "planta infestante", pois o termo infestante trás, em si, a idéia de um organismo invasor de um espaço ocupado por outro, trazendo-lhe prejuízos; dá idéia de nocividade.

2.2. Origem das Plantas Daninhas

O homem, provavelmente, é tão responsável pela evolução do mato como pela evolução das culturas. A maioria das espécies atuais de mato não existia antes da agricultura; é provável que elas tenham evoluído junto com as culturas e em alguns casos podem ter sido os ancestrais de variedades cultivadas hoje. O homem primitivo já se alimentava de raízes, tubérculos, folhas, calmos, sementes de plantas silvestres. Com o correr do tempo o homem foi selecionando aquelas que apresentavam maior rendimento, tendo então, que cercá-las de cuidados especiais, pois o aumento de rendimento não acompanhou um aumento de capacidade competitiva, que possuíam originalmente. Antes do homem como agente perturbador do ambiente, diversos acontecimentos naturais, como a glaciação, foram os causadores da destruição da vegetação estabelecida e, por conseguinte, do aparecimento das espécies de mato.

Em resumo, o mato se originou de espécies silvestres que perderam seus ecossistemas originários, e foram, por longo tempo, adaptadas a locais cuja vegetação foi perturbada por fenômenos naturais; e também, de novas espécies ou variedades que evoluíram com o desenvolvimento da agricultura.

3. Efeitos prejudiciais do mato

O mato causa perdas na agricultura pelos seguintes modos:

- a. diminuição da produção por competição;
- b. diminuição da produção por intoxicação de animais;
- c. diminuição da produção por hospedarem insetos, nematóides e organismos causadores de doenças vegetais;
- d. diminuição da qualidade do produto agrícola;
- e. diminuição do espaço dos reservatórios de água e canis de irrigação;
- f. aumento dos custos de produção.

3.1. Matocompetição

O efeito primário e principal que as plantas daninhas apresentam, porém, é o efeito de matocompetição.

As perdas por matocompetição podem ser enfatizadas pelo quadro 5 apresentado, a seguir, preparado com dados obtidos no Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) e por *BLANCO et alii*.

Quadro 5. Perdas de produção por matocompetição. Dados de 13 anos de pesquisas do Instituto Agropecuario da Colômbia (1970) e obtidos por *BLANCO et alii* a partir de 1968.

Cultura	Perdas de Produção %		
	I.C.A.		<i>BLANCO et alii</i>
	amplitude	médias	
Algodão	0 a 39	31	94
Arroz	30 a 73	54	-
Batata	0 a 53	16	-
Café	-	-	53; 77
Cana-de-açúcar	-	-	86
Cenoura	-	-	100
Citrus	-	-	41
Feijão	15 a 88	51	77
Milho	10 a 84	47	27; 28; 37; 41; 46; 47; 83
Soja	-	-	42; 45; 89
Trigo	0 a 90	29	-

Percebe-se, claramente, pelos dados apresentados no Quadro 5, porque o efeito da matocompetição é aquele considerado o mais importante: em certos casos se a matocompetição não for evitada, os prejuízos, praticamente, serão totais como acontece nas culturas da cenoura, algodão, feijão, e em alguns anos em café, milho e soja. Observa-se, também, que os efeitos da matocompetição variam não somente com a cultura, mas, também, dentro de uma mesma cultura.

4. Fatores que Aumentam ou Diminuem a Matocompetição

Diversos autores dão ênfase aos fatores que modificam os resultados da competição que as plantas daninhas imprimem as culturas. O conhecimento desses fatores são importantes porque o homem de posse deles pode interferir no equilíbrio da competição, favorecendo o braço da balança que suporta a planta cultivada. Para *CUYKENDE (1964)* esses fatores são a *densidade de infestação do mato*, o *período de competição*, o *nível de*

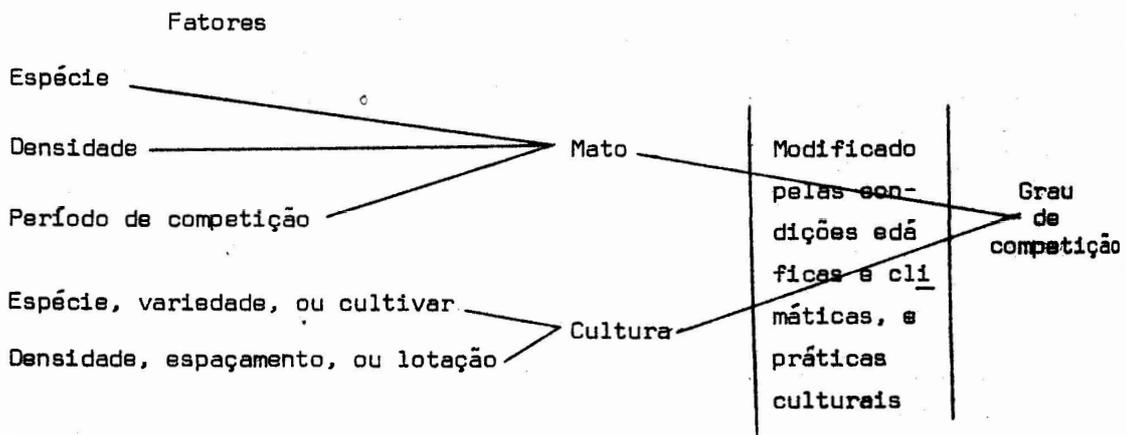
fertilidade e o teor de umidade do solo. NIETO & STANIFORTH (1961) estudando a matocompetição na cultura do milho, relatam que o resultado das perdas de produção dependem da *densidade de infestação do mato*, da *densidade de população da cultura*, do *nível de nitrogênio no solo* e da *umidade do solo*. BLANCO et alii (1976) nas condições de Campinas, Estado de São Paulo, demonstraram que a competição do mato no milho, quando se fixa a lotação da cultura para 50.000 plantas/ha depende da densidade de infestação do mato, da adubação nitrogenada, e do período de competição.

Baseado em BLEASDALE (1960), BLANCO (1972) apresenta uma esquematização desses fatores, dos quais depende o grau de competição (Figura 1).

Em outras palavras, o grau de competição dependerá das espécies que estão em confronto, da densidade de população dessas espécies e do período em que essas espécies permanecem juntas, competindo (período de competição), fatores esses que podem ser modificados por práticas culturais, como arações bem feitas e profundas, por adubações adequadas e em épocas certas, pelas condições físicas e de fertilidade do solo, e pelas condições de clima, principalmente no que se refere as chuvas que ocorrem durante o ciclo da cultura.

Um exemplo que mostra que o resultado da competição é função da espécie que está competindo é demonstrado pelo Quadro 6. Por esse quadro, além de se verificar que as perdas de arroz produzidas pela matocompetição dependem da espécie de mato, observa-se, também, que os resultados variam com a fertilidade do solo. Deve-se chamar a atenção para a espécie *Echinochloa crusgalli* L. (capim arroz), que é uma gramínea anual “muito abundante” e “altamente nociva” também no Brasil, onde infesta culturas de algodão e amendoim, além da cultura de arroz (BLANCO, 1975).

Figura 1. Representação esquemática da competição encontrada por um indivíduo (planta) segundo BLEASDALE (1960) modificado por BLANCO (1972).



Quadro 6. Perdas de produção (%) de arroz, em Taiwan, causadas pelas 5 mais importantes espécies de mato da região. Densidade: 100 plantas de mato/m². CHANG, W.L. (1969)

Espécies	Fertilidade	
	Alta - %	Baixa - %
<i>Echinochloa crusgalli</i>	85,5	76,1
<i>Monochoria vaginalis</i>	31,2	25,4
<i>Cyperus difformis</i>	73,6	49,1
<i>Marsilea quadrifolia</i>	56,5	45,1
<i>Spirodela polyrhiza</i>	8,5	10,6

O quadro 7, preparado a partir de dados de diversos autores, apresenta as perdas de produção em porcentagens, em diversas variedades de arroz, e condições diferentes de fertilidade. Verifica-se que as perdas sofridas variam com a variedade cultivada.

Quadro 7. Perdas de produção (%) de diversas variedades de arroz. Densidade de mato constante e igual a 200g peso seco/m².

Arroz		Perdas de Produção		Fonte
Ano	Variedade	Fertilidade		
		Alta (%)	Baixa (%)	
1969	IR – 8	24,5	30,0	<i>DE DATTA et alii</i>
	H – 4	32,8	26,2	
1965	Shiranuhi	19,0	18,2	<i>NODA et alii</i>
1966	Shiranuhi	9,6		
1968	Nihonbare		23,0	<i>MATSUNAKA</i>

A densidade do mato é outro fator que influi no grau de competição. ZAKHARENK investigando sobre a habilidade competitiva das espécies invasoras aos cultivos em relação à aplicação de herbicidas, mostra que a produção de uma cultura aumenta inversamente com o grau de infestação das espécies daninhas. Propõe a fórmula $Y_x = Y_o \cdot a^x$, onde Y_x é a produção de uma cultura infestada de mato, x é a infestação (em número ou peso das espécies por unidade de área), Y_o representa a produção de uma área livre de mato e a é um coeficiente (<1) eu expressa a habilidade competitiva da cultura em relação ao mato (determinado experimentalmente), que permite calcular a provável perda de produção causada pelo mato e o provável aumento de produção influenciado pelos herbicidas.

MOOLANI & SLIFE cultivaram soja e milho em presença de *Amaranthus hybridus* em diversos espaçamentos. Quando a população da espécie infestante ocorreu de um modo contínuo ao longo das linhas de cultivo, a redução foi da ordem de 40% para o milho e 65% para a soja, em comparação com parcelas cultivadas sem competição. Para uma densidade igual a um indivíduo de *A. hybridus* em cada 100 cm² a queda de produção foi menor que 7% e 20%, para o milho e soja, respectivamente.

Entre os fatores apontados no esquema de competição um dos mais importantes, é a duração do temp em que as espécies de mato competem pelos fatores de crescimento com as plantas cultivadas. No Brasil os dados publicados, de períodos de competição, são ainda poucos. O quadro 8 mostra esses dados.

Quadro 8. Período de competição do mato em diversas culturas. Dados obtidos no Brasil.

Cultura	Período de competição		Fonte
	Com início na emergência da cultura	Após a emergência da cultura	
Algodão	35 dias		<i>BLANCO et alii (1978)</i>
Arroz	30 dias		<i>DEUBER et alii (1972)</i>
Cana-de-açúcar (cult. de 1 ano)	3 – 4 meses	3º mês	<i>AZZI et alii (1968)</i>
	3 meses	2º e 3º mês	<i>BLANCO et alii (1977)</i>
Café (cult. em formação)		outubro – fevereiro	<i>BLANCO et alii (1976)</i>
Cebola (transplante)	55 dias	20º aod 55º dia	<i>DEUBER et alii (1972)</i>
Cenoura	20 dias		<i>BLANCO et alii (1971)</i>
	20 dias		<i>Pitelli et alii (1976)</i>
Feijão	20 dias		<i>BLANCO et alii (1969)</i>
	30 dias		<i>VIEIRA (1971)</i>
Milho	30 dias	30º ao 45º dia	<i>BLANCO et alii (1976)</i>
Soja	50 dias		<i>BLANCO et alii (1973)</i>
Citrus		dezembro – março	<i>BLANCO et alii (1976)</i>

No quadro 8 os dados da coluna que apresenta os períodos de matocompetição, a partir da emergência da cultura, são importantes para a escolha dos herbicidas de aplicação em pré-emergência pois indicam a duração do efeito residual que esses produtos deverão ter; os dados da 3ª. Coluna servem de orientação de quando devem ser aplicados os herbicidas de contato, isto é, aqueles que são aplicados após a emergência da cultura.

Dados de experimentação obtidos por *BLANCO et alii (1976)*, demonstram que, para o milho, a matocompetição pode ser neutralizada quando o matocontrole se faz nos primeiros 30 dias do ciclo da cultura, ou quando se realiza do 30º ao 45º dia. O quadro 9 mostra parte desses resultados. Chama-se a atenção que os resultados da competição variaram conforme o ano em que foram obtidos, e foram função da densidade do mato existente nos locais dos experimentos.

Quadro 9. Produção de milho em função do período de controle do mato. *BLANCO et alii*, 1976.

Tratamento em relação ao controle do mato	Produção: kg/ha			Perdas médias na produção em %
	1971	1972	1973	
1. Sem controle todo o ciclo	1.989,0a	2.547,0a	1.373,5a	49,5
2. controlado durante 15 dias	2.241,7a	5.138,7b	2.052,7a	19,3
3. controlado durante 30 dias	3.172,7a	4.465,2b	3.659,7b	3,4
4. controlado durante 45 dias	3.242,5a	4.612,2b	4.330,5b	0,0
5. controlado durante 60 dias	3.055,0a	4.291,7b	3.812,5b	4,6
6. controlado todo o ciclo	2.735,2a	4.459,7b	3.958,5b	0,0
Densidade do mato: plantas/m ²				
- Gramíneas	57	179	315	
- Dicotiledôneas	23	40	14	
Total	80	219	329	

A densidade de plantio das culturas é um fator que não pode ser desprezado nos resultados da competição.

Exemplo: O milho é um grande competidor com as espécies infestantes, porém promove uma competição inter-específica muito grande. As maiores produções de milho são alcançadas com índices populacionais variando de 12.000 a 16.000 plantas por acre. Números maiores ou menores que esses provocam uma diminuição na produção. Dentro daqueles índices, valores mais altos de população foram necessários para diminuir os efeitos competitivos do mato.

As práticas culturais interferem no grau de competição. *STANIFORTH (1963)* verificou que a aplicação de nitrogênio tende a diminuir os efeitos da competição que a *Setaria lutescens* imprime ao milho. Irrigação suplementares também provocam reduções na competição. Entretanto, altos níveis de fertilização não cobriram os efeitos depressivos da competição dada por *Agropyron repens* ao milho (1964). *NIETO & STANIFORTH (1961)* observaram que em solos com baixos teores de nitrogênio (condições do estado de Iowa), o aumento de produção de parcelas infestadas por *Setaria lutescens* e *S. viridis* provocado pela adubação nitrogenada, é superior e significativo, àquele obtido em parcelas em que apenas se controlou o mato. Sugerem que é mais conveniente a aplicação de nitrogênio que de herbicidas, nesses casos, para obtenção de aumento de produção. *BLANCO et alii (1976)*, para nossas condições, revelam que, mesmo em dosagens altas de N, a competição do mato na cultura do milho, continua a ocorrer porém, para se obter produções equivalentes a 4.000 kg/ha, ou se faz o controle do mato mais uma adubação suplementar de 40 kg/ha de N em cobertura ou não se controla o mato e aumenta-se essa adubação para 100 kg/há de nitrogênio.

Em conclusão, todos esses fatores devem ser estudados através de experimentação apropriada para que as culturas sejam auxiliadas pelo homem na sua luta contra as plantas daninhas.

5. Por que certas plantas tem maior capacidade em retirar do meio ambiente os fatores ao seu desenvolvimento e produção?

Até aqui nos preocupamos em demonstrar que as plantas daninhas competem com as plantas cultivadas com graves prejuízos para essas últimas. Verificamos, também, que

diversos fatores influem para que essa competição seja mais branda ou mais intensa. Porém, continua no ar a pergunta: Por que as plantas daninhas apresentam maior capacidade competitiva que as plantas cultivadas? A conceituação de competição poderá esclarecer essa questão.

5.1. Competição – Conceitos

Em Ecologia entende-se como competição o relacionamento entre indivíduos de espécies iguais, ou diferentes, que, crescendo em um mesmo ambiente leva uns à morte para que outros possam sobreviver. O conceito agrônômico ou, fisiológico de competição. porém, diz respeito às *diferenças de eficiência* que os indivíduos possuem em retirar, de um suprimento limitado, os fatores para o seu crescimento e reprodução.

Pelo próprio conceito de competição conclue-se que às espécies de mato devem apresentar certas diferenças das plantas cultivadas que lhes conferem maior capacidade ou eficiência na luta pelos fatores necessários ao desenvolvimento das plantas. Quais seriam esses fatores e quais seriam essas diferenças de eficiência?

5.2. Fatores de competição

As plantas daninhas concorrem com as plantas cultivadas em luz, nutrientes, água e CO₂ e esses são os chamados *fatores de competição*, porque são os fatores do meio ambiente pelos quais as plantas competem. Porém o que torna uma planta mais eficiente para vencer a competição pelos fatores do meio ambiente são as características que essas plantas apresentam. Essas características são de ordem *bioquímica* ou *fisiológica*, hoje consideradas as mais importantes e que estão relacionadas com a competição pelo CO₂ ou estão ligadas à *reprodução* dessas espécies. Essas últimas têm sido conceituadas por muitos autores como "fatores de agressividade" .

5.3. Diferenças de eficiência das plantas na competição de caráter fisiológico: Bases bioquímicas da competição

5.3.1. Competição por CO₂ e luz

A produção ou crescimento das *plantas verdes* é uma função da assimilação do carbono no processo fotossintético. Embora o crescimento da planta seja afetado por vários outros fatores do meio ambiente e por fatores fisiológicos (translocação, transpiração, suprimento de minerais e equilíbrio entre síntese e armazenamento) provavelmente o crescimento é determinado principalmente pela capacidade de *fixar* CO₂. Logicamente a capacidade de retirar CO₂ do ar é um fator importante na competição entre as plantas.

As plantas daninhas crescem rapidamente por sua habilidade em assimilar CO₂ em altas taxas. A partir de 1965 diversos trabalhos evidenciaram uma série de características que possuem certas plantas, o que permitiu a divisão das plantas em dois grupos: plantas *eficientes* na competição, isto é, aquelas que tem uma alta capacidade fotossintética; plantas *não eficientes*, as de baixa capacidade fotossintética.

Essas *características*, em função da assimilação do CO₂, das plantas "eficientes" em relação as "não eficientes", podem ser resumidas da seguinte forma:

1ª. Assimilação de CO₂ em função da intensidade luminosa

As plantas eficientes continuam a retirar CO₂ quando aumenta a intensidade luminosa. Diversos trabalhos têm demonstrado que um grande número de gramíneas quando expostas a altas intensidades luminosas (pleno verão) retiram 50-80 mg CO₂/dm² de área foliar/hora. O gênero *Amaranthus* também apresenta essa magnitude de assimilação de CO₂. Todavia nas plantas não eficientes a taxa máxima de assimilação varia de 15 a 35 mg CO₂/dm²/h e são saturadas em intensidades luminosas bem menores (1000 a 3000 ftc).

2ª. Assimilação de CO₂ em função de temperatura

MURATA & IYAMA (1963); MURATA *et alii* (1965); MILLER (1960); COOPER & TAIN TOM (1968), entre outros, mostraram que a temperatura ótima da retirada de CO₂ de diversas gramíneas com alta capacidade fotossintética está entre 30 – 40°C. A retirada de CO₂ para essas espécies decresceram rapidamente em temperatura ótima esteve em cerca de 40°C no qual a retirada de CO₂ foi de 60 – 80 mg CO₂/dm²/h. Essas não espécies eficientes. As não eficientes tem o seu ótimo de assimilação de CO₂ em 25°C, decrescendo com o aumento da temperatura.

3ª. Assimilação de CO₂ em função de O₂

WARBURG (1920), relatou que o oxigênio inibia a fotossíntese em algumas plantas. Mais tarde HESKETH (2963); FORRESTER *et alii* (1966) e DOWNES & HESKET (1968), confirmaram essa observação e demonstraram que a fotossíntese em diversas gramíneas não era inibida pelo oxigênio enquanto outras, como a soja (não eficiente), era inibida. BJORKMAN *et alii* (1968), estudando o efeito da concentração de CO₂ na produção de matéria nas plantas superiores, achou que o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) crescendo em um ambiente com 2,5% de O₂ teve um crescimento 2,1 vezes maior que crescendo em ambiente com 21% O₂. *Em resumo*: plantas eficientes não tem o processo fotossintético inibido por alta concentração de O₂; plantas não eficiente tem.

4ª. Presença de fotorrespiração

DECKER (1955-59) demonstrou que a respiração em certas plantas aumentava sob iluminação, fenômeno que se chamou de fotorrespiração e que foi investigado por uma série de pesquisadores, depois dessa data. A fotorrespiração não foi demonstrada em plantas eficientes incluindo o milho, cana-de-açúcar e *Amaranthus* sp., e foi comprovada em plantas não eficientes (algodoeiro, girassol, beterraba).

5ª. Ponto de compensação

Chama-se ponto de compensação aquela intensidade luminosa à qual a atividade fotossintética real é igual à atividade respiratória, e portanto a fotossíntese aparente é nula. O ponto de compensação é estimado através da medida do volume de oxigênio ou de CO₂ consumido e liberado pela planta.

Está demonstrado que as plantas eficientes tem um ponto de compensação – baixo (menor que 5 ppm CO₂) enquanto que para as chamadas não eficientes a concentração de CO₂ que corresponde ao ponto de compensação é de 30 – 70 ppm. Isso explica a importância da *competição pela luz* que as plantas cultivadas sofrem quando sombreadas pelas plantas daninhas (em geral eficientes).

6ª. Mecanismo de assimilação fotossintética do CO₂

Em geral, era aceito que o mecanismo dominante de assimilação de CO₂ tinha explicação no Ciclo de Calvin. Porém, em 1965, *KORTSCHAK et alii*, demonstraram que os primeiros produtos de fixação do 14 CO₂ em folhas de cana-de-açúcar eram os ácidos dicarboxílicos com 4 carbonos: málico, aspártico e oxaloacético. Em 1966, *HATCH & SLACK* descobriram uma nova reação de carboxilação em cana-de-açúcar e desenvolveram o conceito de um novo ciclo – o ciclo do C₄ – para a fixação de CO₂ na fotossíntese. Mais tarde fizeram testes com outras plantas e aquelas que demonstraram a presença do Ciclo do C₄ foram consideradas eficientes. Nesse grupo foram incluídas inúmeras espécies de mato, o milho, o sorgo e a cana-de-açúcar.

Assim, hoje já se pode fazer uma lista desses grupos. No grupo de plantas eficientes, todos os gêneros estudados apresentaram presença do ciclo fotossintético C₄ e, pelo menos uma das outras características, em função da assimilação do CO₂.

A lista de espécies apresentadas a seguir está incompleta pois foram arroladas apenas aquelas de interesse para o Brasil.

Espécies de mato brasileiras consideradas eficientes na competição

Monocotiledônea

fam. Gramínea

- *Andropogon bicornis* – capim-peba – Perene
- *Andropogon leucostachyus* – capim-membeca – Perene
- *Axonopus scoparius* – capim-columbia – Perene
- *Cenchrus echinatus* – capim-carrapicho – Anual
- *Chloris gayana* – capim-de-rhodes – Perene
- *Cynodon dactylon* – grama-seda – Perene
- *Dactyloctenium aegyptium* – mão-de-sapo – Anual
- *Digitaria horizontalis* – capim-colchão-miudo – Anual
- *Digitaria sanguinalis* – capim-colchão – Anual
- *Echinochloa crusgalli* – capim-arroz – Anual
- *Echinochloa colonum* – capim-colônia – Anual
- *Eleusine indica* – capim-pé-de-galinha – Anual
- *Eragrostis pilosa* – capim-barbicha-de-alemão – Anual
- *Melinis minutiflora* – capim-gordura – Anual
- *Panicum maximum* – capim-colonião – Perene
- *Paspalum dilatatum* – capim-das-roças – Perene
- *Pennisetum setosum* – capim-oferecido – Perene
- *Setaria lutescens* – capim-rabo-de-raposa – Anual
- *Setaria viridis* – capim-verde – Anual
- *Sorghum halepense* – capim-macambará – Perene
- *Trichachne insularis* – capim-amargo – Perene

Cyperaceae

- *Cyperus esculentus* – tiririca-mansa – Perene
- *Cyperus rotundus* – tiririca – Perene

Dicotyledoneae

Amaranthaceae

- *Amaranthus hybridus* var. *patulus* – caruru – Anual
- *Amaranthus retroflexus* – caruru – Anual
- *Amaranthus viridis* – caruru – Anual

Portulacaceae

- *Portulaca oleracea* – beldroega – Anual

Muitas espécies importantes, no Brasil, que provavelmente devem possuir fisiologia de plantas de C₄, não constam desta lista, porque todas essas determinações foram feitas em outros países, principalmente nos Estados Unidos da América do Norte, onde tais espécies não ocorrem, ou não tem a importância que tem para nós.

Entre as plantas cultivadas, os trabalhos realizados já demonstraram o seguinte:

culturas eficientes: milho, cana-de-açúcar e sorgo.

culturas não eficientes: feijão, soja, beterraba, espinafre, fumo, algodão, girassol, alface, trigo, aveia, arroz e cevada.

5.3.2. Competição pela Água

As plantas eficientes requerem menos água (cerca de metade da quantidade requerida pelas plantas não-eficientes) porque fazem um uso mais eficiente da água. No entanto, a maioria dos livros consultados dizem justamente o contrário, isto é, que as plantas daninhas requerem mais água e por essa razão é que competem pela água com plantas econômicas, não eficientes. O quadro 10 que vamos apresentar é original na sua apresentação e demonstra que plantas eficientes necessitam de menos água para produzir uma unidade de matéria seca.

Quadro 10. Necessidade de água das plantas eficientes na competição e plantas não eficientes.

Plantas eficientes	kg água/kg matéria seca
<i>Panicum</i> sp (capim)	267
<i>Sorghum</i> sp (sorgo)	153
<i>Zea mays</i> (milho)	174
<i>Setaria</i> sp. (capim-rabo-de-raposa)	285
<i>Amaranthus</i> sp. (caruru)	152
<i>Portulaca oleracea</i> (beldroega)	<u>281</u>
Média	228
Plantas não eficientes	
<i>Triticum aestivum</i> (trigo)	542
<i>Chenopodium álbum</i> (quenopódio)	658
<i>Oryza sativa</i> (arroz)	682
<i>Polygonum aviculare</i> (erva-de-bicho)	339
<i>Ambrósia artemisiaefolia</i> (ambrósia, artemísia)	456
<i>Gossypium hirsutum</i> (algodão)	568
<i>Phaseolus vulgaris</i> (feijão)	<u>700</u>
Média	564

5.3.3. Competição por Nutrientes

A competição por nutrientes que fazem as espécies de mato pode ser demonstrada por GALLO *et alii* que realizaram um levantamento nutricional em cafeeiros, nos estados de São Paulo e Paraná, e compararam com os níveis encontrados em tecidos de plantas daninhas que estavam vegetando junto com os cafeeiros amostrados. O quadro 11, preparado a partir dos dados daquele trabalho, dá uma idéia clara da capacidade de extração de nutrientes do solo das plantas daninhas.

BLANCO *et alii* (1974) levantando o estado nutricional de plantas de milho crescendo junto com plantas daninhas, verificaram grande decréscimo na concentração de N, de 1,7% para 2,05% N em plantas que cresceram sem competição de mato. No entanto, a mesma população de mato não influenciou na nutrição do milho em relação aos elementos zinco e fósforo.

Quadro 11. Níveis de nutrientes em folhas de diversas plantas daninhas em comparação com plantas de café, vegetando juntas.

Planta	Elemento analisado										
	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Fe %	Mn %	Cu %	Zn %	B %
Caruru	4,04	0,16	3,62	4,28	1,28	0,34	402	269	11	47	50
Beldroega	3,72	0,18	8,08	2,00	1,03	0,26	243	472	28	33	38
Amendoim-bravo	5,04	0,18	2,24	2,27	0,48	0,34	268	149	11	37	34
Capim-carrapicho	3,40	0,15	4,50	0,40	0,28	0,24	294	135	12	21	13
Picão-preto	4,47	0,18	3,57	1,87	0,53	0,27	609	197	21	36	51
Café	3,23	0,10	2,17	0,80	0,28	0,20	163	124	18	10	51

5.4. Diferenças de eficiência na competição ligadas à reprodução

A possibilidade que tem numerosas espécies de viver melhor em um espaço limitado está relacionada com a sua agressividade. A agressividade das espécies dependem do seu rápido desenvolvimento (que é função de suas características de absorção de CO₂), de sua fecundidade, sua rapidez de reprodução e da disseminação dos seus órgãos de reprodução ou disseminulo. Como as características ligadas a absorção de CO₂ já foram relatadas, nos ocuparemos aqui aquelas relativas à produção das espécies de mato.

5.4.1. Reprodução por sementes

A semente é um dos meios pelos quais as plantas daninhas se multiplicam ou se reproduzem. É o meio predominante pelo qual as espécies anuais, isto é, aquelas que completam o seu ciclo vital dentro de um ano, se multiplicam. Não obstante essas espécies que se propagam apenas por sementes serem consideradas de fácil controle pois bastaria eliminá-las antes que lançassem sementes, na prática elas são agressivas por produzirem um número grande de sementes por indivíduos, e por fatores que fazem com que essas sementes persistam no solo, com viabilidade, durante algum tempo (dormência).

5.4.2. Número de sementes por planta

Algumas espécies de mato produzem um número notável de sementes por planta. Além dessas espécies apresentarem um número incrível de sementes, estas, na sua maioria são de pequeno tamanho, o que facilita a sua dispersão aumentando a sua agressividade. O quadro 12, a seguir, organizado a partir de dados apresentados por *KLINGMAN (1975)*, dá uma idéia de grandeza do tamanho das sementes de várias espécies de mato.

Quadro 12. Número de sementes produzidas por planta, número de sementes por libra e peso (g) de 1000 sementes.

Espécie Botânica	nº de sementes por planta	nº de sementes por libra	peso de 1000 sem. (g)
<i>Polygonum convolvulus</i>	11.900	64.857	7,0
<i>Sinapis arvensis</i>	2.700	238.947	1,9
<i>Rumex crispus</i>	29.500	324.286	1,40
<i>Cuscuta campestris</i>	16.000	585.806	0,77
<i>Kochia scoparia</i>	14.600	534.118	0,85
<i>Chenopodium álbum</i>	72.450	640.570	0,70
<i>Vicia cracca</i>	2.350	378.333	1,2
<i>Brassica nigra</i>	13.400	267.059	1,7
<i>Cyperus ferax</i>	2.420	2.389.474	0,19
<i>Avena fátua</i>	250	25.913	17,52
<i>Amaranthus retroflexus</i>	117.400	1.194.737	0,38
<i>Plantago major</i>	36.150	2.270.000	0,20
<i>Portulaca oleracea</i>	52.300	3.492.308	0,13
<i>Ambrósia artemisiaefolia</i>	3.380	114.937	3,95
<i>Capsela bursa-pastoris</i>	38.500	4.729.166	0,10
<i>Euphorbia esula</i>	140	129.714	3,5
<i>Cirsium arvense</i>	680	288.254	1,57

5.4.3. Permanência das sementes no solo

Além de serem numerosas e de proporções diminutas, as sementes de mato conseguem permanecer no solo durante muito tempo, com viabilidade. *STAMPER & CHILTON (1951)*, demonstraram que após 3 anos, em uma área cultivada com cana-de-açúcar, sem que fosse permitida a entrada de sementes de capim-maçambará (*Sorghum halepense*) nesse período, ainda existiam 1,3% do número de sementes que existiam originalmente. O tempo de viabilidade de uma semente varia com a espécie e com as diferentes condições do meio. Algumas sementes mantêm sua viabilidade por muitos anos, enquanto outras morrem em poucas semanas após a sua maturação, se não encontram condições favoráveis para a germinação.

Para determinar a longevidade das sementes, *DUVEL* colocou sementes de 107 espécies em vasos de argila e enterrou-os a diversas profundidades. Depois removeu-os a intervalos de tempo. Os resultados encontrados, relatados por *TOOLE & BROWN (1946)*, foram os seguintes:

- após 1 ano, germinação de sementes de 71 espécies;
- após 6 anos, germinação de sementes de 68 espécies;
- após 10 anos, germinação de sementes de 68 espécies;
- após 20 anos, germinação de sementes de 57 espécies;
- após 30 anos, germinação de sementes de 44 espécies;
- após 38 anos, germinação de sementes de 36 espécies.

Essa fase, em que a semente apresenta capacidade de suspender ou paralisar o seu desenvolvimento, é denominado de *estágio de dormência*.

5.4.4. Dormência das sementes

Um certo grau de dormência é comum em quase todas as plantas. No trabalho de seleção o homem procura escolher aquelas que tem o menor grau de dormência, para obter germinação uniforme e conseqüente crescimento e frutificação. Uma planta daninha que tivesse uma germinação uniforme, poderia ser eliminada com uma simples cultura do terreno, ou mesmo por condições desfavoráveis de uma estação. A seleção natural permitiu a sobrevivência daquelas espécies cujas sementes germinam periodicamente durante um período grande de tempo, escapando assim aos cultivos ou ultrapassando o período de ação dos herbicidas. Esse fato das sementes de plantas que infestam os solos, como plantas indesejáveis, permanecerem longos períodos no solo significa também que o solo é bem suprido com sementes capazes de germinar quando o solo é arado. Isso representa uma das características de agressividade desses organismos.

5.4.5. Multiplicação vegetativa

O fato de muitas espécies de mato conseguirem se multiplicar assexuadamente ou vegetativamente resulta em maior agressividade para esses organismos. Esse tipo de reprodução é encontrado em muitas espécies perenes, isto é, as que vivem por um período de tempo igual ou maior a 3 anos. Essa capacidade de se reproduzir por meios de órgãos vegetativos faz com que essas espécies sejam de difícil controle, razão pela qual, nesse grupo são encontradas com mais freqüência as espécies-problemas altamente nocivas à agricultura, como tiririca (*Cyperus rotundus*), grama-seda (*Cynodon dactylon*), capim-peba (*Andropogon bicornis*), grama-batatais (*Paspalum notatum*), capim-quiúio (*Pennisetum clandestinum*), capim meçambará (*Sorghum halepense*), alho-bravo (*Allium vineale*), leiteiro (*Peschiera fuchsiaefolia*), trevos (*Oxalis* spp.), etc..

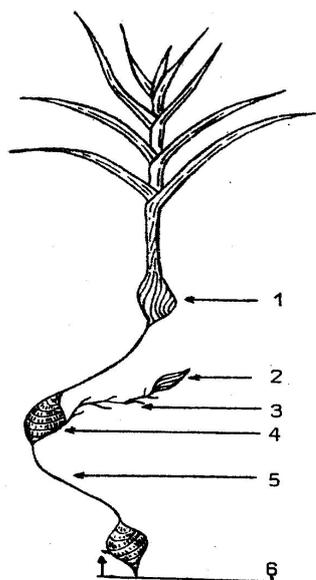


Figura 2. *Cyperus rotundus*

Tomemos como a espécie *Cyperus rotundus* (tiririca). Essa espécie, (figura 2) além de se multiplicar por meio de sementes, se multiplica predominantemente por órgãos vegetativos. Nesta figura:

- (1) representa o tubérculo basal que é um órgão caulinar subterrâneo ou hipógeo;
- (2) um tubérculo em formação;
- (3) rizoma de formação recente com folhas em escamas (rizoma também é um órgão caulinar hipógeo);
- (4) um tubérculo com desenvolvimento completo (maduro);
- (5) um rizoma com desenvolvimento completo (no qual as folhas foram perdidas) e
- (6) gema sobre o tubérculo.

A presença desses órgãos imprime a espécie conhecida como tiririca uma grande capacidade de dominar uma área de terreno.

Além daqueles tipos de órgãos vegetativos podemos encontrar outros como, por exemplo, na espécie *Cynodon dactylon* (figura 3) (grama-seda). Como ocorre em muitas gramíneas, essa espécie apresenta capacidade de enraizamento em cada nó, o que significa que um pedaço de caule com nó, tem capacidade de reproduzir uma outra planta; emite, também, órgãos caulinares à superfície do solo (ou epígeos), conhecidos por estolhões ou estolões; apresenta também rizomas. Além de ter toda essa capacidade reprodutiva como aparece na figura 3, a grama-seda também se multiplica por via sexuada ou por sementes. bulbos e bulbilhos são órgãos caulinares hipógeos que são os meios predominantes de propagação de algumas espécies como as do gênero *Oxalis* ou trevos. O leiteiro, uma espécie-problema de pastagens, apresenta gemas em suas raízes que se desenvolveram formando uma outra planta quando as raízes são seccionadas.

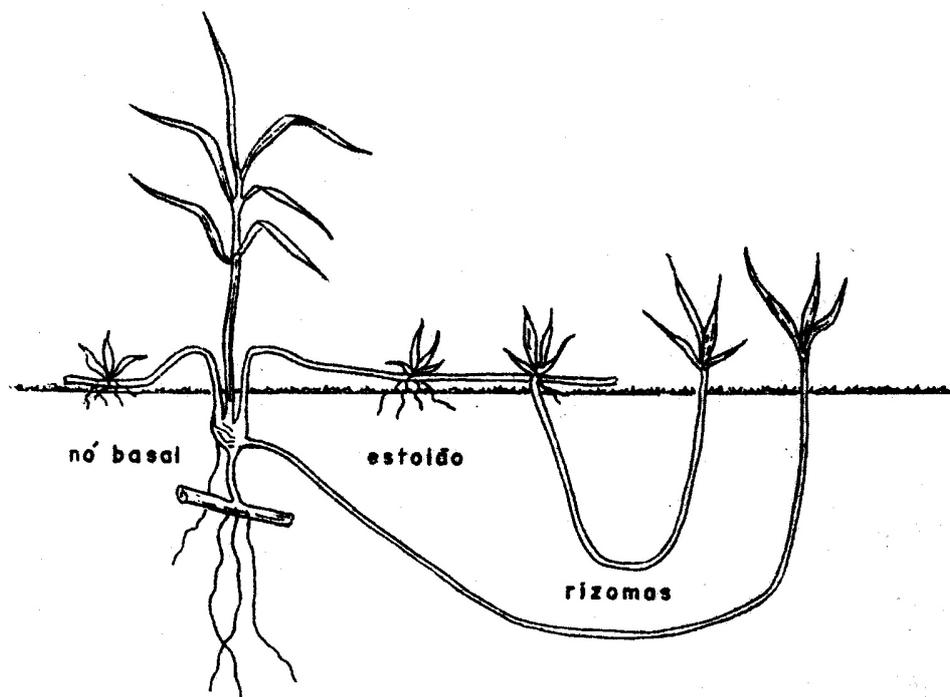


Figura 3. Grama-seda (*Cynodon dactylon*)

5.4.6. Disseminação

O último fator que faz com que as espécies de mato se tornem presença constante nos terrenos são certas características que possuem os seus disseminulos (qualquer órgão de reprodução) em se propagarem com certa rapidez ou a grandes distâncias. São conhecidas certas adaptações morfológicas encontradas nos frutos de espécies conhecidas quase sempre com a denominação popular de carrapicho, pois se agarram ou se prendem aos objetos que os tocam, como *Cenchrus echinatus*, *Xanthium spinosum*, *Acanthospermum hispidum*, *Triunfetta semitriloba*, *Desmodium cannum*, *Desmodium cannum*, *Desmodium barbatum* e outros. Esse tipo de disseminação é chamada de zoócora, pois são os animais o elemento vetor onde se prendem aqueles frutos. A disseminação por vento, ou anemócora, é realizada quando as espécies apresentam frutos com certas adaptações como as encontradas

no dente-de-leão (*Taraxacum officinale*), conhecida como *pappus* (característica da família *Compositae*) que funcionam como paraquedas ou flutuadores quando transportados pelo vento.

A água é outro veículo empregado na disseminação das plantas daninhas (disseminação hidrócora) o que é facilitado pelo pequeno peso dos frutos ou sementes da maioria das espécies e pelas adaptações que fazem com que as sementes flutuem na água.

6. Análise da matovegetação

Os pesquisadores necessitam de coletar muitos dados relacionados à quantidade de mato nos diferentes programas de controle de mato; porém, por causa da grande variação no tamanho e hábito de crescimento das diferentes espécies de mato, existem alguns problemas na obtenção desses dados. Algumas espécies são altas, podem ser até árvores; outras são rasteiras ou prostradas. Algumas são parasitas como a cuscuta, ou trepadeiras como as compainhas, etc.; algumas apresentam raízes nos internódios como a grama-seda, com uma série de ramos estoloníferos entrelaçados de tal modo que é difícil de distinguir quantos indivíduos existem em uma unidade de amostra.

Neste capítulo iremos abordar de modo bem sucinto alguns métodos usados para medir a vegetação daninha. *BROWN (1954)* indica que as técnicas para analisar vegetação podem ser agrupadas em uma das seguintes categorias: 1. Frequência de ocorrência; 2. número de indivíduos por unidade de área; 3. área coberta ou “cobertura”; e 4. peso.

6.1. Frequência de ocorrência

Está ligada à dispersão ou distribuição das espécies em uma comunidade de plantas. Ela expressa a homogeneidade ou heterogeneidade da comunidade. É determinada pela presença ou ausência da espécie dentro de uma unidade amostrada. É um método rápido, objetivo, que permite levantar a presença de plantas de baixo valor em cobertura, que geralmente é subestimado pelos métodos visuais. O maior problema é a escolha do tamanho da amostra que irá aumentar ou diminuir a probabilidade de uma espécie estar presente. Parece que essa amostra estaria ao redor de 5% do tamanho da área em estudo e de preferência dividida em sub-amostras.

Grau de frequência ou percentagem de frequência são variações do modo de se expressar a frequência de ocorrência.

Exemplo:

Espécie	Unidades de amostras				grau de freq.	% de freq.
	1	2	3	4		
X	Sim	Sim	Sim	Sim	4	100
Y	Sim	Não	Não	Sim	2	50
Z	Não	Sim	Não	Não	1	25

A escala de frequência de *RAUNKIAUER (1934)* serve também, para medir a frequência.

Classe de frequência

A	de 1 a 20%
B	de 21 a 40%
C	de 41 a 60%
D	de 61 a 80%
E	de 81 a 100%

Para uma análise mais precisa da homogeneidade de uma população pode-se empregar o teste de X^2 para análise de frequência. Nesse caso é preciso contar o número de indivíduos que ocorre em cada amostra.

6.2. Número de indivíduos

O número de indivíduos é contado ou estimado visualmente e a importância das espécies é expresso em *abundância*, *composição percentual* ou *densidade de população*.

A *abundância* – é uma apreciação do número de indivíduos de uma espécie. Da idéia geral da quantidade das espécies existentes por meios visuais. É representada por escalas qualitativas que representam classes de abundância.

Exemplo:

Classe	<i>TRANSLEY & CHIPP (1926)</i>	<i>BRAUN – BLANQUET (1932)</i>
1	raro	muito escasso
2	ocasional	escasso
3	freqüente	pouco numeroso
4	abundante	numeroso
5	meio abundante	muito numeroso

Escala semi-quantitativa de *HANSON* que alia abundância e contagem:

Classes de abundância	Nº de plantas/m ²
1	de 1 a 4 plantas
2	de 5 a 14 plantas
3	de 15 a 29 plantas
4	de 30 a 99 plantas
5	100 ou mais

Composição percentual da população – é uma grandeza relativa; é o número de indivíduo de uma espécie expresso em porcentagem sobre o total de todos os indivíduos presentes. É muito usado em testes de herbicidas. Pode levar a má interpretação se a população não apresenta uma dispersão uniforme.

Densidade de população – é a relação exata entre o número de indivíduos e a área: é o melhor método para certas condições: áreas pequenas: densidade baixa. É demorado e é necessário definir a unidade da espécie amostrada.

6.3. Área coberta

Se refere a área do terreno ocupada pelas plantas. Essa área pode ser medida ou calculada pela base da planta ou pela projeção da copa. Em trabalhos de controle de mato onde o que se analisa é a competição, o importante é a área ocupada pela projeção da copa das plantas.

Pode ser estimada visualmente ou medida exatamente por métodos especiais.

Costuma-se usar escalas em porcentagens:

Exemplo:

Grau de cobertura	<i>SERNADER</i> (1921)	<i>HULT-SENANDER</i> (1939)	<i>BRAUN-BLANQUET</i> (1932)
1	0 – 5%	0 – 6,25%	0 – 5%
2	5 – 10%	6,25 – 12,50%	5 – 25%
3	10 – 20%	12,50 – 25,00%	25 – 50%
4	20 – 50%	25,00 – 50,00%	50 – 75%
5	50 – 100%	50,00 – 100,00%	75 – 100%

Escala de *BRAUN-BLANQUET* (1932), que relaciona abundancia e cobertura:

Classes

- + – escassa ou muito escassa; cobertura muito pequena
- 1 – abundante; cobertura pequena
- 2 – muito numerosa; cobertura de pelo menos 5%
- 3 – qualquer n° de indivíduos; cobertura de 25 a 50%
- 4 – qualquer n° de indivíduos; cobertura de 50 a 75%
- 5 – cobertura maior que 75% da área.

A cobertura é uma das características mais expressivas do tipo de vegetação; é útil em trabalhos de controle do mato.

6.4. Peso

O peso expressa a importância das espécies de acordo com a sua biomassa (quantidade de substâncias orgânicas). Pode ser definido em termos de biomassa verde, ou biomassa seca (70 – 80°C); pode se referir à biomassa epígea (partes aéreas), biomassa hipógea (parte subterrânea) ou a biomassa total.

O peso é um método exato, porém tem o inconveniente das plantas terem de ser retiradas das parcelas, o que conforme o tipo de estudo nem sempre é conveniente.

Na prática deve se utilizar mais do que um método de análise. Em trabalhos de avaliação de perdas de produção em decorrência do mato, por exemplo, além da contagem dos indivíduos em relação a área ocupada (densidade) deve se realizar o levantamento visual da área coberta pelo mato pois poderá ocorrer casos de baixa densidade populacional com alto grau de cobertura vegetal. Não se deve esquecer que em última análise a competição pela água e por conseguinte, também, pelos nutrientes será determinada pela

evapotranspiração da superfície foliar exposta à radiação solar, razão pela qual o dado de área coberta pelo mato é de grande importância.

Em vista de certos problemas que esses métodos apresentam na prática, para avaliação do grau de controle de herbicidas e de sua fitotoxicidade em relação às culturas, o Comitê de Métodos do Conselho Europeu de Pesquisas sobre plantas daninhas (EWRC, 1964) propõe a seguinte escala de avaliação (quadro 13).

Quadro 13. Escala para avaliação dos efeitos dos herbicidas (Escala EWRC).

Índice	Efeito do herbicida	
	Controle de ervas	Fitotoxicidade à cultura
1	Total	Nula (igual à testemunha)
2	Muito bom	Muito leve
3	Bom	Leve
4	Suficiente	Sem influência na produção
5	Duvidoso	Média
6	Fraco	Quase forte
7	Mau	Forte
8	Muito mau	Muito forte
9	Nulo (igual à testemunha)	Total (destruição completa)

7. Classificação das plantas daninhas e estimativas matoflorísticas

7.1. Classificação

As plantas daninhas ou espécies de mato podem ser classificadas de diversos modos, segundo a maneira como são consideradas. Por essa razão existem classificações quanto ao local de ocorrência; quanto a duração do ciclo biológico; quanto ao habitus vegetativo, etc., etc...

Sob um ponto de vista agrônomico que visa o controle dessas plantas tem importância uma classificação que as reúna segundo os seus métodos de reprodução, seu ciclo biológico, sua dinâmica de crescimento. Assim, uma classificação agrônômica das plantas será aquela que as divide em:

- Plantas anuais;
- Plantas bianuais;
- Plantas perenes.

Plantas daninhas anuais são aquelas que completam o seu ciclo biológico em menos de um ano. Em geral esse ciclo é bem curto e algumas espécies são capazes de produzir diversas gerações durante um ano. Normalmente, essas espécies são consideradas de fácil controle. De certa forma isso é verdade porque essas espécies são mais sensíveis aos herbicidas. Porém, como são espécies que tem rápido crescimento e produzem grandes quantidades de frutos e sementes, muitos com dispositivos especiais de dispersão, e que apresentem o fenômeno de dormência, elas são muito persistentes e são aquelas que concorrem com os maiores custos em um programa de controle de plantas daninhas.

Em locais de clima frio costuma-se dividi-las em *anuais de verão* e *anuais de inverno*. Para nossas condições o que se tem observado é que certas espécies anuais são

presentes o ano todo em área de culturas, como por exemplo, o pincel (*Emilia sonchifolia*), a serralha (*Sonchus oleraceus*), o picão-preto (*Bidens pilosa*), o picão-branco (*Galinsoga parviflora*) o mentrasto (*Ageratum conyzoides*), etc., e outras tem o seu ciclo no período de primavera-verão, quando se dá o cultivo da maioria das plantas econômicas, sendo por essa razão as mais problemáticas.

Exemplo: a maioria das gramíneas anuais (veja lista no item 7.3).

Plantas daninhas bianuais são espécies que vivem mais que um ano porém não chegam a completar dois anos. No primeiro ano de vida apresentam crescimento vegetativo, florescendo e frutificando e morrendo no segundo ano. Ex: Rubim (*Leonorum sibiricus*). Como o florescimento é dependente do fotoperíodo, em certas condições ambientais algumas espécies podem ora se comportarem como anual ora como bianual. Exemplos: flor-das-almas (*Senecio brasiliensis*); carrapichão (*Xanthium cavanillesii*).

Plantas daninhas perenes são espécie que vivem mais que 2 anos e podem viver quase que indefinidamente. A maioria se reproduz por sementes e muitas apresentam multiplicação vegetativa. Por isso elas são classificadas em:

- Perenes com reprodução simples;
- Perenes com reprodução múltipla.

Plantas daninhas perenes com reprodução simples. Espécies perenes que se reproduzem, em condições naturais, exclusivamente por sementes. Exemplo: guaxumas (*Sida* spp), Urena lobata (guaxuma-roxa), etc...

Plantas perenes com reprodução múltipla. As plantas desse grupo não tem o seu processo de reprodução restrito à produção de sementes, apresentando também multiplicação vegetativa. Em certas espécies a multiplicação vegetativa torna-se o meio predominante de disseminação. Exemplos: grama-seda (*Cynodon dactylon*), capim maçambará (*Sorghum halepense*) e muitas espécies gramíneas de ciclo perene (veja exemplos no item 7.3); tiririca (*Cyperus rotundus*), algumas espécies da família Commelinaceae; trevos (*Oxalis* spp), etc., Entre as plantas daninhas dessa categoria encontram-se as espécies - problemas de erradicação mais difícil.

Convém ressaltar que conforme as condições climáticas da região uma espécies poderá modificar o seu ciclo biológico. Por essa razão nas listas apresentadas no ítem 7.3., algumas espécies tem o seu ciclo apresentado como "anual ou perene".

7.2. Estimativas Matoflorísticas

O conhecimento da flora infestante de uma dada região e uma dada cultura é muito importante. A parte da Botânica que se ocupa em descrever e agrupar as plantas é a Taxonomia. Entretanto a taxonomia tradicional, baseada na organografia da flor, descuida com freqüência dos aspectos vegetativos, ocorrendo muitas vezes o caso da impossibilidade de identificação de uma espécie antófita, por falta de órgãos florais. Em se tratando de plantas daninhas, esse fato tem importância já que, em geral, o controle do mato é mais eficiente e econômico nas primeiras fases do desenvolvimento da espécie. Por essa razão é de grande interesse a identificação da espécie ou variedade em todas as fases do seu desenvolvimento vegetativo, o que seria motivo de uma taxonomia agrônômica.

Os dados existentes sobre a flora daninha de áreas ocupadas pela agricultura no Brasil são relativamente poucos, insatisfatórios e contraditórios. Pode-se citar alguns exemplos: *DE MARINIS (1971)* compilando as diversas listas existentes chega à conclusão que ocorrem no Brasil, cerca de 1.100 espécies infestantes de culturas das quais excepto algumas Pteridófitas. 850 são dicotiledôneas e 250 monocotiledôneas; *LEITÃO F^o et alii (1972)* relatam que uma relação das principais espécies daninhas no Brasil deverá alcançar um número próximo a 330 espécies. Mais recentemente *BLANCO (1975, 1975, 1976, 1976, 1977)* catalogando as espécies citadas, por diversos autores, como daninhas para o Brasil, apresenta a seguinte situação para as famílias até então estudadas:

Família *Gramíneae*: Estimativa: 130 espécies
Relatadas: 26 espécies de ciclo anual
54 espécies de ciclo perene
Família *Compositae*: 125 espécies
Família *Leguminosae*: 143 espécies
Família *Solanaceae*: 59 espécies
Família *Malvaceae*: 58 espécies

Esses dados mostram que somente pertencentes as famílias *Gramínea*, *Compositae*, *Leguminosae*, *Solanaceae* e *Malvaceae*, que são as mais ricas em espécies daninhas, no Brasil, tem-se um total de 517 espécies.

Trabalhando com o mesmo objetivo *DE MARINIS (1976)* apresenta 43 espécies da família *Rubiaceae* e 128 espécies leguminosas (*DE MARINIS, 1975*).

Por essa situação percebe-se que o problema de listagens de plantas daninhas ainda não está resolvido de modo satisfatório. Há necessidade de trabalhos de descrição de plantas daninhas, com boas fotografias coloridas (planta adulta e plântulas) e com um texto que inclua o "habitus" vegetativo, o ciclo biológico, os métodos de reprodução, os locais de ocorrência e distribuição geográfica, e uma descrição sucinta das características morfológicas da planta fáceis de serem percebidas por qualquer técnico ou mesmo um agricultor, como por exemplo, se a planta é trepadeira, rasteira, erecta, etc., a cor e forma das folhas, a cor das flores, etc.. Nesse texto deve ser evitada a terminologia essencialmente botânico, como por exemplo, folha hastata, ovário ínfero, páleas naviculares, hipocótilo seríceo-pilosos e, não obstante o seu imenso valor, o seu uso é bem restrito para aqueles que precisam conhecer a planta para fins de controle.

7.3. Listas das espécies de mato mais importantes no Brasil das famílias *Gramíneae*, *Compositae*, *Malvaceae*, *Leguminosae* e *Solanaceae*

Procurando trazer contribuição para um melhor conhecimento das espécies de plantas daninhas à agricultura no Brasil *BLANCO* desde 1975 vem divulgando um trabalho com a denominação geral de "Catálogo das espécies de mato infestantes de áreas cultivadas no Brasil", publicado por família botânica, na revista "O Biológico". Coerente com tudo aquilo que foi dito no item 7.2., esse trabalho visa fornecer informações que ajudem o controle dessas plantas. Infelizmente, por dificuldades financeiras compreensíveis, os dados não são acompanhados por fotografias o que facilitaria o reconhecimento das espécies. Já foram publicadas as listas das famílias *Gramíneae* (dividida segundo o ciclo em anuais e perenes), *Compositae*, *Malvaceae*, *Leguminosae* e *Solanaceae*, as duas últimas ainda, no

prelo. A partir da família *Compositae*, o trabalho tem divulgado, também, os herbicidas que controlam as espécies.

Quadro 14. As mais importantes gramíneas de ciclo anual consideradas como plantas daninhas no Brasil segundo *BLANCO (1975)*, com seus nomes em português e locais de ocorrência. São todas espécies herbáceas e se reproduzem por sementes.

Espécie botânica	Nomes em Português	Culturas e locais de ocorrência
<u>Brachiaria plantaginea</u> (Link) Hitch. (*)	capim-marmelada marmelada papuã milhã-branca grama-paulista capim-de-São-Paulo capim-doce capim-guatemalaa	alfafa, algodão, amendoim, arroz, banana, batatinha, café, cana-de-açúcar, chá, citrus, feijão, hortaliças, mandioca, milho e soja. Muito abundante.
<u>Cenchrus echinatus</u> L.	capim-carrapicho carrapicho arroz-bravo arroz-do-diabo arroz-de-bugre capim-roseta arroz-agarrado capim-amoroso capim-das-praias carrapicho-da-praia trigo-bravo	algodão, amendoim, café, citrus, feijão, mandioca, milho e soja. Muito abundante.
<u>Chloris pycnothrix</u> Trin.	falso-capim-pé-de-galinha capim-cebola graminha-de-campinas grama-azul	beiras de estradas e terrenos baldios. Freqüente.
<u>Dactyloctenium aegyptium</u> (L) Beauv.	mão-de-sapo capim-calandrini capim-mimoso-do-Piauí grama-do-Pará pé-de-galinha-do-Ceará pé-de-galinha-verdadeiro grama pé-de-papagaio	Citrus e mandioca. Freqüente.

Espécie botânica	Nomes em Português	Culturas e locais de ocorrência
<u>Digitaria horizontalis</u> Willd.	capim-colchão capim-colchão-miúdo papuã capim-carrapicho capim-de-roça capim-das-hortas capim-pé-de-papagaio capim-tingá	algodão, arroz, cana-de-açúcar, citrus, mandioca e milho. Muito abundante.
<u>Digitaria sanguinalis</u> (L) Scop.	capim-colchão capim-de-colchão capim-miúdo capim-milhã milhã capim-pé-de-galinha capim-papagaio capim-sanguinário capim-de-roça-verdadeiro capim-taguari	algodão, amendoim, arroz, batatinha, café, cana-de-açúcar, chá, citrus, feijão, girassol, hortaliças, mandioca, milho, pomares, soja, trigo e tomate. Muito abundante.
<u>Echinochloa colonum</u> (L) Link.	capitua capim-arroz capim-colônia capim-de-colônia capim-jaú capim-carrapicho canevão inço-do-arroz	amendoim, arroz, mandioca. Muito abundante.
<u>Echinochloa crusgalli</u> (L)	capim-da-colônia capim-arroz capitua capim-jaú barbudinho inço-do-arroz capim-capivara crista-de-galo capim-pé-de-galinha	algodão, amendoim e arroz, Muito abundante.

Espécie botânica	Nomes em Português	Culturas e locais de ocorrência
<u>Echinochloa cruspavonis</u> (H.B.K.) Schult.	capituva capim-jáú capim-da-colônia capim-arroz camarão inço-do-arroz capim-canevão-do-banhado capim-pavão capim-pé-de-galinha	algodão, amendoim e arroz. Muito abundante.
<u>Eleusine indica</u> (L) Gaertn.	capim-pé-de-galinha pé-de-galinha capim-da-cidade grama-sapo pé-de-papagaio	algodão, batatinha, cacau, café, cana-de-açúcar, citrus, feijão, girassol, hortaliças, mandioca, milho, soja, trigo e silvicultura. Beiras de estradas, ruas das cidades, perto das habitações. Muito abundante.
<u>Eragrostis ciliaris</u> (L) R. Br.	capim-de-rola capim-pelo-de-rato capim-barbicho capim-mimoso capim-fino mão-de-sapo capim-favorito capim-penacho capim-bosta-de-rola	Banana e citrus. Freqüente.
<u>Eragrostis pilosa</u> (L) Beauv. (*)	capim-barbicha-de-alemão barbicha-de-alemão capim-mimoso capim-orvalho capim-panasco	Algodão, café e silvicultura. Campos e capoeiras. Freqüente.
<u>Ischaemum rugosum</u> Salisb.	capim-macho	arroz. Pouco freqüente.
<u>Melinis minutiflora</u> Beauv.	capim-gordura catingueiro capim-roxo capim-melado capim-gordura-roxo capim-gordura-branco capim-de-cheiro	Café, cana-de-açúcar, citrus, milho, morango. Muito abundante

Espécie botânica	Nomes em Português	Culturas e locais de ocorrência
<u>Oryza sativa</u> L.	arroz-vermelho arroz-macho arroz-preto	arroz. Frequente.
<u>Rhynchelitrum roseum</u> (Nees) Stapf et Hubb (*)	capim-favorito favorito capim-gafanhoto capim-natal capim-molambo capim-de-tenerife	alfafa, café, cana-de-açúcar, citrus, milho e soja. Muito abundante.
<u>Rottboelia exaltata</u> L.f.	caminhadora	aveia, arroz, batata, cebola, ervilha, feijão, hortaliças, milho, morango, pomares, soja, tomate. Frequente.
<u>Setaria geniculata</u> (Lam.) Beauv.	capim-rabo-de-raposa capim-rabo-de-rato capim-rabo-de-gato capim-rabo-de-cachorro capim-penasco-de-tabuleiro bambuzinho	Aveia, arroz, batata, café, cebola, feijão, hortaliças, milho, pomares, soja, tomate, Muito abundante.
<u>Setaria lutescens</u> (Weigel) Hubb.	capim-rabo-de-raposa capim-tingá	solos cultivados e terrenos baldios. Frequente.
<u>Setaria vericillata</u> (L.) Beauv.	capim-rabo-de-raposa falso-carrapicho milhã capim-grama capituva capim-milhã-branca capitinga capim-de-cabra	solos cultivados, margens de estradas e terrenos baldios. Pouco frequentes.
<u>Setaria viridis</u> Beauv.	capim-verde rabo-de-raposa	solos cultivados, terrenos baldios. Frequente.
<u>Sporobolus indicus</u> (L) R. Br.	capim-moirão capim-capeta capim-cortisia	áreas de cerrado e silvicultura. Pouco frequente.
<u>Sporobolus poiretii</u> (Roem et Schultz)	capim-mourão capim-toicerinha	solo cultivados, terrenos baldios. Pouco frequente.

Quadro 15. As mais importantes gramíneas de ciclo perene consideradas como plantas daninhas no Brasil segundo *BLANCO (1975)*, com seus nomes em português e locais de ocorrência e modos de reprodução.

Espécie botânica	Nomes em Português	Culturas e modo de reprodução
<u>Andropogon bicornis</u> L.	capim-peba capim-rabo-de-raposa capim-vassoura capim-de-bezerro capim-rabo-de-burro capim-d'água capim-rabo-de-boi cola-de-sorro-grande	ocorrência: pastos, beiras de estradas, solos de baixa fertilidade. Freqüente reprodução: sementes e rizomas
<u>Aristida pallens</u> Cav.	capim-barba-de-bode barba-de-bode capim-de-bode barba-de-bode-comum	ocorrência: pastos, silvicultura, solos de baixa fertilidade. Muito abundante. reprodução: sementes e rizomas
<u>Brachiaria purpurascens</u> Henr.	capim-Angola capim-de-planta capim-do-Pará capim-fino capim-de-Angola capim-de-cavalo capim-de-horta capim-colônia capim-branco capim-de-lastro capim-de-corte bengo capim-Rio-de-Janeiro capim-das-ilhas	ocorrência: solos de cultura e principalmente em solos de várzea. Freqüente. reprodução: sementes, rizomas e estolões
<u>Chloris gayana</u> Kunth.	capim-de-rodas capim-de-Rhodes cloris	ocorrência: silvicultura, solos reprodução: sementes, rizomas e estolões

<u>Espécie botânica</u>	<u>Nomes em Português</u>	<u>Culturas e modo de reprodução</u>
<u>Cynodon dactylon</u> (L.) Pers.	grama-seda capim-de-burro grama-de-burro capim-da-Bermuda capim-Bermuda grama graminha graminha-campista grama-barbante capim-da-cidade erva-das-Bermudas grama-seca grama-rasteira mate-me-embora grama-de-São Paulo	ocorrência: cultura de café, silvicultura, solos de cultura, pastos e beiras de estrada. Muito abundante. reprodução: sementes, rizomas e estolões
<u>Hyparrhenia rufa</u> (Ness.) Stapf.	capim-jaraguá jaraguá capim-provisório sapé-gigante capim-vermelho	ocorrência: solos de cultura com boa umidade. Muito abundante. reprodução: sementes
<u>Imperata brasiliensis</u> Trin.	sapé capim-sapé capim-agreste capim-massapé	ocorrência: terrenos de cultura esgotados. Muito abundante. reprodução: rizomas
<u>Laersia hexandra</u> Swartz.	grama-branca arroz-bravo andrequicé capim-arroz grama-de-brejo lambe-lambe arroz-da-Guiana capim-peripomango capim-cenéuáua boiadeira boeiro	ocorrência: cultura de arroz, solos de várzea. Freqüente. reprodução: sementes e rizomas
<u>Lolium multiflorum</u> Lam.	azevem-italiano azevem orêncio	ocorrência: culturas de aveia, batata, cebola, ervilha, feijão, hortaliças, milho, morango, pomares, soja, tomate, trigo. Freqüente. reprodução: sementes.

Espécie botânica	Nomes em Português	Culturas e modo de reprodução
<u>Panicum maximum</u> Jacq.	capim-colonião capim-da-colônia capim-Guiné murumbu capim-elefante capim-sempre-verde capim-colônia cabula-bula colonião-de-búfalo colonião-de-Tanganica	ocorrência: terras de cultura, beiras estrada. Muito abundante. reprodução: sementes e rizomas
<u>Paspalum conjugatum</u> Berg.	capim-forquilha capim-gordo capim-marreca grama grama-das-roças grama-tê capim-papuã	ocorrência: culturas de café, pastos e terrenos de culturas em geral. Freqüente. reprodução: semente, rizomas e estolões
<u>Paspalum dilatatum</u> Poir.	capim-das-roças grama-das-roças capim-comprido grama-comprida grama-das-baixadas capim-da-Austrália grama-de-Sananduva capim-melado pasto-mel	ocorrência: solos de cultura. Pouco freqüente. reprodução: sementes e rizomas.
<u>Paspalum mandiocanum</u> Trin.	capim-Macaé grama-de-Marajó grama-de-Pernambuco grama-de-Macaé	ocorrência: cultura de café, beiras de estradas, pastos, pomares e terrenos de cultura em geral. Pouco freqüente. reprodução: sementes, rizomas e estolões.
<u>Paspalum maritimum</u> Trin.	grama-Pernambuco capim-jaguaré capim-gengibre	ocorrência: terrenos de baixa fertilidade. Freqüente. reprodução: sementes, rizomas e estolões

Espécie botânica	Nomes em Português	Culturas e modo de reprodução
<u>Paspalum notatum</u> Flügge.	grama-Batatais capim-Batatais capim-Bahia capim-de-pasto graminha-nativa grama-forquilha grama-do-Rio-Grande capim-forquilha grama-cuiabana grama-forquilha-comum grama-do-Mato-Grosso	ocorrência: solos de cultura, pastos, beiras de estradas. Muito abundante. reprodução: sementes e rizomas
<u>Paspalum paniculatum</u> L.	grama-touceira capim-amargoso	ocorrência: cultura de café, terrenos de cultura abandonados. Freqüente. Reprodução: sementes e rizomas.
<u>Paspalum plicatum</u> Michx.	capim-cuiabano capim-membeca capim-colchão capim-coqueirinho capim-mimoso	ocorrência: culturas de aveia, batatinha, cebola, ervilha, feijão, hortícolas, milho, morango, pomares, soja, tomate, beiras de estrads e solos de várzea. Freqüente. reprodução: sementes e rizomas
<u>Paspalum urvillei</u> Steud.	capim-da-roça milha-grande capim-milhão-grande capim-das-roças	ocorrência: culturas de aveia, batatinha, cebola, feijão, hortaliças, milho, pastos, pomares, soja, tomate, terrenos de cultura em geral. Pouco freqüente. reprodução: sementes, rizomas e estolões
<u>Pennisetum clandestinum</u> Hochst & Chiov.	capim-kikuyo capim-quicuiu	ocorrência: cultura de café pastos terrenos de cultura em geral e silvicultura. Freqüente. Reprodução: sementes, rizomas e estolões

Espécie botânica	Nomes em Português	Culturas e modo de reprodução
<u>Pennisetum setosum</u> (Swartz) L. Rich.	capim-oferecido capim-mandante capim-elefante capim-napier capim-elefante-brasileiro capim-rabo-de-macura capim-dos-mambiquaras	ocorrência: culturas de algodão, milho e soja e terrenos de cultura em geral. Freqüente. reprodução: sementes e rizomas
<u>Setaria poiretiana</u> (Schult.) Kunth.	capim-canoão capim-de-boi	ocorrência: “habitat” indefinido, terrenos baixos e úmidos. Pouco freqüente. reprodução: sementes e rizomas.
<u>Sorghum halepense</u> (L.) Pers.	capim-massambará capim-maçambará sorgo-de-alepo capim-argentino capim-alpinista capim-guedes	ocorrência: solos de cultura. Pouco freqüente. reprodução: sementes e rizomas.
<u>Trichacne insularis</u> (L.) Nees	capim-amargoso capim-açu capim-pororó milhete-gifante capim-flexa	ocorrência: cultura de café. Freqüente. reprodução: sementes e rizomas

Quadro 16. As mais importantes compostas consideradas como plantas daninhas no Brasil segundo *BLANCO (1976)*, com os respectivos habitus e ciclo vegetativo, seus nomes em português, distribuição e modo de reprodução.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, “habitat” e reprodução
<u><i>Acanthospermum australe</i></u> (Loef) O. Kuntze erva anual	carrapicho carrapichinho carrapicho-rasteiro carrapicho-de-carneiro espinho-de-carneiro amor-de-negro mata-pasto picão-de-praia cordão-de-sapo	Em todo o mundo. No Brasil em culturas de algodão, café, citros, milho, soja; terrenos abandonados. Muito abundante “Habitat”: desde área úmidas até regiões de cerrado. Sementes.
<u><i>Acanthospermum hispidum</i></u> DC erva anual	carrapicho-de-carneiro espinho-de-carneiro espinho-de-cigano espinho-de-agulha carrapicho-de-cigano carrapicho-rasteiro carrapicho-de-praia carrapicho-chifre-de-veado carrapicho benzinho retirante federação amor-de-negro juiz-de-paz mata-pasto cabeça-de-boi picão-da-praia camboeiro	Nas Américas. Em todo o Brasil a partir do Piauí em cultruas de algodão, amendoim, cana-de-açúcar, citrus, feijão, mandioca, milho, soja e pastagens. Muito abundante. “Habitat”: de preferência: solos férteis. Sementes
<u><i>Ageratum conyzoides</i></u> L. erva anual	mentrasto erva-de-São-João catinga-de-barão catinga-de-bode mentrasto-branco picão-branco picão-roxo maria-preta santa-luzia erva-de-São-João-brasileira	Nas regiões tropicais de América. Em quase todo o Brasil em áreas cultivada, culturas de algodão, cacau, café, citrus, milho, hortaliças; terrenos baldios; beiras de estradas; jardins e hortas. Muito abundante. Sementes e enraizamento do caule

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, “habitat” e reprodução
<u>Ambrósia polystachya</u> DC erva a arbusto perene	artemisia-brava cravo-da-roça cravorana salsa-do-campo losna-do-mato peitudo rabo-de-rojão	Em todo o mundo. No Brasil em áreas cultivadas; terrenos abandonados; capoeiras; beiras de estradas. Freqüente. Sementes e rizomas.
<u>Baccharis coridifolia</u> DC erva a subarbusto	mio-mio miu-miu vassourinha	No sul do Brasil, Uruguai, Paraguai, e nordeste da Argentina; principalmente em campos sujos. Freqüente. “Habitat” de preferência: locais secos
<u>Baccharis dracunculifolia</u> DC arbusto perene	vassourinha alecrim-do-campo vassourinha-cheirosa alecrim-do-mato	No estado de São Paulo, Rio de Janeiro e sul do Brasil, em capoeiras e áreas cultivadas. Freqüente. “Habitat” de preferência: solos arenosos e áridos.
<u>Baccharis myricaefolia</u> DC arbusto ou árvore perene	vassourinha	Em todo o Brasil meridional em capoeiras, pastagens, campos sujos, e terrenos de cultura abandonados ou maltratados. Pouco freqüente.
<u>Baccharis spicata</u> (Lam.) Baillon. arbusto	vassoura	No Rio Grande do Sul e Minas Gerais; Paraguai e Uruguai. No Brasil em capoeiras. Pouco freqüente.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, “habitat” e reprodução
<u>Bidens pilosa</u> L. erva anual	picão erva-picão picão-preto macela-do-campo carrapichinho-de-agulha carrapicho-de-duas-pontas fura-capa cuambu kuambri piolho-de-padre carrapicho picão-roxo coambi coambu espinho-de-coambu goambu picão-da-praia carrapicho-branco cosmos picão-de-campo pico-pico piolho-de-praia	Nas regiões tropicais em todo o mundo. No Brasil, no Pará, Piauí, Goiás, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul, em culturas de algodão, baatinha, café, cana-de-açúcar, cebola, chá, citrus, feijão, hortaliças, mandioca, milho, morango, pomares, soja, e em qualquer tipo de solo. Muito abundante. “Habitat” indiferente: planta de sol e sombra. Sementes.
<u>Chrysanthemum miconis</u> L.	malmequer mal-me-quer	Assinalada no Rio Grande do Sul em culturas de batatinha, cebola, ervilha, feijão, hortaliças, milho, morango, pomares, soja e tomate. Muito abundante.
<u>Eclipta alba</u> (L.) Hassk. erva anual	lanceta erva-lanceta erva-de-botão agrião-do-brejo cravo-branco cravo-bravo surucuina aurucuima erva-botão cadenaco tangaracá eclipta-branca	Em todas as regiões tropicais do mundo. No Brasil no Amazonas, Pará, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, em áreas de cultivo, cultura e de arroz, campos e pastagens. Frequente. “Habitat” de preferência: locais úmidos Sementes.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, “habitat” e reprodução
<u>Elephantopus</u> <u>molis</u> H.B.K. erva anual ou perene	fumo-bravo erva-de-colégio erva-grossa língua-de-vaca saçuaiá sassolá sassuaiá espinhosa barbaça	Na América tropical. No Brasil desde o Amazonas até o Rio Grande do Sul, em áreas cultivadas, áreas de cerrado, pastos e capoeiras. Freqüente. Sementes.
<u>Emilia sonchifolia</u> DC erva anual	pincel serralha serralhinha falsa-serralha serralha-mirim bela-emilia	Nas regiões tropicais. No Brasil no Pará, Maranhão, Pernambuco, Goiás, Rio de Janeiro, São Paulo, nas culturas de algodão, café, citros, mandioca, soja; terrenos abandonados. Muito abundante. Sementes.
<u>Enhydra sessilis</u> DC erva perene		Da Bahia até o Uruguai; principalmente em cultura de arroz irrigado. Freqüente
<u>Erechtites hieracifolia</u> (L.) erva anual	caruru caruru-amargo carurru-amargoso capiçoba capeçoba caperiçoba-vermelho erva-gorda caramuru	Na América Tropical e sub tropical. Em todo o Brasil na cultura de arroz, campos e terrenos abandonados. Freqüente. “Habitat” de preferência: várzea e lugares úmidos. Sementes.
<u>Erigeron bonariensis</u> L. erva anual	buva rabo-de-raposa cauda-de-raposa margaridinha-do-campo voadeira macela pega-pega	Em todo o mundo. No Brasil no Amazonas, Pará, Ceará, Goiás, Bahia, Minas Gerais, Santa Catarina, Rio de Janeiro, nas culturas de batatinha, café, chá, citrus, milho, hortaliças, pomares, soja e tomate, e terrenos abandonados. Freqüente. “Habitat” de preferência: solos argilosos. Semente.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, “habitat” e reprodução
<u>Galinsoga parviflora</u> Cav. erva anual	picão-branco fazendeiro botão-de-couro	Em todo o mundo. No Brasil nas culturas de algodão, amendoim, batatinha, café, cana-de-açúcar, cebola, feijão, hortaliças, milho, morango, pomares, soja. Muito abundante “Habitat” de preferência: solos féteis. Sementes e enraizamento do caule.
<u>Hypochoeris brasiliensis</u> Griseb erva anual ou perene	almeirão-do-brejo chicória-do-mato	No Paraguai, Uruguai, Argentina e no Brasil em Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, São Paulo, Santa Catarina em áreas cultivadas, culturas de café, campos e terrenos abandonados. Freqüente. “Habitat” de preferência: solos argilosos, úmidos e sombreados Sementes.
<u>Mikania bracteosa</u> DC. trepadeira		Em todo o Brasil meridional, desde São Paulo até o Rio Grande do Sul em culturas perenes como café, citros, etc; beiras de estradas, capoeiras. Freqüente.
<u>Mikania cordifolia</u> (L.f.) willd. arbusto trepadeira anual	cipó cipó-cabeludo guaco uaco erva-de-cobra erva-de-sapo coração-de-jesus	Na América tropical e subtropical. No Brasil assinalada do Amazonas até a Argentina em várzeas, áreas cultivadas, capoeiras e matas. Freqüente. Sementes.
<u>Mikania paniculata</u> DC. trepadeira		Assinalada no Rio de Janeiro e São Paulo em culturas perenes, matas e terrenos abandonados. Freqüente.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, “habitat” e reprodução
<u>Pterocaulon alopecuroides</u> (Lam.) DC erva anual o perene	cipó barbasco barbaço branqueja	Assinalada no Rio de Janeiro e São Paulo, em áreas cultivadas de baixa fertilidade. Freqüente. Sementes.
<u>Senecio brasiliensis</u> Less. erva anual ou perene	flor-das-almas flor-dos-defuntos flor-de-cemitério cravo-do-campo craveiro-do-campo erva-lanceta vassoura-mole maria-mole tasneirinha malmequer-amarelo catião	Desde Minas Gerais até o Uruguai. No Brasil na cultura de cana-de-açúcar; campos sujos, pastagens e lavouras abandonadas. Freqüente. “Habitat” de preferência: regiões montanhosas e de clima temperado. Sementes.
<u>Senecio oligophyllus</u> Baker.		Assinalada no Rio Grande do Sul, nas culturas de batatinha, cebola, ervilha, feijão, hortaliças, milho, morango, pomares, soja e tomate. Freqüente.
<u>Silybum marianum</u> (L.) Gaertn. anual ou bianual	cardo-asnal cardo-de-maria	Assinalada no Rio Grande do Sul em pastagens cultivadas. Pouco freqüente. “Habitat” de preferência: solos férteis.
<u>Solidago microglossa</u> DC erva anual ou perene	lanceta erva-lanceta espiga-de-couro arnica arnica-do-Brasil sapé-macho	Nas regiões quentes e temperadas de quase todo o mundo. No Brasil em Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás, Rio Grande do Sul, Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo, em áreas cultivadas, culturas de batatinha, café, hortaliças, milho, pomares, soja, tomate e trigo e campos; terrenos abandonados e beiras de estrada. Freqüente. “Habitat” de preferência: solos esgotados e áridos. Sementes e estolões

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, “habitat” e reprodução
<u>Sonchus oleraceous</u> L. erva anual	serralha serralheira chicória-brava serralha-brava alcachofra	Em todas as regiões quentes e temperadas de todo o mundo. No Brasil em áreas cultivadas principalmente com cana-de-açúcar, café, hortaliças e em terrenos abandonados no Esp. Santo, M. Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Pouco freqüente. “Habitat” de preferência: solos argilosos e úmidos Sementes.
<u>Spilanthus acmella</u> L. erva anual	mastruço agrião-do-pará agrião-do-Brasil agrião-da-mata agriãozinho pimenta-do-mato pimenteira-do-pará pimenta-d’água jambu jambu-rana jambu-açu abecedária	Nas regiões tropicais. No Brasil do Amazonas a São Paulo em áreas cultivadas e terrenos abandonados; solos arenosos e ácidos. Freqüente. “Habitat” de preferência: solos de várzea e úmidos. Sementes.
<u>Spilanthus stolonifera</u> DC. erva		No Brasil meridional, Uruguai e nordeste da Argentina. No Brasil em áreas cultivadas. Pouco freqüente. “Habitat” de preferência: lugares úmidos
<u>Synedrellopsis grisebachii</u> Hieron et Kuntz erva perene	agriãozinho	Assinalada em São Paulo, em pastagens. Freqüente. Sementes, rizomas e enraizamento de caule

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, “habitat” e reprodução
<u>Tapetes minuta</u> L. erva anual	coari-bravo rabo-de-rojão cabo-de-rojão rabo-de-foguete erva-fedorenta alfinete-do-mato cravo-de-defunto-miúdo cravo-de-defunto-do-mato cravinho-de-defunto cravo-de-urubu cravo-bravo cravo-do-mato coari coará coaró coaró-bravo voadeira rojão	Na América do Sul, sul dos Estados Unidos e em todo o Brasil em áreas cultivadas e campos abertos. Freqüente.
<u>Taraxacum officinale</u> Weber. erva anual ou perene	dente-de-leão taraxaco	Em todo o mundo; no Brasil em áreas e terrenos abandonados. Pouco freqüente. “Habitat” de preferência: solos férteis, sombreados e úmidos.
<u>Vernonia ferruginea</u> Less. arbusto a árvore perene	Assa-peixe	Assinalada em São Paulo em áreas de cerrado e solos de baixa fertilidade. Freqüente. Sementes.
<u>Vernonia polyanthes</u> Less arbusto a árvore perene	assa-peixe cambará-guaçú cambará-branco	No Brasil da Bahia até São Paulo, em capoeira, pastos, beiras de estradas e solos de baixa fertilidade. Freqüente. Sementes
<u>Vernonia puberula</u> Less. arbusto a árvore	cambará-de-branco	Em Minas gerais, Rio de Janeiro, S. Paulo, em áreas de campos. Freqüente. Sementes.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, “habitat” e reprodução
<u>Vernonia scorpioides</u> (Lam) Pers. arbusto perene	enxuga erva-preá noqueira	Em toda a América tropical e subtropical até o delta do Paraná. Em quase todo o Brasil principalmente no litoral. Freqüente. “Habitat” de preferência: lugares sombreados e úmidos. Sementes.
<u>Xanthium cavanillesii</u> Schouw. sub-lenhosa anual	carrapichão carrapicho-do-grande carrapicho-de-carneiro-grande carrapicho-de-carneiro espinho-de-carneiro	Em todo o mundo. No Brasil em áreas cultivadas, terrenos abandonados e pastos. Freqüente. Sementes
<u>Xanthium spinosum</u> L. erva anual	carrapichão espinho-de-carneiro carrapicho-de-carneiro carrapicho-de-santa-helena	Em todo o mundo. No Brasil em áreas cultivadas, culturas de arroz, cana-de-açúcar, milho, pastos e terrenos abandonados. Freqüente. Sementes

Quadro 17. As mais importantes malváceas consideradas como plantas daninhas no Brasil segundo *BLANCO (1976)*, com os seus nomes em português, habitus e ciclo vegetativo, distribuição, ocorrência e modos de reprodução.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Malvastrum coronandelianum</u> Garcke subarbusto anual	(L) guanxuma guaxima vassourinha malvastro falsa-guaxuma	Assinalada na Bahia, M. Gerais, S. Paulo e rio Grande do Sul e solos de cultura e pastos, beiras de estradas e terrenos abandonados. Prefere solos arenosos e secos. Também no Paraguai e Argentina. Muito abundante. Sementes
<u>Sida acuta</u> Burm. erva anual	var. relógio	Em áreas cultivadas. Frequente.
<u>Sida carpinifolia</u> Monteiro subarbusto perene	L. f. guanxuma H. guaxima vassoura L. f. guanxuma-branca H. vassourinha malva-branca relógio tupitixá tupixá tupichá zanzo	Cosmopolita tropical e subtropical. No Brasil no Ceará, Pernambuco, Goiás, M. Gerais, Rio de Janeiro, S. Paulo e Rio Grande do Sul em culturas de algodão, café e citros, terrenos cultivados em geral, pastos e terrenos abandonados. Prefere solos arenosos e sombreados. Assinalada, também na Argentina, Paraguai e Peru. Muito abundante Sementes
<u>Sida cordifolia</u> L. subarbusto perene	guanxuma guaxima guanxuma-branca vassoura vassourinha vassourinha-alegre malva-branca malva-veludo malva	Cosmopolita tropical. No Brasil assinalada em S. Paulo, M. Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, em cultura de algodão e citros terras cultivadas em geral, pastos e terrenos abandoandos. Prefere solos arenosos e secos. Encontrada também no Uruguai e Argentina. Muito abundante. Sementes

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Sida glaziovii</u> K. Schum. Subarbusto Perene	guanxuma-branca	No Brasil central e meridional em cultura de café e em todos tipos de solo, exceção daqueles com excesso de umidade. Freqüente. Sementes.
<u>Sida linifolia</u> Cav. erva anual	guanxuma guaxima guaxuma guaxuma-fina guaxima-miúda malva-vassoura malva-língua-de-tucano malva-de-folha-estreita vassoura	Na América do Sul. No Brasil assinalada no Amazonas, Ceará, Bahia, Goiás, Rio de Janeiro, M. Gerais, S. Paulo e Paraná em solos de cultura, principalmente arenosos terrenos abandonados. Freqüente. Sementes.
<u>Sida rhombifolia</u> L. var. <u>canariensis</u> (Willd) Griseb. subarbusto perene	guanxuma guaxuma guaxima vassoura vassourinha vassoura-de-relógio relógio relógio-tupitixá altéa-bastarda tipiticha tipitixá malva malva-preta zanzo	Cosmopolita tropical. No Brasil assinalada no Pará, Ceará, Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro, M. Gerais, S. Paulo, Rio Gde. do Sul, em cultura de algodão, arroz, batatinha, café, citros, hortaliças, milho, pomares, soja, tomate, pastos, beiras de estradas, terrenos abandonados, terrenos cultivados em geral, principalmente os arenosos, ácidos e ensolarados. Na América do Sul na Argentina, Colômbia, Uruguai e Peru. Muito abundante Sementes.
<u>Sida rhombifolia</u> L. var. <u>rhombifolia</u> subarbusto perene	guanxuma guaxuma guaxima vassourinha erva-do-chá	Assinalada em São Paulo em solos de cultura, principalmente arenosos, ácidos e ensolarados. Freqüente. Sementes.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Sida spinosa</u> L. subarbusto perene	guanxuma guaxuma guaxima malva-lanceta malva zunzo	Assinalada em São Paulo, em solos de cultura, principalmente arenosos; terrenos de várzea. Também encontrada no Uruguai e Argentina. Freqüente. Sementes.
<u>Sida spinosa</u> L. var. <u>angustifolia</u> Gris. subarbusto perene	guanxuma guaxuma guaxima	Assinalada no Ceará e S. Paulo em solos de cutura principalmente arenosos e secos. Freqüente. Sementes.
<u>Urea lobata</u> L. subarbusto perene	guanxuma-roxa guaxima-roxa guaxima-aguaxima guaxima-macho guaxima-cor-de-rosa guaximba, guaxiuba malva-roxa malva-rosa malva-roxa-recortada malva-de-embira malvaíscos malvaíscos-cor-de-rosa uacima, uancima uacima-roxa carrapicho carrapicho-do-mato carrapicho-de-cavalo carrapicho-de-lavadeira	Cosmopolita tropical. No Brasil assinalada no Amazonas, Pará, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia, M. Gerais, Rio de Janeiro, S. Paulo, Santa Catarina e rio Grande do Sul em culturas de algodão, milho e solos cultivados em geral, principalmente os arenosos; terrenos abandonados; terrenos de baixada, beiras de estradas. Assinalada também na Argentina e Paraguai. Muito abundante. Semente

Quadro 18. As mais importantes leguminosas consideradas como plantas daninhas no Brasil segundo *BLANCO (1977, no prelo)*, com seus nomes em português, habitus e ciclo vegetativo, distribuição, ocorrência e reprodução.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Acácia bonariensis</u> Gill arbusto a árvore perene	unha-de-gato arranha-gato	No Sul do Brasil em áreas florestadas, campos e associações secundárias; assinalada em São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Na América do Sul na Argentina e Paraguai.
<u>Acácia farnesiana</u> (L.) Willd. arbusto perene	espinilho coronha esponjeira aromas nhanduvai nhandubai nhanduvá coroa-de-cristo coronacris	Cosmopolita tropical e subtropical. No Brasil assinalada no Pará, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Mato Grosso, M. Gerais, S. Paulo, Paraná, e Rio Grande do Sul; em campos e pastagens sujas; é considerada, também, ornamental. Sementes.
<u>Acácia plumosa</u> Lowe arbusto perene	unha-de-gato arranha-gato	Assinalada em Minas Gerais, Rio de Janeiro e S. Paulo, em baixadas úmidas solos de várzea, beiras de matas e pastos, onde ocorre de modo “frenquente” “Espécies-problema” em pastagens. Sementes.
<u>Aeschynomene hispidula</u> H.B.K. erva a arbusto anual	carrapicho	Na América tropical. No Brasil do Ceará ao Rio de Janeiro, M. Gerais, Mato Grosso; em cultura de algodão, cana-de-açúcar; prefere solos úmidos, ocorre de modo freqüente.
<u>Aescynomene selloi</u> Vog. arbusto perene	sensitiva paricá rolha-de-garrafa	No Brasil do Rio de Janeiro, S. Paulo e Paraná até o Rio G. do Sul; prefere solos úmidos, de várzea; assinalada em cultura de arroz irrigado em S. Paulo, onde é muito abundante.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Andira humilis</u> Mart. ex Benth. arbusto perene	mata-barata angelim-rasteiro angelim-do-campo	Assinalada no Planalto Central brasileiro, M. Gerais e S. Paulo, em formação de cerrados e pastagens. Prefere solos de baixa fertilidade. “Espécie problema em pastagens.
<u>Calopogonium muconoides</u> Desv. erva volúvel anual ou perene	enxada-verde falso-oró jequitirana jiquitirana catinga-de-macaco-falsa calapogonio	Da América Central até M. Gerais, Piauí, Pernambuco, Bahia e Rio de Janeiro; em áreas cultivadas, cultura de cana-de-açúcar, campos. Freqüente.
<u>Cássia flexuosa</u> L. erva a subarbusto perene	fedegoso-de-folha-miúda mata-pasto	Da América Central e Cuba até o Uruguai, principalmente nas regiões subtropicais. No Brasil assinalada em São Paulo, Paraná e rio Grande do Sul; em cultura de café, cerrados, áreas cultivadas, terrenos baldios; terras baixas, costa marinha, em solos arenosos, secos e ácidos. Frquente.
<u>Cássia occidentalis</u> L. subarbusto a arbusto anual ou perene	fedegoso fedegoso-verdadeiro fedegoso-para-café café-do-paraguai café-chimarrão café-do-goso café-negro mata-pasto matapasto mangerioba magerioba lava-pratos tararucu taperibá taperiguá folha-de-pajé mamangá pajamarioba panamarioba maioba ibixuma	Sementes. Cosmopolita tropical. No Brasil assinalada no Amazonas, Pará, Pernambuco, Paraíba, Bahia, M. Gerais, Mato Grosso, Rio de Janeiro, S. Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul; em áreas cultivadas, culturas de algodão, cana-de-açúcar, citros, soja e outras culturas, cerrados, terrenos baldios; pastos, solos de várzea. Prefere solos argilosos. Na América Central, na Argentina e Peru. “Muito abundante”. Sementes.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Cassia patellaria</u> DC. erva a subarbusto perene	cassia falsa-dormideira falsa-sensitiva matapasto	Das Guianas e Colômbia até Argentina e Uruguai. No Brasil assinalada em Pernambuco, Bahia, M. Gerais, Rio de Janeiro, S. Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul; em cana-de-açúcar, citros, sorgo, campos sujos e pastos. Prefere solos arenosos secos e ácidos. Freqüente. Sementes.
<u>Cassia rotundifolia</u> Pers. erva a subarbusto anual ou perene	erva-coração erva-de-coração alfafa-nativa acácia-rasteira pasto-rasteiro matapasto fedegoso	Da América Central para baixo até o Uruguai. No Brasil assinalada no Piauí, Pernambuco, Bahia, Goiás, M. Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul; em áreas cultivadas, pastos, campos, cerrados, cultura de cana-de-açúcar, terrenos baldios, beiras de estradas; prefere solos arenosos, ácidos e secos. Também no Paraguai e Argentina. Freqüente. Sementes.
<u>Cassia tora</u> L. erva a subarbusto anual ou perene	fedegoso fedegoso-branco mata-pasto matapasto matapasto liso	Cosmopolita tropical e subtropical. Em toda a América Central. No Brasil assinalada no Amazonas, Paraíba, Pernambuco, Goiás, Bahia, M. Gerais, Rio de Janeiro, S. Paulo, Paraná; em áreas cultivadas, cultura de algodão, café, cana-de-açúcar, soja, pastagens, terrenos bladios; prefere solos argilosos. Freqüente. Sementes
<u>Centrosema brasilianum</u> (L.) Benth erva volúvel perene	feijão-bravo cunhã jequiririrana jequitirana	Do Amazonas até S. Paulo; assinalada no Piauí, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Mato Grosso, Goiás, M. Gerais; em cultura de cana de açúcar, áreas cultivadas, terrenos bladios. Frequente

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Crotalaria incana</u> L. erva anual	cascaveira chique-chique xique-xique guiso-de-cascavel guiseiro jurupaqui manduvira feijão-de-boi gergelim-bravo purupaqui	Cosmopolita tropical. No Brasil assinalada no nordeste, Pernambuco, Bahia, M. Gerais, Rio de Janeiro, S. Paulo e Paraná; em áreas cultivadas, cultura de algodão, cana-de-açúcar, em capoeiras, onde é muito abundante. Em áreas cultivadas é “ocasional”. Sementes.
<u>Crotalaria lanceolata</u> E. Mey erva anual	crotalaria guiso-de-cascavel chocalho-de-cascavel chocalho	Assinalada em São Paulo em áreas cultivadas e no Paraná em pastagens, terrenos não cultivados e beiras de estradas. Freqüente. Sementes.
<u>Crotalaria mucronata</u> Desv. erva a subarbusto anual	crotalária guiso-de-cascavel chocalho-de-cascavel chocalho cascaveleira xiquexique xique-xuque chique-chique maracá gergelim-bravo	Cosmopolita tropical. No Brasil assinalada no Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, em áreas cultivadas, culturas de cana-de-açúcar, terrenos baldios, pastagens, beiras de estrada. América central. Freqüente. Sementes.
<u>Crotalaria stipularia</u> Desv. erva anual ou perene	xique-xique chique-chique gergelim-bravo guiso-de-cascavel feijão-de-guisos cascavelo manduvira	Das Guianas até o norte da Argentina. No Brasil assinalada no Pará, Ceará, Pernambuco, M. Grosso, M. Gerais, Rio e Janeiro, S. Paulo e rio Grande do Sul; em áreas cultivadas, cultura de cana-de-açúcar, campos altos, secos e sujos. Freqüente.
<u>Desmanthus virgatus</u> (L.) Willd. erva a arbusto	dormideira anil-de-bode anis	Dos Estados Unidos até o Uruguai e Argentina. No Brasil assinalada no Ceará, Pernambuco, Rio de Janeiro, S. Paulo e Rio Grande do Sul; em áreas cultivadas, cultura de cana-de-açúcar, campos sujos. Freqüente

<u>Espécie botânica</u>	<u>Nomes em Português</u>	<u>Distribuição, ocorrência e reprodução</u>
<u>Desmodium adscendens</u> (Sw) DC. erva a subarbusto perene	carrapicho-beiço-de-boi carrapicho-de-beiço-de-boi carrapichinho carrapicho amor-agarrado amor-do-campo amores-do-campo amorzinho-seco pega-pega pega-pega-graúdo marmelada-de-cavalo trevinho-do-campo	América tropical e meridional-subtropical. No Brasil assinalada no nordeste. Pernambuco, Rio de Janeiro, S. Paulo, Paraná, Santa Catarina e R. Grande do Sul; em áreas cultivadas, culturas de cana-de-açúcar, pastos, campos, cerrados, terrenos baldios, beiras de estradas, gramados de jardins. Prefere lugares sombreados. Freqüente. Sementes, rizomas e estolões.
<u>Desmodium barbatum</u> (L.) Benth erva perene	barbadinho carrapichinho carrapicho amor-do-campo amores-do-campo carrapicho-beiço-de-boi barbasco	Na América Central até nordeste da Argentina. No Brasil assinalada no nordeste, Bahia, Rio de Janeiro, S. Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul; em áreas cultivadas, campos baixos e úmidos. Sementes e rizomas.
<u>Desmodium canum</u> (Gmel.) Schinz et Thell. Erva anual ou perene	carrapicho-beiço-de-boi carrapicho carrapichinho amor-do-campo marmelada-de-cavalo baba-de-boi agarra-agarra amores-de-vaqueiro pega-pega mata-pasto barbadinho	Da América Central até Uruguai e Argentina. No Brasil assinalada no nordeste, Paraíba, Pernambuco, M. Gerais, Rio de Janeiro, S. Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul; em áreas cultivadas, culturas do café, cana-de-açúcar, pastos, cerrados, campos secos e sujos, terrenos baldios, beiras de estradas, e gramados de jardins. Prefere solos arenosos e secos. Freqüente nos campos. Sementes, rizomas e estolões
<u>Desmodium purpureum</u> (Mill.) Fawc. Et Rendle. erva anual	carrapicho-beiço-de-boi	Cosmopolita tropical. Assinalada em S. Paulo, no Planalto, em solo argiloso cultivado e no Paraná em culturas anuais, principalmente soja. Freqüente. Sementes.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Ingigofera hirsuta</u> L. erva anual ou perene	anil anileira	Em toda a América do Sul. No Brasil assinalada no Amazonas, Pernambuco, Paraíba, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, S. Paulo; em áreas cultivadas, cultura de arroz, algodão, cana-de-açúcar, milho, sorgo; prefere solos argilosos. Freqüente.
<u>Indigofera suffruticosa</u> Mill. subarbusto a arbusto anual ou perene	anil anileira anileira-verdadeira indigueira índigo caá-chica caá-chira caá-obi haa-hobi cajana-timbó timbó-mirim	Do México até o Uruguai, Argentina e Peru. No Brasil assinalada no Amazonas, Paraíba, Pernambuco, Bahia, M. Gerais, Esp. Santo, Rio de Janeiro, S. Paulo, Paraná, Santa Catarina e rio Grande do Sul; em áreas cultivada, cultura de café, cana-de-açúcar plantações do litoral, pastos e beiras de estradas e terrenos baldios. Prefere solos argilosos, férteis e frescos. Freqüente. Sementes.
<u>Lonchocarpus sericeus</u> (Poiret) A.P. de Candolle ex H.B.X. arbusto a árvore	carrapato pau-de-carrapato embira-de-carrapato embira-de-sapo mata-bode ingá-bravo gonovira falso-timbó guanhanã tamboril	Nas Guianas e América tropical. No Brasil assinalada em Alagoas, Mato Grosso, Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e S. Paulo; em matas, capoeiras, pastos e áreas cultivadas. Freqüente.
<u>Medicago arábica</u> (L.) All. anual	alfafa-de-folhas- manchadas	Assinalada no Rio Grande Sul em áreas cultivadas e campos, também no Uruguai; de modo freqüente.
<u>Mimosa bimucronata</u> DC. arbusto a árvore perene	maricá espinheiro espinheiro-de-maricá espinho-de-maricá espinho-de-cerca espinho-roxo unha-de-gato	De Pernambuco atravessa o Brasil Central e o sul do Brasil até o Uruguai e Argentina. Assinalada na Paraíba, Pernambuco, Bahia, M. Gerais, Rio de Janeiro, S. Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul; em culturas perenes, pastos, campos, beiras de estradas, prefere lugares úmidos e pantanosos. Freqüente.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Mimosa invisa</u> Mart. erva a subarbusto perene	dormideira sensitiva dorme-maria juquiri-rasteiro malícia-de-mulher malícia juquiri	Do México e Antilhas até o Paraguai. No Brasil assinalada no Amazonas, Pernambuco, Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, S. Paulo, Paraná, Santa Catarina, R. Grande do Sul; em cultura de cana-de-açúcar e outras culturas, terrenos baldios, solos de várzea e beiras de cursos d'água onde é freqüente. Sementes.
<u>Mimosa pudica</u> L. erva a subarbusto	sensitiva dormideria dorme-maria malícia-de-mulher malícia-das-mulheres malícia juquiri-rasteiro juqueri erva-viva arranhadeira morre-joão vergonha	Em quase todo o Brasil assinalada na Bahia, M. Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, S. Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul; em áreas cultivadas, pastos, cerrados, beiras de estradas, terrenos baldios. Prefere locais sombreados, solos férteis e úmidos. Também na América Central. Frquente. Sementes.
<u>Phaseolus adenanthus</u> Mey erva volúvel perene	feijãozinho-de-capoeira feijãozinho-do-campo feijão-do-mato	Cosmopolita tropical. Do México, até Uruguai e Argentina. No Brasil assinalada em Goiás, M. Gerais, S. Paulo, Paraná e Rio G. do Sul; em campos, áreas cultivadas, associações secundárias. Prefere terras baixas. No litoral é muito abundante.
<u>Piptadenia cummunis</u> Benth. arbusto a árvore	jacaré pau-de-jacaré icarapí angico-branco monjoleiro monjolo	Do Piauí até o Rio Grande do Sul. Assinalada no Piauí, Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul; em pastos, terrenos bladios, beiras de estradas e cerrados. Freqüente nos pastos em forma de renovos. Sementes.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Pterogyne nitens</u> Tul. árvore perene	amendoim amendoim-do-campo amendoim-bravo mata-pasto madeira-nova	Do nordeste do Brasil até a Bolívia e norte da Argentina. Assinalada no Ceará, M. Gerais, Bahia, Rio de Janeiro e S. Paulo; em pastos, floresta atlântica e nas caatingas. Freqüente. “Espécie problema” em pastagens. Sementes, rizomas, brotações de caule e raízes.
<u>Rhynchoisia mínima</u> (L.) DC. subarbusto volúvel	feijão-de-rolinha feijãozinho feijãozinho-bravo favinha-brava olho-de-cabra-miúdo tripa-de-galinha matineta	Cosmopolita tropical e subtropical. Assinalada na Amazônia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Bahia, M. Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo; ocorre em cultura de cana-de-açúcar. Freqüente. Sementes..
<u>Sesbania punicea</u> (Cav.) Benth. arbusto perene	acácia-de-flores-vermelhas acácia-do-banhado	Desde o rio Paraná até o Uruguai e Argentina. No Brasil assinalada em Santa Catarina e Rio Grande do Sul; em locais úmidos, culturas de arroz irrigado, campos baixos e úmidos. Considerada também, ornamental. Muito abundante.
<u>Stryphnodendron barbatiman</u> Mart. arbusto a árvore	barbatimão barbatimão-verdadeiro barba-de-timão chorãozinmho-roxo	Do Pará até S. Paulo. Assinalada em Minas Gerais, São Paulo e Paraná; em áreas de cultivo recente, pastos, cerrados, beiras de estradas. Freqüente nas culturas recentes em forma de renovos. “Espécie problema”.
<u>Stylosanthes viscosa</u> Sw. erva a arbusto perene	alfafa-do-campo alfafa-do-nordeste alfafa-viscosa-da-praia meladinha meladinha-de-cavalo vassourinha trifólio mela-peru pitobi-de-praia	Na América Central, Antilhas, Guianas, Uruguai e Brasil. No Brasil assinalada no Ceará, Piauí, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e rio Grande do Sul; em áreas cultivadas, pastos e cerrados. Prefere solos arenosos, secos e ácidos. Freqüente. Sementes.

<u>Espécie botânica</u>	<u>Nomes em Português</u>	<u>Distribuição, ocorrência e reprodução</u>
<u>Trifolium incarnatum</u> L. erva	trevo-encarnado	Assinalada no Rio Grande do Sul.
<u>Trifolium pretense</u> L. erva	trevo-dos-prados trevo-roxo trevo-vermelho	Assinalada no Rio Grande do Sul. Também na Argentina
<u>Trifolium repens</u> L. erva perene	trevo-branco	Na América Central. No Brasil assinalada em São Paulo e no Rio Grande do Sul em áreas cultivadas. Também na Argentina. Sementes, estolões.
<u>Ulex europaens</u> L. arbusto perene	tojo	Assinalada no Rio Grande do Sul em pastagens naturais e em São Paulo. Freqüente.
<u>Vigna sinensis</u> (L.) Savi. erva volúvel	feijão-miúdo feijão-miúdo-da-china ervilha-de-vaca fava-de-vaca feijão-de-olho-preto feijãozinho-da-índia	Cosmopolita tropical. Assinalada em São Paulo e Paraná, onde ocorre em áreas cultivadas, beiras de estradas. Espécie problema na cultura de soja, Freqüente.
<u>Zornia diphylla</u> (L.) Pers. erva perene	carrapicho alfafa-do-campo urinána urinária	Na maior parte da América tropical e subtropical. No Brasil assinalada no Ceará, Pernambuco, Bahia, M. Gerais, Rio de Janeiro, S. Paulo, Paraná e rio Grande do Sul; em áreas cultivadas, cultura de algodão, pastos, campos; prefere solos arenosos e ácidos. Freqüente.
<u>Zornia gracilis</u> DC.		Em todo o Brasil meridional até a Argentina subtropical. Assinalada no Piauí, Mato Grosso, Goiás Bahia, M. Gerais, S. Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul; em café, e outras culturas, campos, terrenos baldios, beiras de estradas e no litoral. Em café é de ocorrência ocasional, porém no Rio Grande do Sul é muito abundante, na costa marítima do nordeste do Estado. Sementes.

Quadro 19. As mais importantes solonaceas consideradas como plantas daninhas no Brasil, segundo *BLANCO (1977, no prelo)*, com seus nomes em português, habitus e ciclo vegetativo, distribuição e ocorrência e modos de reprodução.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Cestrum axillare</u> Vell. (= <u>C. laevigatum</u> Schl.) arbusto a árvore pequena tóxica	coerana coirana coerana-branca dama-da-noite olho-de-pombo dominguinha pimenteira canela baúna	No Brasil desde o Ceará até Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo; principalmente em capoeiras litorâneas e pastos.
<u>Datura arbórea</u> L. arbusto tóxica	trombeta trombeteira trombeta-branca zabumba-branca saia-branca sete-saiss	No nordeste do Brasil na Bahia, Rio de Janeiro e S. Paulo; provavelmente em todo o sul do Brasil. Em áreas cultivadas ou abandonadas.
<u>Datura stramonium</u> L. erva anual tóxica	figueira-brava figueira-do-inferno figueirinha-do-inferno mamoninha-brava erva-do-diabo pomo-do-diabo quiquilho zabumba jabumba mata-zombando estramonio	Em todo o mundo nas regiões temperadas e tropicais. No Brasil assinalada no nordeste, em S. Paulo e Paraná; em áreas abandonadas, pastagens, margens de estradas e canais de irrigação. Espécie-problema em cultura de sojas, no Paraná. Prefere locais úmidos e férteis.
<u>Hyoscyamus niger</u> L. erva anual ou bianual tóxica	meimendro meimendro-preto meimendro-negro	Assinalada em São Paulo e sul do Brasil; ocorre em locais próximos a habitações e hortas irrigadas. Frequente.
<u>Nicandra physaloides</u> Gaertn. erva anual suspeita de ser tóxica	joá-de-capote falso-joá-de-capote quintinho	Nativa da América do Sul. No Brasil, assinalada em Minas Gerais, Rio de Janeiro e S. Paulo; em áreas cultivadas, cultura de milho, pastagens, áreas abandonadas; prefere solos argilosos e úmidos. Pouco frequente.

Sementes.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Nicotiana glauca</u> Graham. arbusto tóxica	charuto-de-rei	Nos Estados Unidos da América, na Argentina, Uruguai, Paraguai, Venezuela e México. No Brasil assinalada no Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Gde. Do Sul; em áreas cultivadas, terrenos baldios, jardins e hortas. Sementes.
<u>Petúnia integrifolia</u> (Hook.) Schinz. et Thell erva anual	petúnia-do-campo	Assinalada no Paraná nas regiões dos campos Gerais e Bacia de Curitiba; em áreas cultivadas, principalmente, em culturas anuais durante o verão. Freqüente. Sementes.
<u>Physalis angulata</u> L. erva anual ou perene	camapa camapum camaru juá juá-póca juá-de-capote joá-de-capote balão mata-fome	No Peru, República Dominicana, México e África. No Brasil da região Amazônica até o Paraná; em áreas cultivadas, margens de estradas. Prefere lugares sombreados e solos férteis. Freqüente. Sementes.
<u>Physalis heterophylla</u> Ness. erva anual ou perene	camapu juá-de-capote balãozinho timbó	Na América do Norte, Colômbia e no sul do Brasil até a Argentina; em áreas cultivadas, cultura de café, cana-de-açúcar, e outras culturas, pastagens, hortas e jardins; prefere lugares sombreados. Sementes, rizomas e estolões.
<u>Salpichroa</u> <u>origanifolia</u> (Lam.) Thell. erva a subarbusto perene	ovo-de-galo grão-de-galo sininho congonha	No sul do Brasil, Uruguai e Argentina; em áreas cultivadas, terrenos baldios, margens de estradas. Sementes.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Solanum aculeatissimum</u> Jacq. erva a subarbusto anual	joá-bravo joá-vermelho juá-vermelho joá-ti juá-ti arrebenta-boi arrebenta-cavalo mata-cavalo melancia-vermelha-da-praia gogoia babá bobó	Cosmopolita tropical. No Brasil assinalada no Ceará, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Mato Grosso, Goiás, M. Gerais, Rio de Janeiro, S. Paulo e Rio Grande do Sul em áreas cultivadas, campos, citrus, pastagens, terrenos baldios, margens de estradas, proximidades de habitações. Prefere solos semi-arenosos e férteis. Frequente. Sementes.
<u>Solanum americanum</u> Mill. (= <u>S. nigrum</u> L.) erva anual tóxica	maria-preta maria-pretinha erva-moura erva-de-bicho pimenta-de-rato pimenta-de-galinha pimenta-de-cachorro carachichu caraxixu caraxixá caaxixá carachicui aguaraguá aguarágua guaraquinha sue	Cosmopolita de regiões tropicais e temperadas. Na Europa, Américas do Norte, Central e do Sul, África e Canadá. No Brasil assinalada no Ceará, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul; em áreas cultivadas, culturas de algodão, café, cana-de-açúcar, citrus, milho e trigo, pastagens, terrenos, incultos, terrenos baldios, proximidades das habitações, jardins, margens de estradas e açudes, solos de várzea. Prefere solos férteis, úmidos e sombreados. No Paraná é considerada “espécie-problema” em culturas anuais. Frequente. Na América do Sul, também, na Argentina, Chile, Colômbia, Peru e Venezuela.
<u>Solanum erianthum</u> Don. arbusto árvore	D. fumo-bravo capoeira-branca fruta-de-guará fruta-de-lobo couvetinga couvitinga cuvitinga caavone	Assinalada no Rio de Janeiro, Minas Gerais, S. Paulo e sul do Brasil; em áreas cultivadas, citrus, pastos, matas pluviais, áreas de cerrado cultivado, capoeiras.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Solanum erianthum</u> D. Don. arbusto a árvore	jurubeba jurubeba-falsa pimenta-de-caiena	Em São Paulo e no sul do Brasil; em formação de cerrado cultivado, margens de estradas. Freqüente
<u>Solanum granuloleprosum</u> Dun. arbusto a árvore pequena	fumo-bravo falso-tabaco tabaquinho	Assinalada em Minas Gerais, S. Paulo e Rio Grande do Sul. Freqüente em solos semi-arenosos e ácidos.
<u>Solanum palinacanthum</u> L. Arbusto	joá-bravo	Assinalada no Piauí, Minas Gerais, São Paulo; em áreas cultivadas, cultura de café, pastos, margens de estradas, terrenos baldios. Considerada “espécie-problema” em pastos mal tratados. Freqüente.
<u>Solanum paniculatum</u> arbusto perene	jurubeba jurubeba-verdadeira jurubebinha jurupeba juripeba jubeba jupeba juvena juúna	Em todo o Brasil, com exceção, provavelmente, da região norte. Assinalada no nordeste, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Rio Grande do Sul; em cultura de café, cana-de-açúcar e outras culturas, campos, pastagens, áreas abandonadas, proximidades das habitações. Freqüente.
<u>Solanum sisymbriifolium</u> Lam. erva anual	joá juá joá-bravo juá-bravo juá-manso juá-da-roça juá-das-queimadas joá-de-capote arrebenta-cavalo	Assinalada na Argentina, Uruguai e Brasil onde ocorre em M. Gerais, Rio de Janeiro, S. Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul; em culturas anuais como batatinha, trigo e soja, cultura de café, em campo e pastagens, áreas de cerrado cultivadas, terrenos incultos, terrenos recém-roçados e queimados, e margens de estradas. No Paraná é considerada “espécie-problema” em cultura de soja. Freqüente.

Sementes.

Sementes.

Sementes.

Sementes.

Espécie botânica	Nomes em Português	Distribuição, ocorrência e reprodução
<u>Solanum sisymbriifolium</u> Lam. erva anual	fumo-bravo capoeira-branca cuvitinga govitinga fumo	Na Ásia tropical, México, América Central, América do Sul onde ocorre na Argentina, Paraguai, Uruguai e Venezuela, e no Brasil assinalada em S. Paulo e Rio Grande do Sul; em culturas perenes, área de cerrado cultivada, campos, matas secundárias e margens de estradas.

Sementes.

8. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- BLANCO, H.G.* - Trabalhos sobre matocompetição
- Determinação de fatores que influem no grau de competição entre as plantas daninhas e a cultura do milho (*Zea mays* L.) – Tese M.Sc., ESALQ, 1972.
 - O Biológico, 35 (12): 304-308, 1969.
 - O Biológico, 37 (1): 3-7, 1971.
 - O Biológico, 38 (10): 343-350, 1972.
 - O Biológico, 39 (2): 31-35, 1973.
 - O Biológico, 42: 201-205, 1976.
 - Arq. Inst. Biológico, 40 (4): 309-320, 1973.
 - Arq. Inst. Biológico, 41 (1): 5-14, 1974.
 - Arq. Inst. Biológico, 43 (1/2): 3-8, 1976.
 - Arq. Inst. Biológico, 43 (3/4): 105-114, 1976.
 - Arq. Inst. Biológico, 44: 1977, no prelo.
- BLANCO, H.G.* - Trabalhos sobre listas de plantas daninhas
- O Biológico, 41 (1): 6-14, 1975 – Gramíneas anuais.
 - O Biológico, 41 (5): 130-143, 1975 – Gramíneas perenes.
 - O Biológico, 42 (3/4): 62-97, 1976 – Compostas.
 - O Biológico, 42 (9/10): 185-200, 1976 - Malvaceas
 - O Biológico, 43, 1977, no prelo - Leguminosas
 - O Biológico, 43, 1977, no prelo – Solanáceas
- BIOLOGY, of weeds (the). Symposium British Ecology Society Oxford, 1960, J.L. Harpes (editor).*
- BROWN, D.* – Methods of Surveying and Measuring vegetation, Bul. 42 – Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Hurley, berks, 1957 – 223 pgs.
- CAIN, S.A. & CASTRO, G.M.O. 1959* – Manual of vegetation analysis, Harper Brothers.
- FURTICK & ROMANOWSKI – 1971* – Weed Research Methods Manual. International Plant Protection Centre. Oregon State University.
- GEMTCHUJNICOV, I.* – Chave artificial para identificação de plantas daninhas do Estado de São Paulo. Botucatu. 1966/68.
- LEITÃO F^o, ARANHA & BACCHI* – Plantas invasoras de culturas no Estado de São Paulo, vol. 1 e 2. São Paulo. Hucitec, 1972.
- LIMA, D.A.* – Plantas “invasoras” da zona da Mata de Pernambuco, Anais. Cong. Soc. Bot. Brasil, 5^o, Porto Alegre, 1964: 299-367.
- LORENZI, H.J.* – Principais ervas daninhas do Estado do Paraná – Boletim técnico 2, IAPAR, julho de 1976.

MARININS, G. de - Revista de Agricultura, 51(1): 29-40, 1976.

- Texto básico de controle químico de plantas daninhas, 3^a.ed. 1971.
ESALQ.

- Naturalia 1: 77-88, 1975. Fac. C. L. São José do Rio Preto.

WILKINSON, R.E. (editor) – 1972 – Research Methods in Weed Science.

INTERAÇÕES HERBICIDA-PLANTA

*Paulo Nogueira de Camargo**

1. INTRODUÇÃO

O advento do uso normal dos herbicidas, no mundo moderno, desde o término da 2ª guerra mundial, desenvolveu, como não podia deixar de acontecer, o importante ramo da Agronomia, que é a Matologia.

O desenvolvimento extraordinário da matologia se deve, não apenas ao aspecto econômico do uso dos herbicidas, que, permite maior rendimento da agricultura, melhor limpeza das rodovias, ferrovias, aeroportos, logradouros públicos, áreas industriais, etc.. Esse desenvolvimento se deve, principalmente ao fato de os herbicidas penetrarem nas plantas, como substâncias diferentes dos nutrientes, e ali interferirem nos seus mais diversos processos vitais.

Os herbicidas são compostos sintéticos, muitos dos quais apresentam variável grau de toxicidade aos animais e, obviamente, ao homem. É, pois, indispensável que, ao se alimentar as plantas tratadas com herbicidas, tenha, o homem, a certeza de que não está sendo envenenado.

Mais recentemente, os herbicidas tem tido seus estudos intensificados, em virtude da sua interferência nos ambientes ecológicos do planeta, como eventuais fatores de poluição e de desequilíbrio biológico.

O conhecimento do comportamento dos herbicidas em relação às plantas é matéria de alta complexidade, porque envolve o domínio de todos os processos fisiológicos, especialmente em nível bioquímica, que ocorrem na planta, durante todo o seu ciclo de vida. Exige, por isso, o conhecimento dos vários grupos de herbicidas e das suas respectivas propriedades físicas, químicas e bioquímicas.

Além disso, as interações herbicida-planta exigem conhecimentos biológicos específicos de todos os grupos taxonômicos de plantas desde os maiores, como a classe, até os menores, na escala vegetal, como gênero, espécie, variedade e forma. A classe *Dicotyledoneae*, por exemplo, é susceptível aos herbicidas auxínicos ao passo que a *Monocotyledoneae* é altamente tolerante. O gênero *Oryza* é resistente à ação fitotóxica da propanila, o que não ocorre com a maioria dos demais gêneros de gramíneas. O mesmo fenômeno ocorre com os gêneros *Zea* e *Sorghum*, que toleram perfeitamente as triazinas, especialmente a triazina e a simazina, ao passo que outras gramíneas são altamente susceptíveis a esses herbicidas.

Por outro lado, as interações herbicida-planta dependem, também, do ambiente e das condições em que elas vivem. Considerando, apenas para exemplo, os substratos mais comuns onde se desenvolvem as plantas - solo e água - verifica-se que o comportamento de um mesmo herbicida é bastante variável, em relação à planta. O paraquat, a propanila e o glifosato, por exemplo, penetram rapidamente, pelas raízes e se translocam às folhas, onde interferem no metabolismo. Isso, se as raízes estiverem em meio aquoso. Entretanto, no solo, esses mesmos herbicidas são fortemente adsorvidos pelos colóides minerais e orgânicos, tornando-se não disponíveis para a absorção radicular, o que obriga a sua aplicação somente à folhagem das plantas terrestres.

* Professor de Matologia da ESALQ/USP – Piracicaba – SP.

Além das forças de adsorção do solo, fatores tais como a sua textura, aeração, temperatura, umidade, acidez, população de microorganismos, teor de nutrientes disponíveis à planta, e outros, afetam seriamente as interações herbicida-planta. Por exemplo, plantas em estado nutricional dificilmente, ou atacadas por doenças e pragas são mais resistentes à ação fitotóxica dos herbicidas, ao passo que as sadias e vigorosas são altamente susceptíveis. É que estas últimas, de metabolismo intenso e normal, promovem a translocação rápida do herbicida, juntamente com a seiva abundante e rica, para os locais de formação de células e de tecidos novos e em crescimento, ao passo que as analólicas, de metabolismo deficiente, não tem, essa capacidade de transporte, sendo portanto, menos afetadas, por absorverem e translocarem menores quantidades de herbicida.

O modo de ação dos herbicidas varia conforme as suas propriedades bioquímicas e com os tipos e locais de atividades metabólicas em que eles atuam. A maioria dos herbicidas afeta. Simultaneamente, direta ou indiretamente, vários sistemas do metabolismo vegetal, provocando distúrbios diversos, alguns dos quais mostram sintomas bastante conspícuos e facilmente identificáveis. Dai a classificação dos herbicidas pelo seu modo de ação, que não é correta, mas apenas didática.

2. O CICLO DE VIDA DA PLANTA

A reprodução tem, como fim natural, a conservação da espécie, em gerações subseqüentes. Assim, normalmente, ao atingir o estado adulto, a planta produz certos órgãos que, em condições favoráveis, desenvolvem-se, dando origem a novos indivíduos com as características genéticas da planta-mãe. Esses órgãos, que são dispersados por meios diversos, e vão formar, em seu conjunto, uma população de indivíduo da nova geração, denominam-se *dissemínulos*, em virtude da sua própria função.

Cada planta nasce, pois, de um dissemínulo, que germina e se desenvolve durante um período característico de cada espécie passando, geralmente, por três períodos fisiológicos, que são denominados *estágio de plântula*, *estágio juvenil* e *estado adulto*.

O estágio de *plântula* é o período em que a planta se desenvolve à custa das reservas do dissemínulo. Ela não possui ainda raízes capazes de absorver quantidades de nutrientes suficientes para o seu crescimento, nem clorofila capaz de sintetizar açúcares para o seu desenvolvimento. O estágio de plântula é efêmero.

Quando se esgotam as reservas do dissemínulo, a plântula já possui raízes absorventes e folhas primárias fotossintetizantes. Para ela então, ao estágio que se caracteriza por formação de novos órgãos vegetativos – folhas normais, raízes, distensão e engrossamento do caule, formação de gemas e ramificação, tanto das raízes como do caule. Este estágio, denominado *juvenil*, caracteriza-se por um crescimento intenso e corresponde a um período relativamente longo, da vida da planta. Há plantas que permanecem muitos anos na fase juvenil, em certas condições, principalmente de fotoperiodismo. O estado *adulto* caracteriza-se pela produção de órgãos reprodutivos – flores, esporos, gametângios, etc., que podem originar dissemínulos de origem sexuada.

Os dissemínulos de origem não sexuada, ou vegetativos, podem ocorrer tanto no estágio juvenil como no estado adulto – esporos haplóides, burbilhos, rizomas, tubérculos, etc.. Há um grande número de plantas que tem propagação vegetativa altamente predominante sobre a sexuada.

O esquema da Figura 1 ilustra, didaticamente, todas as fases do ciclo de vida de uma planta.

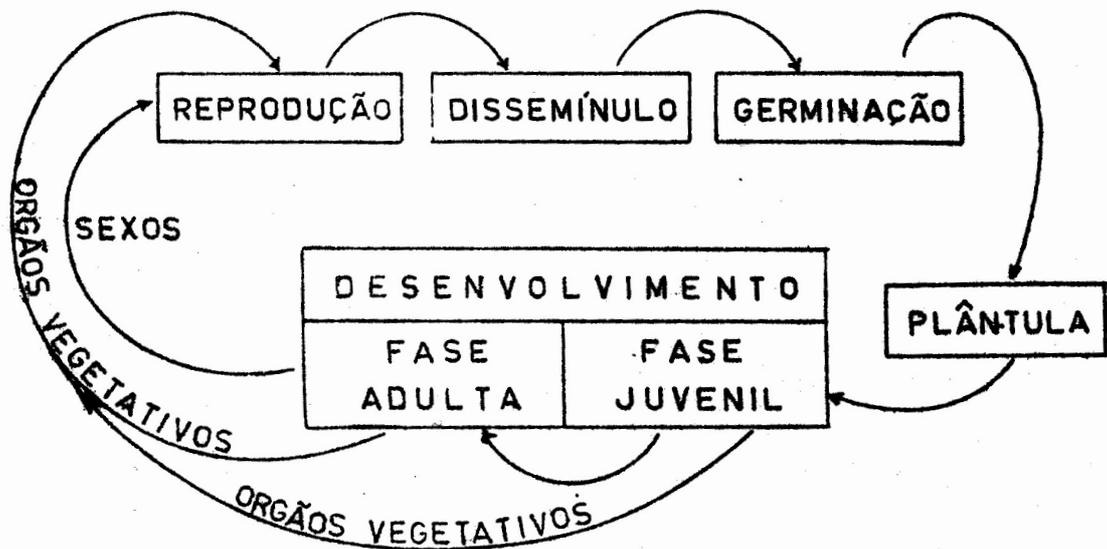


Figura 1. Esquema do ciclo de vida de uma planta (original).

2.1. A germinação dos Disseminulos

O desenvolvimento de uma planta superior inicia-se pela germinação de um disseminulo, que pode ser uma semente, ou uma gema pertencente a um órgão vegetativo.

A semente possui o embrião, já com radícula, caulículo e gêmula, que se desenvolverão na raiz primária e nos primeiros órgãos caulinares e foliares, constituindo a plântula. Ela contém uma quantidade suficiente de material de reserva alimentar depositada no endosperma, que permite o desenvolvimento do embrião, até que a plântula possua raízes absorventes e folhas fotossintetizantes. Daí para diante, a planta passa ao estágio juvenil, caracterizado por intensa absorção de nutrientes do solo, elaboração de açúcar, na fotossíntese e crescimento rápida.

A germinação da semente se inicia pela absorção de água, por embebição, em condições de temperatura e aeração adequadas, a fim de que se desenvolvam os mais importantes processos metabólicos do crescimento – ação das enzimas hidrolíticas que degradam os carboidratos armazenados, pondo-os à disposição do embrião, para a formação da celulose; intensificação da respiração, que, na degradação dos carboidratos libera energia para os demais processos metabólicos; desenvolvimento dos sistemas enzimáticos que promovem a síntese de DNA e RNA, a de proteínas, nos ribossomos, ampliação do retículo endoplasmático, formação de citoplasma, de mitocôndrios, de cloroplastos, de síntese de fitohormônios, como as auxinas, giberelinas e outros, indispensáveis à multiplicação e crescimento das células e tecidos, de transportadores de elétrons e de compostos químicos energéticos (NADP, ADP, ATP, etc.), enfim, todo um intrincado complexo de sistemas bioquímicos e genéticos que, em ações harmônicas e sincronizadas, levam ao desenvolvimento do embrião em plântula.

Os disseminulos vegetativos, nas plantas superiores, desenvolvem-se a partir de gemas normais, como as dos nós das gramíneas, dos rizomas, tubérculos, bulbos, bulbilhos,

ou de gemas adventícias, como as que se formam nas partes cortadas das estacas (mandioca, amora, rosa, videira, etc.) ou nos bordos ou pecíolos de folhas de certas plantas (*Bryophyllum* - folha-de-fortuna; *Begônia*, etc.), ou nas raízes (*Peshchiera fuschsiaefolia* - leiteiro; *Pterogyne nitens* - amendoim-da-campo, etc.).

Essas gemas germinam, e a plântula se desenvolve à custa das reservas existentes na parte vegetativa a que estão diretamente ligadas - partes de caule, de folha, ou de raiz. A fase juvenil se inicia quando as raízes já estão em condições de absorver nutrientes do solo e as folhas já formadas fotossintetizam açúcares em quantidades suficientes para que a nova planta possa crescer independentemente das reservas da planta-mãe.

O desenvolvimento das plântulas, a partir dos disseminulos vegetativos, implica, também, no mesmo complexo de sistemas enzimáticos e reações bioquímicas, de síntese e degradação de compostos orgânicos, de transferências de elétrons e de grupos energéticos, de ações de fitohormônios, etc., como na germinação da semente.

2.2. Diferenças Genotípicas e Fenotípicas

Assim, cada planta se desenvolve, completa o seu ciclo de vida, adquirindo, o longo dele, as características fenotípicas determinadas pela sua carga genética. E esta carga genética, determina as características genotípicas, responsáveis pelas variações e diferenças bioquímicas entre as espécies. Como exemplos dessas variações podemos citar a capacidade bioquímica da cana-da-açúcar de produzir e armazenar sacarose em maior quantidade do que qualquer outra gramínea; a capacidade do arroz de produzir a enzima amidohidrolase de aril-acilamina, em quantidade de mais de 60 vezes a produzida pelo capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*); a capacidade do milho e do sorgo possuírem sistemas enzimáticos desalquiladores e indutores de conjugação peptídica com moléculas triazínicas, não encontrada na maioria das demais gramíneas; a capacidade de certas dicotiledoneas degradarem mais intensamente, por beta-oxidação, as cadeias alifáticas de compostos orgânicos, do que, outras; a capacidade das plantas herbáceas crescerem mais rapidamente que as lenhosas; a capacidade de certas plantas possuírem óleos essenciais, ou ceras, ou tanino em quantidade, e outras não. etc..

Todos esses aspectos genotípicos, e também os fenotípicos, tais como as características morfológicas das plantas, tem grande influência na interações herbicida-planta.

Por outro lado, não se poderia estudar as interações herbicida-planta sem o conhecimento da morfologia vegetal, pois são as células e tecidos que formam os órgãos em que se desenvolve a fisiologia da planta. A morfologia é a infra-estrutura, o "background" da fisiologia. O assunto requer, pois, um bom conhecimento da morfologia vegetal.

3. ESTRUTURA SIMPLÁSTICA

A planta é formada inteiramente de células, que são reunidas em tecidos, os quais constituem os seus múltiplos órgãos. Todas as células, desde as pontas das raízes, até as últimas extremidades dos seus órgãos, são unidas entre si e tem seus protoplastos interconectados por milhões de plasdesmas.

Por conseguinte, o conjunto de todos os protoplastos da planta, ligados entre si, pelos plasmodemas, forma um todo, vivo e contínuo, contido em um arcabouço celulósico,

contínuo e não vivo, formado pelo conjunto de todas as paredes celulares, qualquer que seja o seu estado de diferenciação (Figura 2).

O conjunto contínuo e vivo formado pelos protoplastos recebe o nome de *simplasto* e o conjunto celulósico, formado pelas paredes celulares recebe o nome de *apoplasto*.

Assim, a planta inteira é um simplasto vivo e contínuo, contida em um apoplasto celulósico alveolar, contínuo e não vivo. O apoplasto é um todo contínuo, assim como também o simplasto nele contido. Portanto, uma partícula - íon ou molécula - que penetra na parede celular de um pelo absorvente, na raiz, poderá percorrer a planta toda, no apoplasto, até as últimas brotações das extremidades do caule, as flores e os frutos. Do mesmo modo, se um íon ou molécula penetrar no citoplasma da ponta da raiz, poderá se translocar até as folhas, através dos plasmodesmas, célula-a-célula, entrar no floema e chegar às folhas mais extremas do caule. Em sentido contrário, pode ocorrer o mesmo, com um íon ou molécula que penetre na parede, ou no citoplasma de uma células de uma folha. Ele poderá através do apoplasto, ou do simplasto, percorrer a planta toda, até a raiz.

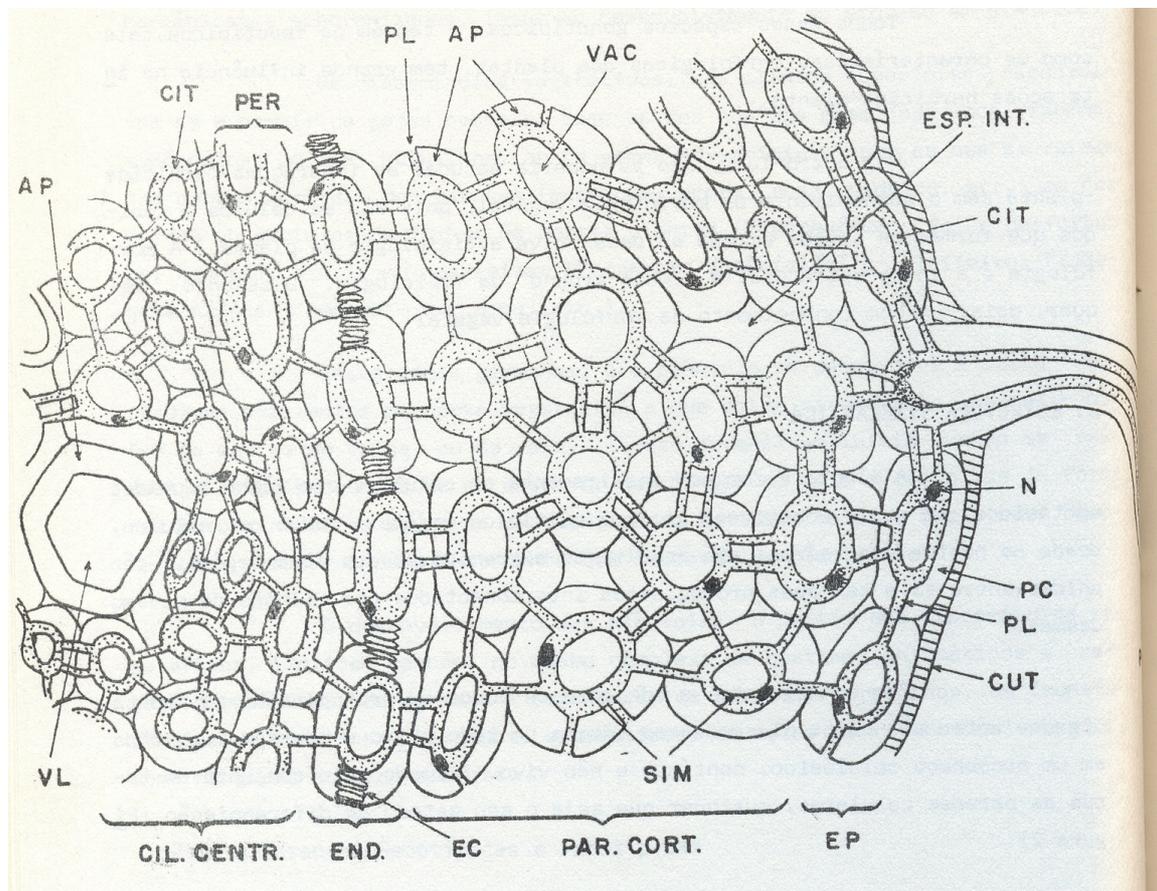


Figura 2. Estrutura simplástica, na raiz

Apoplasto: cutícula (CUT), paredes celulares (PC), vasos lenhosos (VL), vacúolos (VAC).

Simplasto: citoplasmas (CIT), núcleos (N), plasmodesmas (PL).

Estrutura: PA – pelo absoervente; CUT – cutícula; EP – epiderme; PAR. CORT. – parênquima cortical; END – endoderme; EC – estrias de Caspary; CIL. CENTR. – cilindro central; ESP. INT. – espaços intercelulares; AP – apoplasto; SIM – simplasto; PER – periciclo. (original).

Um íon ou molécula, em determinadas condições, pode passar do apoplasto para o simplasto e depois voltar ao apoplasto, e, eventualmente, retornar ao simplasto, podendo, pois, movimentar-se, dentro da planta, em todos os sentidos.

A estrutura simplástica mostra que a planta é, por assim dizer, comparável a uma única e gigantesca ameba, com um único citoplasma (simplasto) contendo muitos bilhões de núcleos, contida em um arcabouço celulósico complexo e microalveolar, permeável à água e com características morfológicas específicas.

Por comodidade didática, embora só exista um apoplasto e um simplasto, quando se deseja localizar um determinado local, na planta, refere-se ao “apoplasto da folha”, “simplasto do córtex”, “apoplasto, ou simplasto, da ponta da raiz”, “da pétala, da gema, do epicarpo de um fruto”, etc..

4. CLASSIFICAÇÃO FISIOLÓGICA DOS HERBICIDAS

Herbicidas são substâncias químicas que, aplicadas às plantas daninhas, em condições adequadas, provocam a sua morte, ou interrompem, temporariamente, o seu desenvolvimento.

Um herbicida pode atuar fitotóxicamente, no próprio local da planta, em que foi aplicado. É portanto, um *herbicida de ação tópica*. Pode, entretanto, ser aplicado em um local e translocar-se daí para outro, através da planta, indo exercer sua ação fitotóxica em pontos distantes do local de aplicação: tais são os *herbicidas de translocação*.

Os herbicidas de ação tópica dividem-se em dois grupos: a. os de contacto, que reagem, quimicamente, com os compostos que formam o apoplasto e o simplasto, destruindo os tecidos e entrando nessas reações como *reagentes*; b. os que funcionam como catalisadores de reações de oxidação-redução, cujos produtos resultantes é que vão reagir fitotóxicamente. Exemplo de herbicida de contacto são o ácido sulfúrico, o clorato de sódio, etc.. Exemplos de herbicidas *catalisadores de redox* são os bupiridilos – paraquat, diquat, etc..

Os herbicidas de translocação, para poder exercer uma ação fitotóxica, devem ser absorvidos pela planta e translocados através dela, até os locais em que vão atuar.

Em virtude de características químicas das moléculas dos herbicidas e de outros fatores físico-químicos, certos herbicidas de *translocação apoplástica*, ou *herbicidas apoplásticos*. Outros, por razões semelhantes, somente se translocam no simplasto, são chamados herbicidas de *translocação simplástica*, ou *herbicidas simplásticos*. Há os que tanto se deslocam no apoplasto como no simplasto - são os *apossimplásticos*. E, ainda, há certos herbicidas de translocação simplástica que, quando em concentrações elevadas, destroem o plasmalema do floema e passam para o xilema, continuando a sua translocação, agora, em sentido inverso, arrastados na corrente transpiratória. São os de translocação simplástica restrita. Exemplos de herbicidas apoplásticos são as uréias, as triazinas, as uracilas, etc.; exemplos de herbicidas simplásticos são os ésteres de fenoxiácidos (2,4-D, 2,4,5-T, MCPA, etc.). O 2,4-D é de translocação simplástica restrita. Um bom exemplo de herbicida de translocação apo-simplástica é o dalapon. Tanto é absorvido pelas folhas como

pelas raízes. Desce das folhas às raízes, via floema, sai das raízes para o solo e é reabsorvido, subindo até as folhas, via xilema.

Há certos herbicidas que, embora de translocação apoplástica ou apo-simplástica, só podem ser aplicados à folhagem, porque o solo constitui uma barreira adsorviva que impede que esse herbicida atinja as raízes das plantas. Exemplos de tais herbicidas são: a propanila, o paraquat e o glifosato. O glifosato é herbicida *apo-simplástico*, mas só pode ser aplicado à folhagem, porque, no solo ele é totalmente adsorvido e, portanto, imobilizado pelas argilas; com a propanila, de translocação apoplástica, e com o paraquat, ocorre o mesmo.

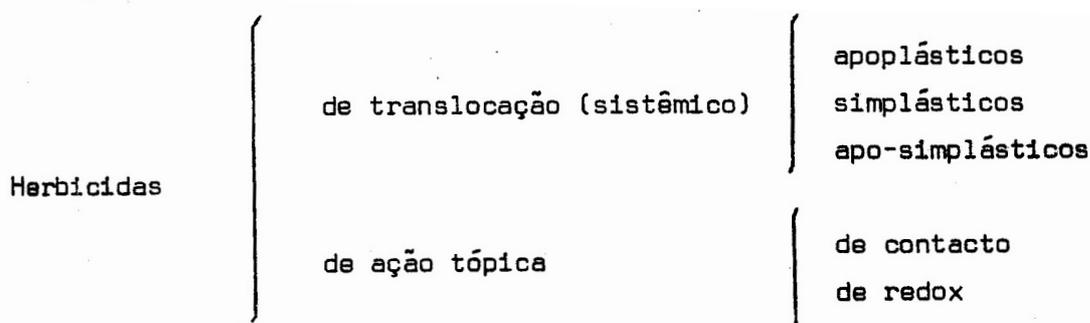
Os herbicidas apoplásticos geralmente são aplicados ao solo, em pré-emergência ou em pré-plantio. Em certos casos, como para evitar a decomposição pela luz, ou quando o herbicida é muito pouco solúvel e se deseja colocá-la em determinada profundidade, aplica-se em pré-plantio, com incorporação ao solo.

Estes herbicidas são absorvidos pelas raízes, juntamente com a solução do solo e caminham até o xilema, pelo apoplasto da raiz. Ao atingirem a endoderme, encontram a barreira das estrias de Caspary. Se forem lipossolúveis, atravessam-nas, sem problemas, por difusão, continuando, apoplásticamente, até os vasos lenhosos, onde se concentram durante a noite. De dia, ao se iniciar a transpiração, são eles arrastados até as folhas, via xilema, pela corrente transpiratória. Eles se concentram no apoplasto foliar, destroem o plasmalema e entram no simplasto, onde vão atuar, de acordo com o seu modo de ação.

Os herbicidas simplásticos penetram no apoplasto da folha, e passam para o simplasto e, juntamente com a seiva orgânica, se translocam para os locais de consumo de açúcares, que são os meristemas ativos e órgãos novos em formação e crescimento, onde vão atuar. Estes herbicidas, obviamente, são aplicados em pós-emergência.

Os herbicidas de contacto podem ser aplicados tanto à folhagem como ao solo. No solo, logo que as sementes germinam, entram em contacto com o herbicida e morrem.

Resumindo podemos agrupar os herbicidas na seguinte classificação fisiológica:



Pode-se saber, pelos sintomas de fitotoxicidade produzidos por um herbicida aplicado à folhagem, se ele é de translocação simplástica ou apoplástica: aplicando-se o herbicida no terço médio da folha, sem atingir o terço basal e nem o apical, observa-se o seguinte: a. o herbicida apoplástico se transloca do local de aplicação para o ápice e para os bordos da folha, concentrando-se nesses locais e provocando injurias que vão progredindo daí para a base, ao longo das nervuras; o terço basal da folha, entretanto, não mostrará sintomas de fitotoxicidade; b. o herbicida simplástico se translocado terço médio, onde foi aplicado para a base da folha e para o pecíolo, entrando no caule. Então, os sintomas de fitotoxicidade, nessa folha, vão surgir do terço médio para a base, permanecendo o terço

apical da folha com aspecto normal. Com os herbicidas de contacto e os de redox, que praticamente não translocam, os sintomas de fitotoxicidade, surgem no próprio terço médio, local de aplicação.

5. ORGANIZAÇÃO MORFOLÓGICA

Uma planta superior é, na sua expressão mais simples, um cilindro fibro-vascular ramificado e revestido por tecidos, com expansões laminares, de espaço a espaço. O cilindro ramificado é o eixo da planta, com uma parte no solo (raiz) e outra na atmosfera (caule). As expansões laminares laterais, são as folhas (Figura 3).

O cilindro fibrovascular constitui o sistema de condução da água, sais minerais e materiais orgânicos da planta. É formado de xilema (x) e floema (f). O xilema é formado principalmente por vasos lenhosos envolvidos em um parênquima – o parênquima xilemático. O floema (f) é formado pelos tubos crivosos envolvidos em um parênquima – o parênquima xilemático. O floema (f) é formado pelos tubos crivosos envolvidos pelo parênquima floemático (Figura 4).

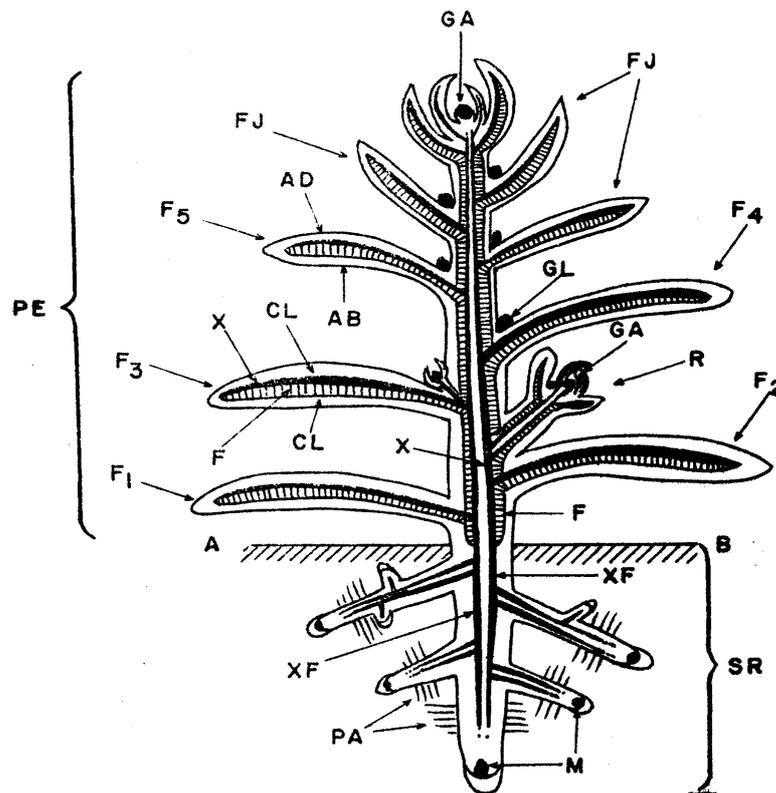


Figura 3. Esquema da planta.

AB – superfície do solo; SR – sistema radicular; PE – parte epígea; X – xilema; F – floema; XF – xilema e floema, na raiz; F₁, F₂, F₃ ... folhas; GA – gema apical; GL – gema lateral; R – ramo; FJ – folha jovem; AD – face adaxial da folha; AB – face abaxial; CL – clorênquima; M – meristema da raiz. (Original)

Na Figura 3, a linha AB representa o nível da superfície do solo, que marca, na planta, a diferenciação morfológica entre a raiz e o caule. Na raiz, o xilema e o floema são alternados. Essa alternância só pode ser vista em corte transversal. No caule, o xilema e o floema são concêntricos, com o floema na parte mais externa do cilindro fibrovascular. Quando, do cilindro fibrovascular saem as folhas, o xilema das nervuras (x) se localiza, naturalmente, na face adaxial (ad) e o floema (f) na abaxial (ab).

A ramificação das raízes se dá por multiplicação do periciclo (figura 2, per), que é um meristema secundário. A ramificação do caule se dá pelas gemas laterais (Figura 3, gl). Estas, quando se desenvolvem, produzem ramos vegetativos (r). A gema apical (ga) é responsável pelo crescimento do caule. Os ramos (r) se desenvolvem das gemas laterais (gl), mas cada novo ramo já forma uma gema apical (ga).

Na raiz, os pelos absorventes só se formam na epiderme, na região em que o xilema já é funcional, isto é, quando os vasos lenhosos já estão em condições de transportar a solução absorvida do solo.

Na Figura 2, o tecido limitado pela epiderme (ep) e a endoderme (end) constituem o parênquima cortical, rico em espaços intercelulares – (esp. Int.). Deve-se notar que os parênquimas do xilema e do floema (Figura 4) não apresentam espaços intercelulares, mas apenas pequenos meatos, nos cantos das células. Esta diferença é de importância fisiológica.

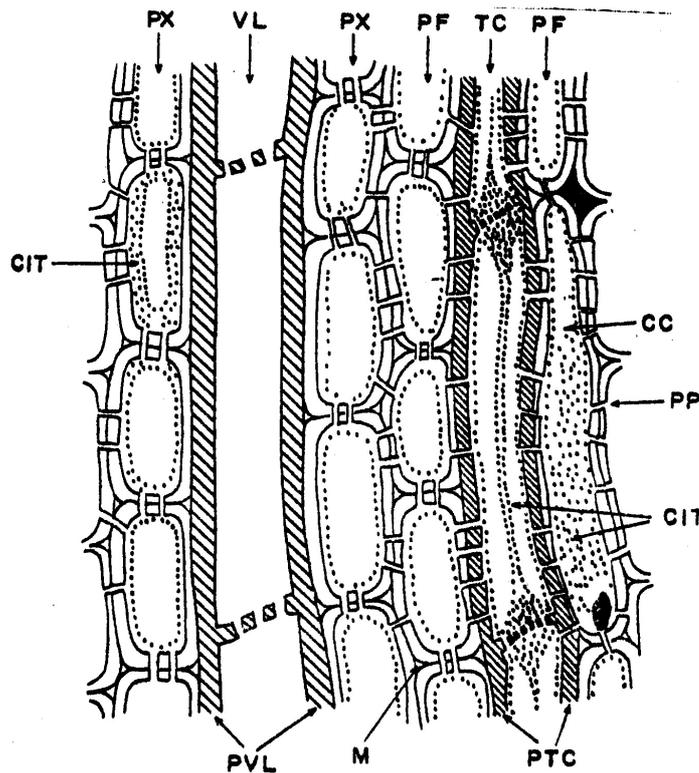


Figura 4. Esquema do sistema de condução

PX – parênquima xilemático; PF – parênquima floemático; VL – vaso lenhoso; TC – tubo crivoso; CC – célula companheira; M – meato celular; PVL – parede do vaso lenhoso; PTC – paredes do tubo crivoso; PP – pontuação de plasmodesmas; CIT – citoplasma. (Original)

No caule, as folhas mais velhas, as que atingem o estado de maturidade em primeiro lugar estão próximas à base, as folhas e os ramos mais velhos. A medida que se aproximam o ápice, as folhas e os ramos são mais novos, até os que ainda estão em formação, ainda na gema apical (Figura 3).

O sistema fibro-vascular (de condução) penetra na folha e nele se ramifica (Figura 5) ou se distribui, em feixes paralelos (monocotiledôneas).

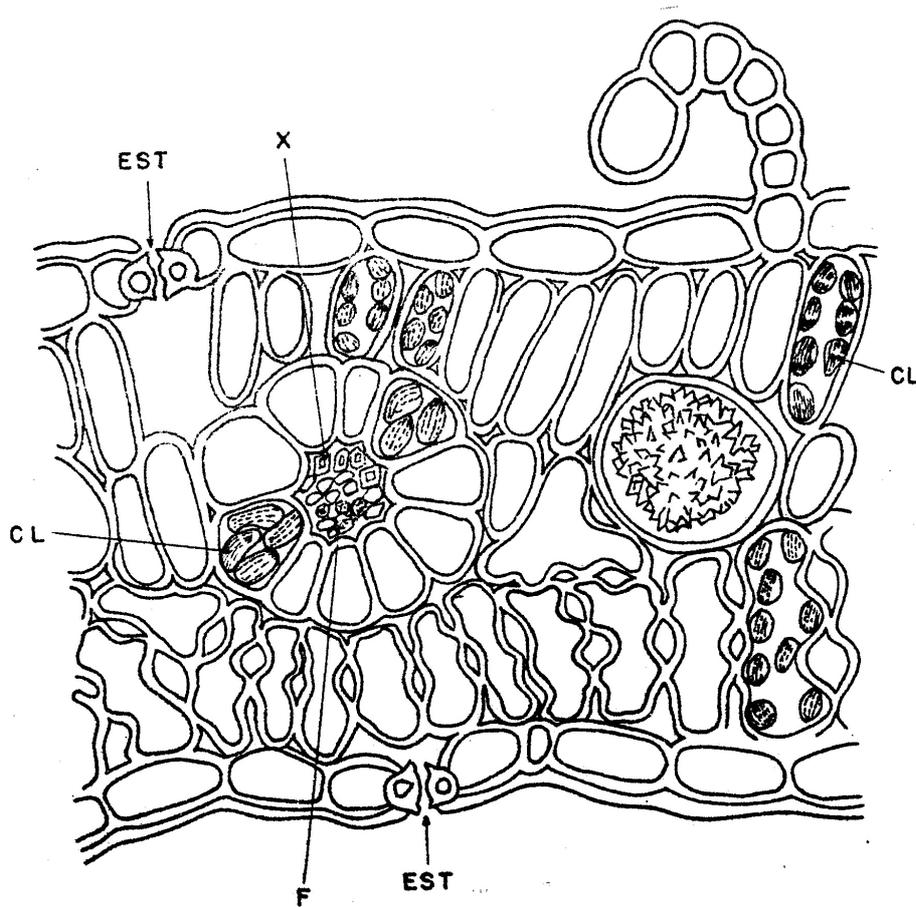


Figura 5. Estrutura da folha de *Amaranthus-hybridus* (Caruru-de-folha-larga).

Estrutura radial, típica de plantas C₄. Os cloroplastos da bainha do feixe nervural são muito grandes, em comparação com os do mesofilo. A folha é anfistomática. Est – estômato; X – xilema; Cl – cloroplasto; F – floema. (Original)

6. INTERAÇÕES FITOTÓXICAS

As interações herbicida-planta, podem ser divididas em dois grupos: *Interações fitotóxicas* e *Interações desfitotoxicantes*.

As interações fitotóxicas herbicida – planta são os processos que resultam em distúrbios vitais da planta, pela ação do herbicida.

Esses distúrbios vitais se manifestam por anomalias do desenvolvimento, com quadros sintomáticos que podem identificar os tipos de interações fitotóxicas, mas nem sempre, o herbicida causador dos sintomas.

Por exemplo, uma clorose foliar é sempre causada pelo desaparecimento da clorofila das folhas. Esse desaparecimento da clorofila pode ter várias causas: destruição dos cloroplastos, inibição da síntese de clorofila, inibição da formação de cloroplastos e, conseqüentemente, de clorofila, etc... Tais distúrbios podem ser causados por: inibição da reação de Hill, na fotossíntese, característica de trianzinas, uréias, uracilos, etc.; inibição dos ácidos nucleicos (DNA, RNA) e, por conseguinte, da síntese de proteína e das enzimas, que, também são proteínas. Estas ações são exercidas por um grande número de herbicidas; precipitação de proteínas, que paralisa todos os sistemas enzimáticos, inclusive destruindo cloroplastos e clorofila, característica dos ácidos cloroalifáticos (dalapon, TCA); etc...

6.1. Interações Fitomorfogênicas

As anomalias deformantes, mais conspícuas; tais como epinastias, alongamento de ramos novos, folhas, flores e frutos monstruosos, proliferação de raízes laterais, indução de raízes adventícias, engrossamentos anormais e irregulares de caules e raízes, tumorações e rachaduras na casca do caule e da raiz, fasciação de ramos e inflorescências, inibição de raízes laterais, brotação basal excessiva, etc., são chamados sintomas formativos. Vários desses sintomas formativos, embora característicos de fitotoxicidade causada pelos fenoxiácidos, são também produzidos por outros grupos de herbicidas, tais como carbamatos, dinitroanilinas, glicinas, pelo picloram, etc..

O crestamento e encarquilhamento dos ápices e bordos foliares, com faixas de infiltração mais escuras ao longo das nervuras secundárias, seguido de clorose internerval progressiva, caracteriza um quadro sintomático de fitotoxicidade produzida por herbicidas apoplásticos, geralmente inibidores da fotossíntese, ou de síntese de proteínas.

Entretanto, embora se possa indicar, pelos sintomas, o tipo de ação fitotóxica do herbicida, e até certo ponto, o grupo químico a que ele possa pertencer, a identificação exata do herbicida causador do quadro sintomático não é fácil. Neste caso, somente por uma análise de resíduos, ou por informações pessoais fidedignas, que indiquem quais os herbicidas usados na cultura afetada, ou nas lavouras da região, é que se poderá identificar o real causador do quadro sintomático.

De um modo geral, os herbicidas exercem sua ação fitotóxica nas seguintes fases do desenvolvimento celular: a. na divisão celular; b. na distensão celular; c. na diferenciação celular; d. nas células adultas.

Em qualquer dessas fases, a concentração do herbicida que atinge a célula tem grande influência na evolução do quadro sintomático. Por exemplo, os fenoxiácidos, em concentrações extremamente baixas, funcionam como fitohormônios e ativadores da multiplicação e da distensão celular. Em concentrações relativamente baixas, funcionam como inibidores da divisão celular, não impedindo, no entanto a multiplicação dos núcleos, o que origina células gigantes, multinucleadas. Também, funcionam como antiauxinas, inibindo a distensão celular, sem interferir, no entanto, na síntese de celulose, o que origina células pequenas, de paredes extremamente grossas. Em concentrações elevadas, os fenoxiácidos afetam um número muito maior de sistemas do metabolismo, dando origem aos sintomas formativos característicos desses herbicidas.

6.1.1. Na divisão celular

Na divisão celular, realiza-se primeiramente a cariocinese, que é a divisão do núcleo, seguindo-se a citocinese, que é a divisão da célula, com separação do citoplasma e formação da parede divisória das células-filhas.

A divisão celular se realiza nos meristemas. Estes são os tecidos de formação que produzem as células destinadas à constituição dos demais tecidos da planta.

Já no embrião da semente, encontram-se, em estado latente os meristemas da radícula e do caulículo, denominados *promeristemas*. Na germinação, esses promeristemas entram em atividade, produzindo as células originárias da nova planta. Nesta, esses meristemas primários se localizam nas pontas das raízes, nos ápices dos caules e nas axilas das folhas.

Todos estes meristemas primários são também denominados *meristemas apicais*, por se encontrarem nos ápices dos órgãos a que eles dão origem.

As estruturas primárias da planta originam-se da diferenciação das células formadas nos meristemas primários.

Nas estruturas primárias, existem meristemas latentes, que entram em atividade para formar os tecidos das estruturas secundárias, produzindo o engrossamento e ramificação de várias partes da planta. São os *meristemas secundários*.

Os meristemas secundários também denominados *meristemas laterais*, porque se desenvolvem ao longo do eixo da planta, só entram em atividade quando a estrutura primária já é funcional.

Os meristemas laterais que mais interessam ao estudo das interações herbicida-planta são o câmbio radicular, que promove o engrossamento da raiz, o *câmbio fascicular* e o *interfascicular*, que, promovem o engrossamento do caule, e o *periciclo*, que produz a formação da radículas.

As monocotiledoneas possuem um meristema intercalar bastante evidente no colmo das gramíneas, onde é conhecido como *anel do crescimento*. O meristema intercalar se encontra, também, na base das bainhas das folhas dessas plantas.

Qualquer herbicida que iniba a síntese dos ácidos nucleicos (DNA, RNA), afeta severamente a divisão celular - impede a formação dos cromossomos, provoca anomalias e fragmentação dos mesmos, inibe a síntese de proteína, nos ribossomos e, em consequência, interrompe todas as sistemas dependentes de proteínas, principalmente, das enzimas, a que provoca uma desorganização total nos processos fisiológicas da divisão celular. Não há formação do fuso acromático, o que paralisa a migração dos cromossomos na metáfase. Daí a formação de muitos núcleos anormais e células gigantes. A falta do fuso acromático resulta na eliminação da polaridade celular, com multiplicação desordenada, das células e formação de tumorações. Por exemplo, as células que deveriam crescer longitudinalmente, e diferenciar-se em um vaso lenhoso, desenvolver-se-ão aglomeradamente, produzindo um tumor.

Há muitos outros, aspectos a considerar em relação à ação fitotóxica dos herbicidas na divisão celular.

Os fenoxiácidos, representados pela 2,4-D, em certas concentrações, inibem a síntese dos ácidos nucleicos e de proteína, mas em outras intensificam-na, ativando a mitose, nos meristemas. Daí a proliferação das células do periciclo, resultando na produção excessiva das raízes laterais; ou o engrossamento excessivo e irregular de raízes e caules, por multiplicação anormal do câmbio (Figura 6). etc.. Outras herbicidas que inibem a síntese dos ácidos nucleicos são

os carbamatos, tiocarbamatos e ditiocarbamatos, produzindo sintomas semelhantes. Os benzonitrilos, as amidas, os dinitrofenóis e vários outros herbicidas também afetam severamente a síntese dos ácidos nucleicos.

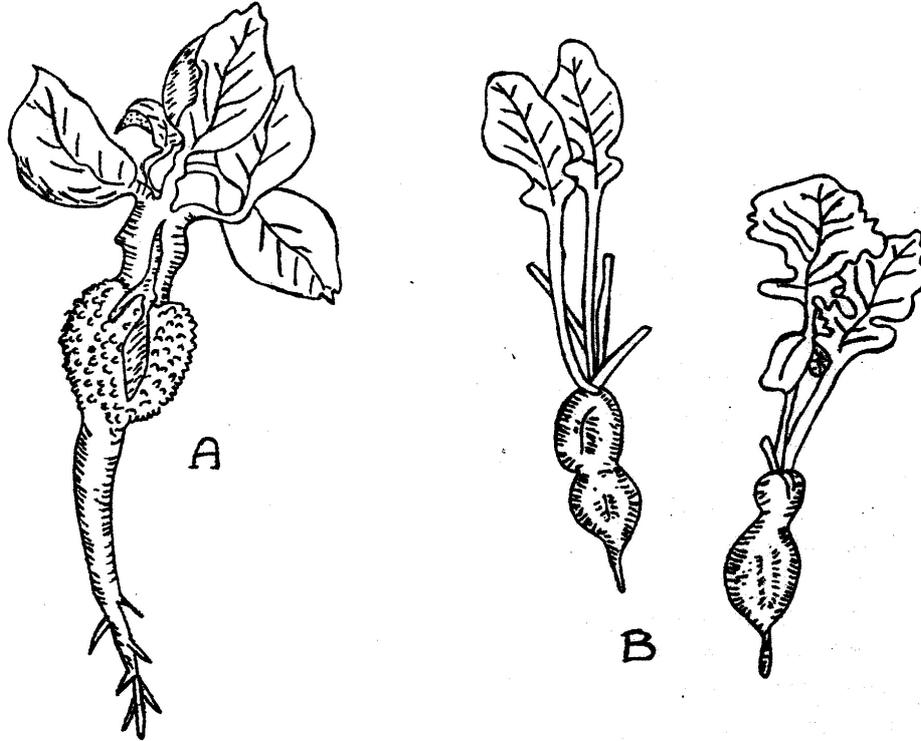


Figura 6. Efeitos dos herbicidas auxínicos: engrossamento excessivo da raiz e do caule, com rachaduras, por multiplicação cambial; proliferação desordenada das células do periciclo com tumorações e excesso de radicelas monstruosas, epinastia foliar e engrossamento dos pecíolos. B. Rabanetes defeituosos, com acinturamento e rachaduras, por multiplicação irregular e excessiva do cambio, produzido por doses elevadas de auxinas.

6.1.2. Na distensão celular

A distensão celular é, primordialmente regulada pelo aumento da plasticidade da parede celular, promovida, principalmente pelo fitohormônio AIA. A inibição da síntese de AIA, ou da sua ação auxínica na parede celular resulta na inibição da distensão celular. As células chegam ao estado adulto sem atingir o tamanho da espécie. Como a celulose continua a ser depositada nas paredes não distendidas, estas se tornam muito espessas e os tecidos respectivos não atingem o crescimento normal. Observa-se este quadro sintomático nas folhas de algodão e outras plantas afetadas por fenoxiácidos, em que os tecidos mesofilares não crescem, mas engrossa, tornando o limbo cariáceo e quebradiço, nas folhas novas. As nervuras crescem, formando pontas e franjas. A distensão irregular, produz folhas novas conchoides, coriáceas, frágeis, quebradiças, por excesso de turgor.

Em concentrações baixas, entretanto, os fenoxiácidos funcionam como auxinas, promovendo o aumento da plasticidade da parede celular. Em virtude da penetração irregular, nos tecidos há distensão também irregular. Os sintomas apinásticos, de

ondulações de ramos novos, de pecíolos foliares e de frutos novos, que se tornam alongados assimetricamente são exemplos de atuação desses herbicidas na distensão foliar (Figura 7).

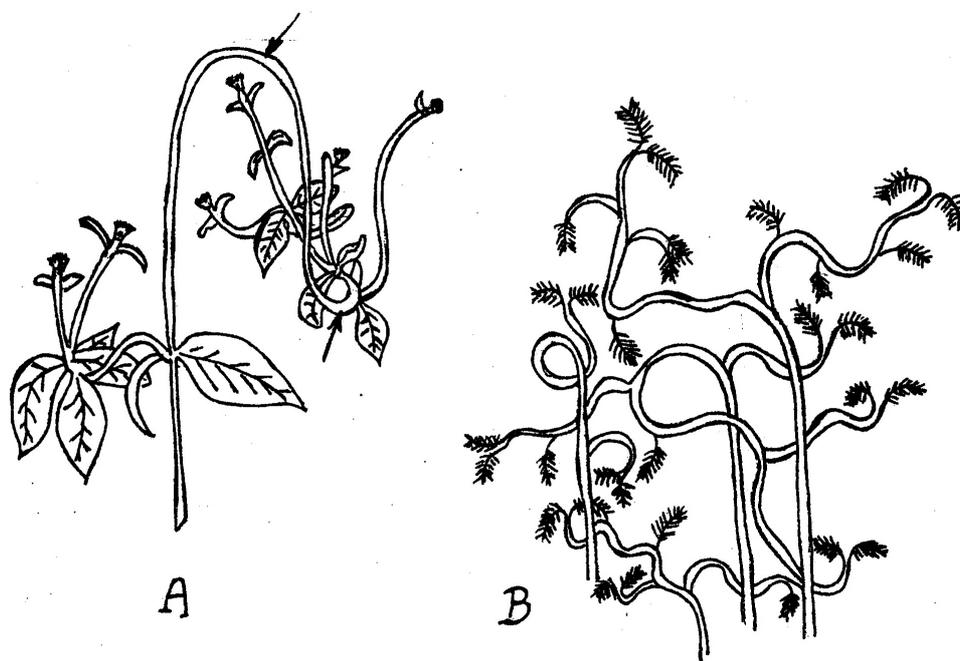


Figura 7. A. Efeitos epinásticos produzidos por 2,4-D (setas) em picão branco. As curvaturas em sentido contrário são fototrópicas. B. Efeitos epinásticos produzidos em plantas herbáceas, por 2,4-D.

6.1.3. Na diferenciação celular

Quando se inicia a diferenciação celular, a célula já atinge o estado adulto e passa a diferenciar-se, de acordo com a sua carga genética específica. Assim, por exemplo, uma série de células se distende e se transforma, diferenciando-se cada uma delas em um elemento de vaso lenhoso; outra série se distende e cada uma se diferencia, formando um tubo crivoso, do floema; outras diferenciam-se em fibras, ou em células endodérmicas, com estrias de Caspary, etc. Assim se formam os vários tecidos com funções especializadas na planta.

A ação dos herbicidas na diferenciação celular é menos intensa do que nas demais fases do desenvolvimento das células.

A diferenciação celular é regulada segundo pesquisas recentes pelas citocininas. A inibição das citocininas impede a diferenciação. Assim, por exemplo, ao se formar um vaso lenhoso, se for inibida a ação das citocininas, os elementos desse vaso, atingidos pelo agente inibidor, não sofrerão a lignificação característica. Qualquer herbicida que interfira na ação das citocininas, como os fenoxiácidos e outros causadores de sintomas formativos, podem afetar a diferenciação celular.

A diferenciação celular pode ser afetada por ação de herbicidas nos sistemas de síntese. Assim, o dalapon, por exemplo, interferindo, na síntese de lipídios, inibe a formação dos ácidos graxos que vão formar a cutina e as ceras da cutícula, nas epidermes

das folhas e dos ramos novos. O mais conspícuo sintoma, no caso, é um aumento excessivo de perda de água da planta, por transpiração, pela deficiência de cutina e ceras na cutícula, ou mesmo, de ausência de cutícula nas folhas novas, com rápido murchamento da planta.

Os herbicidas de contacto e os de redox são os mais energéticos na ação fitotóxica sobre os tecidos adultos, isto é, de células já diferenciadas. O ácido sulfúrico, como dessecante violento, destrói tecidos foliares rapidamente. Ele reage instantaneamente com o Mg da clorofila e, provavelmente com outros nutrientes minerais, ativadores de enzimas, que se encontram no citoplasma e com vários compostos orgânicos, tais como carboidratos, proteínas, etc.. É um poderoso desidratante e retira a água da célula, impedindo as reações do metabolismo. Desorganiza totalmente o protoplasto, entrando, em todas as reações, como enérgico reagente.

Os herbicidas de ação redox exercem dois tipos de ação fitotóxica violenta, nas células adultas, já diferenciadas, dos clorênquimas: a. inibem a fase síntese, da fotossíntese (ver ítem 6.4.1.) interrompendo o transporte dos elétrons da reação de Hill para o ciclo de Calvin; b. funcionando como catalisadores, introduzem, na célula, um ciclo de redução-oxidação, em que captam os elétrons dos hidrogênios liberados na reação de Hill e os doam ao oxigênio, reduzindo-o. Este oxigênio reduzido passa, imediatamente a água oxigenada, poderoso oxidante e desidratante do citoplasma. Essa retirada constante e contínua de água do protoplasto resulta em morte e secamento rápido dos tecidos foliares.

A semelhança desse quadro sintomático produzido pela ação catalisadora dos herbicidas de ação redox com o produzido pelos herbicidas de contacto, que também secam as folhas, fez com que fossem os catalisadores de redox incluídos entre os herbicidas de contacto, erroneamente. Estes agem por contacto e entram como *reagentes* consumindo-se nas reações, ao passo que os redox agem como catalisadores, de redução-oxidação, permanecendo intactos.

6.2. Absorção e Translocação

Os processos fisiológicos que intervêm em todas as fases do ciclo de vida de uma planta, dependem, essencialmente, da água. Ela embebe todo o organismo vegetal, é o meio dispersante de todos os coloides, é o solvente único dos solutos minerais e orgânicos que agem e interagem nos processos bioquímicos, é o substrato físico de todos os sistemas enzimáticos que promovem as sínteses e degradações do metabolismo, é o meio de transporte de todos os materiais que entram e se translocam, ou se depositam ou saem da planta, e é o elemento físico que mantém a planta viva na sua forma específica natural, mantendo-a em um estado de turgescência suficiente para que ela cresça e se desenvolva, completando o seu ciclo de vida.

É por isso que, nos estudos de fisiologia vegetal, deve-se conhecer, primeiro, o movimento da água na planta, para depois estudar os demais processos fisiológicos.

6.2.1. Absorção da Água e dos Solutos do Solo

A planta, através das suas raízes, absorve, do solo, água e sais minerais nela dissolvidos. Esta solução, penetra na região de absorção da raiz, onde estão os pelos absorventes, e vai até o xilema, subindo pelos vasos lenhosos, até as últimas extremidades aéreas da planta. A essa solução de sais denomina-se seiva mineral, seiva xilemática. Ela é

constituída, predominantemente de sais minerais dissociados nos seus respectivos íons, ou na forma molecular.

Além dos sais minerais que são os constituintes normais da seiva xilemática, ela pode conter íons ou moléculas de natureza diversa, mineral ou orgânica, muitos deles fitotóxicos, que são também absorvidos do solo. Tais são, por exemplo, o alumínio, encontrado em grandes quantidades nos solos arenosos de cerrado, e os compostos adicionados ao solo, pelo homem, como inseticidas, nematicidas, herbicidas, etc.. Todas essas substâncias, absorvidas pelas raízes, podem se translocar, na seiva ascendente, até as folhas.

A seiva xilemática se transloca pelo apoplasto, desde os pelos absorventes até as folhas. A água passa livremente por todos os tecidos, quer no apoplasto, quer no simplasto. Os solutos, entretanto, encontram algumas barreiras no trajeto da sua translocação.

Os íons penetram nas paredes das células absorventes e por difusão, se translocam, através do apoplasto, até a endoderme (Figura 2), onde encontram a primeira barreira apoplástica, que são as estrias de Caspary. Aí eles se concentram, pois não podem continuar, pelo apoplasto, sua translocação para o cilindro central.

Entretanto, há uma diferença estrutural entre o cortex e o cilindro central, na raiz: o cortex possui grande quantidade de espaços inter-celulares cheios de ar, isto é, ricos de oxigênio, ao passo que o cilindro central, onde se encontra o sistema de condução (xilema e floema) não apresenta esses espaços intercelulares. É um conjunto de tecidos pobre de oxigênio (Figura 2).

O cortex, portanto, em virtude da presença de oxigênio nos espaços intercelulares, é uma região de alta respiração simplástica. Essa respiração libera energia metabólica que permite aos íons e moléculas que se translocam no apoplasto atravessarem o plasmalema, que é a primeira barreira simplástica. Assim, uma quantidade de íons e moléculas que se difundem no apoplasto do cortex pode passar para o simplasto, por absorção metabólica, em virtude da energia liberada pela respiração. Estes íons e moléculas, uma vez, no simplasto do cortex, translocam-se por difusão, até o cilindro central, através dos plasmodesmas. Na endoderme, eles não encontram barreira, pois as estrias de Caspary somente se acham nas paredes das células endodérmicas. Assim, podem os íons e moléculas se concentrar no simplasto do parenquima xilemático, ao redor dos feixes lenhosos.

Os íons e moléculas concentradas nas paredes da endoderme e nos tecidos corticais adjacentes, não podem passar para o cilindro central via apoplasto, pela barreira das estrias de Caspary. Entretanto, pela energia metabólica da respiração, eles atravessam a membrana semipermeável do plasmalema, sendo assim absorvidos no simplasto da endoderme e dos tecidos corticais adjacentes, podendo passar, simplasticamente ao parenquima xilemático.

Entretanto, para entrarem nos vasos lenhosos, esses íons e moléculas devem sair do simplasto, voltando ao apoplasto, pois os vasos lenhosos não possuem simplasto. Devem, pois, vencer, novamente, a barreira semipermeável do plasmalema, agora, nos parênquimas xilemáticos onde não há, praticamente, respiração e, por conseguinte, energia metabólica livre. Essa passagem dos íons e moléculas de volta ao apoplasto, no parenquima xilemático, atravessando o plasmalema, sem auxílio de energia metabólica, foi explicada por Van Overbeek, da seguinte forma: No parênquima cortical, rico em oxigênio, a respiração é intensa, no simplasto. Ela reduz os produtos degradados a CO_2 e água. Parte do CO_2 é eliminada das células para os espaços intercelulares e sai da raiz. Mas a maior parte do CO_2 da respiração transloca-se no simplasto, até o cilindro central, acumulando-se nos

citoplasmas do parênquima xilemático, em concentrações elevadas. Sabe-se que o CO₂ em concentrações altas, exerce uma ação tóxica sobre o plasmalema, eliminando sua semi-permeabilidade, isto é, tornando-se uma membrana permeável a íons e moléculas. Então, os íons e moléculas acumulados no simplasto do parênquima xilemático voltam, por difusão, sem impedimento, ao apoplasto, atravessando livremente o plasmalema, que deixou de ser barreira, em virtude do efeito tóxico das altas concentrações de CO₂ ali acumulados.

Já no apoplasto xilemático, todos os íons e moléculas caminham por difusão, entrando nas paredes dos vasos lenhosos e também passando para a água que os preenche.

Nos vasos lenhosos, a solução de sais vai, por conseguinte, aumentando suas concentrações de solutos e, obviamente, sua concentração osmótica. O aumento da concentração osmótica provoca um afluxo de água das células do parênquima xilemático para dentro dos vasos lenhosos, obrigando a seiva a seguir, sob pressão positiva. Esta seiva que assim se eleva nos vasos lenhosos, por efeito da absorção osmótica da água, é a que, nas plantas herbáceas de pequeno porte, provoca o fenômeno de *gutação*. É frequentemente observado, de manhã, na forma de gotas nos bordos das folhas, e na exsudação de seiva de certos caules cortados, como do girassol, de videira, etc..

Esta forma de absorção de água e de solutos denomina-se *absorção ativa*, porque o seu mecanismo envolve energia da respiração para a absorção simplástica dos solutos.

A absorção ativa raramente desenvolve pressão superior a duas atmosferas, que não é, naturalmente, suficiente para elevar a seiva à folhagem de altas árvores, como nas que podem atingir 150 metros de altura (*Eucalyptus altíssima*) ou às extremidades de cipós de dezenas de metros que sobem nas árvores altas.

Entretanto, um fato importante a ser notado, é que, embora, a absorção ativa suficiente para elevar os solutos absorvidos até as extremidades das plantas, com exceção das de pequeno porte, ela é *constante* e *contínua*, realizando-se dia e noite, durante todo o ciclo de vida da planta.

6.2.2. Transpiração

Nas folhas, os espaços intercelulares do mesofilo estão sempre saturados de vapor de água, de modo que a umidade relativa desse ar é sempre 100% (Figura 5). Quando os estômatos se abrem, imediatamente o vapor de dentro da folha sai pelos ostíolos, em virtude das diferenças de tensão do vapor dentro e fora da folha. Esta saída de água em forma de vapor constitui o fenômeno da transpiração.

A saída do vapor de água dos espaços intercelulares, pelos estômatos, provoca a evaporação de água, nas superfícies das células mesofilares e desenvolvem um déficit de pressão hidrostática nas paredes dessas células, provocando o afluxo de água do interior das paredes celulares para a superfície delas e, conseqüentemente, o afluxo de água de outras regiões do apoplasto para essas superfícies evaporantes. Esse déficit de pressão hidrostática atinge também o simplasto, provocando a saída de água do citoplasma e dos vacúolos para o apoplasto.

Tais déficits de pressão hidrostática geram força de sucção de água, que se transmite, apoplásticamente, até o xilema, onde atinge as colunas líquidas dos vasos lenhosos, arrastando-se para cima, em toda extensão da planta.

A força total de sucção exercida pelos multimilhões de células de todas as folhas transpirantes recebe o nome de *sucção-da-copa*. A sucção-da-copa se transmite até as raízes e aspira a água do solo, fazendo-a atravessar, em estado de tensão, os tecidos da raiz,

penetrar no xilema e subir até as folhas, em um fluxo-em-massa, arrastando com ela os sais e outros solutos que se encontrem no apoplasto da raiz, formando uma corrente líquida ascendente, denominada *corrente transpiratória*.

A sucção-da-copa chega a desenvolver pressões osmóticas de até 300 atmosferas. A absorção devida à sucção-da-copa, nas plantas transpirantes, denomina-se *absorção positiva*, pelo fato de os solutos da seiva serem arrastados passivamente na corrente transpiratória, das raízes até as folhas.

O conjunto dos dois tipos de absorção - ativa e passiva - constitui a *absorção total*.

A absorção passiva transporta cerca de 90% da água que atravessa a planta, sendo os 10% restantes devidos à absorção ativa. Entretanto, em relação, à absorção e translocação de íons e moléculas - solutos da seiva - é importante destacar os seguintes aspectos:

a. A absorção ativa acumula *continuamente*, solutos no xilema, durante toda a vida da planta, dia e noite. Ela funciona, pois, como um constante fator de armazenamento de nutrientes no xilema da raiz. E, além dos nutrientes, também armazena no xilema da raiz, todos os demais íons e moléculas de qualquer natureza assim absorvidos.

b. A absorção passiva, extraordinariamente mais intensa, só se realiza quando a planta está transpirando. Com raras exceções, como nas plantas palustres, aquáticas emergentes, e algumas de cerrado, se efetua em um limitado número de horas, durante o dia, quando os estômatos estão abertos.

c. Quando cessa a absorção passiva, pelo fechamento dos estômatos, à tarde, e paralisação da transpiração estomatar, a solução da seiva, no xilema da raiz, se encontra extremamente diluída pelo arrastamento dos solutos na corrente transpiratória, o que vem intensificar a absorção ativa, que continua se desenvolvendo. Essa é uma das principais razões pela quais as folhas são túrgidas, no período da manhã, principalmente nas plantas de pequeno porte, ou nas de caules longos, porém rasteiras, como a abóbora e outras.

A velocidade de ascensão da seiva mineral depende das condições de predominância da absorção passiva ou ativa e, também, das condições ambientais: disponibilidade de água no solo, temperatura, umidade relativa do ar, etc.. Ela pode variar de valores quase imperceptíveis até grandes velocidades, podendo atingir a ordem de 45 metros por hora dependendo da espécie vegetal e da intensidade da transpiração.

6.2.3. A Seiva Orgânica

Nas folhas, os tecidos clorofilianos estão cheios de cloroplastos (Figura 5. c1) que se localizam no citoplasma. Os cloroplastos são centros de elaboração de açúcares, que se efetua pela ação fotossintetizante de clorofila.

Os açúcares elaborados na fotossíntese acumulam-se nas células clorofiladas e translocam-se através do simplasto foliar, até o floema das nervuras, concentrando-se nos tubos crivosos.

Ao mesmo tempo em que os açúcares fotossintetizados se acumulam no floema das nervuras, em outros locais da planta, onde estão se formando células novas e tecidos, eles estão sendo utilizados, na formação de paredes celulósicas, de pectinas, de lignina e de grande número de compostos que fazem parte da estrutura química da planta.

Esses locais de consumo dos açúcares da fotossíntese são geral mente, as regiões de formação e crescimento, como folhas novas, pontas de raízes e de caule, gemas, frutos em desenvolvimento, cambio, periciclo ativo, órgãos de reserva em formação e

desenvolvimento, como endospermas de sementes, flores, frutos, raízes tuberosas, rizomas, etc.

Os locais de utilização dos açúcares da fotossíntese são por tanto, os mais variados no organismo das plantas, e o consumo de açúcares é de intensidade variável conforme a atividade dos tecidos que os estão utilizando. Desenvolve-se, pois, um forte gradiente de concentração entre os locais de acumulação do açúcar fotossintetizado, no floema das nervuras, e os locais de utilização, através do floema, provocando a movimentação da solução de açúcar dos locais de síntese (clorênquimas) para os locais de consumo ou utilização. Esta solução açucarada, que assim se transloca, é seiva orgânica, ou seiva floemática.

O movimento da seiva orgânica é diferente do da seiva mineral. Esta sobe das raízes às folhas, pelo xilema (Figura 3), arrastada, pela sucção da copa e deixa os íons e moléculas no apoplasto foliar quando a água é eliminada pela transpiração. Seu movimento é, pois, praticamente em um só sentido - o das raízes para as folhas. A seiva orgânica, porém, como depende do gradiente de concentração de açúcar, pode mudar de sentido, em seu movimento. Por exemplo, em uma planta em desenvolvimento, que está formando raízes, caule e folhas, a seiva formada nas folhas basais (Figura 3. F₁) desce para as raízes, fornecendo açúcares para o crescimento do sistema radicular. A formada nas regiões próximas de ramos em desenvolvimento (Figura 3. F₂) sobe e vai para esses órgãos; a formada nas partes medianas (Figura 3. F₃) vai suprir o cambio que promove o engrossamento da planta, distribuindo-se para baixo e para cima, e a das mais próximas do ápice vegetativo (Figura 3. F₄, F₅) sobe, indo suprir os órgãos novos, em formação e crescimento, na extremidade do caule.

Por conseguinte, o movimento da seiva mineral é *unidirecional* no sentido das raízes para o caule, ao passo que a seiva orgânica, é *bidirecional* no sentido dos locais de produção de açúcar para os locais mais próximos, de consumo de açúcar.

No seu trajeto, qualquer das seivas, tanto a mineral como a orgânica, pode-se distribuir transversalmente, por difusão.

Um caso interessante, do movimento bidirecional da seiva orgânica é o da formação dos ramos-ladrões ou chupões, que se formam na base dos troncos das árvores. Eles se formam, inicialmente, à custa das reservas armazenadas no caule, mas, logo no início do seu desenvolvimento, constituem locais de grande consumo de açúcares, formando um forte gradiente de concentração entre as folhas e o ponto de desenvolvimento do ladrão. A seiva orgânica desce, então da folhagem, até os ladrões e sobe, por eles, fornecendo-lhes o alimento para um crescimento tão vigoroso que pode afetar, mesmo, o desenvolvimento normal da planta.

A velocidade da seiva orgânica é variável conforme as espécies vegetais. Dados obtidos por diversos autores, com radioisótopos, dão uma ordem de grandeza de 40 a 290 centímetros por hora. Nessa faixa se encontra o feijão vermelho (40 cm/h), a beterraba-de-açúcar (100 cm/h), a cana-de-açúcar (270 cm/h) e a abóbora-de-pescoço-longo (290 cm/h).

6.3.4. Absorção Foliar

A absorção foliar dos herbicidas apresenta o problema da barreira constituída pela cutícula, e do revestimento piloso que várias espécies vegetais apresentam, nas folhas.

Os pelos que revestem a folha retêm uma camada de ar que impede as gotículas da calda pulverizada, de atingir a superfície da cutícula. A solução herbicida não chega, a

molhar a folha, não sendo, pois, absorvida. Neste caso, há necessidade da adição de um surfatante, que elimine a tensão superficial da gota, desmanchando-a, e, assim permitindo que ela se espalhe na superfície da cutícula.

A cutícula é de natureza lipoidal, rica em ceras, e, por isso, hidrorrepelente. Por isso, os herbicidas lipossolúveis, ou solúveis em solventes orgânicos penetram facilmente na cutícula, atingindo as paredes celulares de onde passam para o simplasto, iniciando, rapidamente, a sua translocação pelo floema. Um exemplo típico é o dos compostos de 2,4-D. Os sais sódicos e amínicos são solúveis em água, e, por isso, dificilmente absorvidos pelas folhas. São formulados, normalmente, para aplicações ao solo, para absorção radicular e translocações apoplástica. Os ésteres de 2,4-D, não são solúveis em água, mas em solventes orgânicos. São lipossolúveis e penetram rapidamente na cutícula. Por isso, são formulados em concentrados emulsionáveis, para serem aplicados às folhas. Esses concentrados contêm um emulsionante (surfactante) adequado. Os vapores dos herbicidas voláteis entram pelos estômatos.

Os surfatantes são compostos de moléculas muito longas e ramificadas, com uma extremidade hidrofílica e outra lipofílica. São usados, nas formulações de defensivos, como adjuvantes com uma série de funções: detergentes, hipotensores (espalhantes), molhantes, adesivos, dispersantes, emulsionantes, viscosantes, espumógenos, etc..

A cutícula (Figura 8) é constituída de uma matriz de cutina (poli-éster de ácidos graxos) estéreo-ramificada, que se forma em meio a um substrato pectinoso. Nos espaços das estéreo-ramificações da cutina, sintetizam-se as ceras, que se depositam em plaquetas. Na região subjacente à superfície cuticular, as ceras são amorfas e se projetam para o exterior, em microprojeções que recobrem a cutícula. É esta cera que se nota, por exemplo, nas folhas de couve, repolho, cana-de-açúcar (colmo), ervilhas, e outras.

A celulose também se forma, na cutícula, em lamelas impregnadas de cutina.

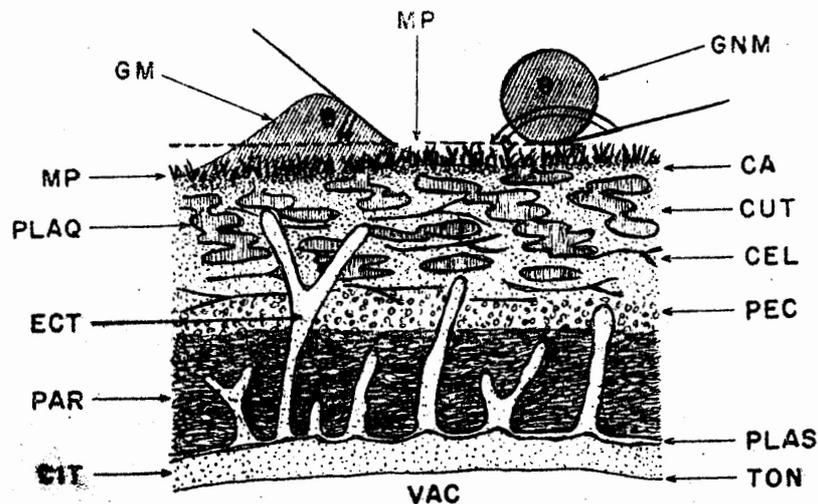


Figura 8. Estrutura submicroscópica da cutícula.

MP – micro-projeções de cera; CA – cera amorfa, na região superficial; CUT – matriz de cutina; CEL – lamelas de celulose, impregnadas de cutina; PEC – camada pectínica; PLAQ – plaquetas de cera, que se anastomosam, mergulhadas na matriz de cutina; ECT –

ectodesmas; PAR – parede celular, formada por um emaranhado de microfibrilas de celulose; PLAS – plasmalema; CIT – citoplasma; TON – tonoplasto; VAC – vacúolo; GM – gota molhante; GNM – gota não molhante; 0 – ângulo de contacto.

(Adapt. De ORGELL, 1954, Apud Van Overbeek, 1956 e Franke, 1964, in Planta 63 (3): 274-300) In Camargo & Silva, *Manual de Adubação Foliar*, Ed. “Herba”, Piracicaba, 1975.

A cutícula é, pois, formada de compostos lipoidais (ceras e cutina) hidrófobos, e carboidratos (pectinas e celulose), hidrófilos.

A cutina e as ceras constituem uma via de fácil acesso às substâncias não polares, que nelas penetram facilmente e se translocam, por difusão, até as paredes das células epidérmicas (apoplasto), podendo, então, passar ao simplasto. A massa pectínosa, que serve de substrato à matriz de cutina, é de natureza gel-coloidal e altamente hidrófila.

Ela absorve água e se entumesce, afastando entre si as plaquetas ramificações da cutina e formando, nas folhas túrgidas, uma via de entrada de translocação por difusão, das substâncias hidrossolúveis.

A cutina oferece, pois, a penetração dos íons e moléculas aplicados à folha, duas vias de entrada: a *via lipoidal*, por onde penetram as substâncias apolares, oleosas, lipossolúveis e lipofílicas; e a *via aquosa* por onde penetram as substâncias polares, hidrófilas, hidrossolúveis.

As células da epiderme apresentam, ainda, canalículos que, partindo do citoplasma, atravessam as paredes celulares e penetram na cutícula, denominados ectodesmas. Os ectodesmas, contêm uma solução aquosa, rica em ácido ascórbico. Se um íon ou molécula, em translocação por qualquer das duas vias-lipoidal ou aquosa-entrar em um ectodesma, poderá muito rapidamente atingir o simplasto, por difusão na solução aquosa do ectodesma (Figura 8).

Assim, qualquer substância, polar ou não polar, pode penetrar no apoplasto foliar e daí passar para o simplasto.

6.3. Interações na Absorção

A absorção radicular de água, íons e moléculas é sensivelmente afetada pelos herbicidas que interferem na divisão celular, produzindo alterações teratogênicas que impedem a formação do xilema, na raiz.

Todos os herbicidas que afetam a divisão celular, tais como os carbamatos, os fenoxiácidos, as amidas, as dinitroanilinas, e outros inibem, conseqüentemente, a absorção radicular.

Certos herbicidas, como os fenoxiácidos, provocam o fechamento permanente dos estômatos, impedindo a entrada do CO₂ atmosférico nas folhas. A falta de CO₂ atmosférico interrompe a fotossíntese, mas, não a respiração, que prossegue, produzindo CO₂ no simplasto, pela degradação dos carboidratos. A respiração consome todos os carboidratos, inclusive as pectinas da cutícula que perde, então, sua permeabilidade aos compostos polares, hidrossolúveis. Não haverá, pois, penetração cuticular desses compostos.

A absorção de nutrientes também é afetada por alguns herbicidas. A difenamida, por exemplo, que é inibidora da síntese de RNA, reduz significativamente a absorção de Mg, Ca, K e P em *brassicas* (repolho).

6.4. Interações na Fotossíntese

Os dois grandes sistemas que constituem, por assim dizer, os mecanismos vitais fundamentais da fisiologia da planta são a fotossíntese e a respiração.

É a partir do açúcar elaborado na fotossíntese que se formam todos os carboidratos mais complexos, dissacarídeos e polissacarídeos, sacarose, maltose, trioses, amido, pectoses, celulose, calose, etc.. que, em última análise, vão formar o corpo e as reservas nutritivas. E a respiração, é o processo de degradação dos carboidratos que fornece a energia para todos os sistemas bioquímicos e fisicoquímicos do metabolismo vegetal.

Assim, a interferência de herbicidas nos mecanismos da fotossíntese e da respiração, inegavelmente causam graves distúrbios vitais na planta.

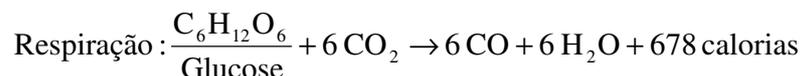
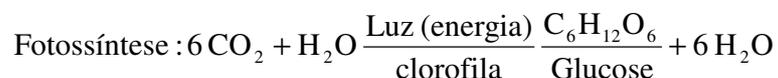
6.4.1. Fotossíntese

A fotossíntese e a respiração constituem os dois complexos mais importantes de sistemas bioquímicos de metabolismo dos carboidratos, na planta.

A fotossíntese é responsável pela elaboração da hexose (monossacarídeo), que pode, em outras seqüências de processos enzimáticos, formar açúcares e carboidratos mais complexos, como sacarose, amido, celulose, etc..

A respiração, em uma série sucessiva de processos, enzimáticos, degrada os carboidratos e outros compostos elaborados na planta.

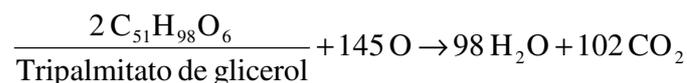
Em reações condensadas, podemos representar a fotossíntese e a respiração como segue:



Enquanto a fotossíntese é um processo de armazenamento de energia, na elaboração da glucose, a respiração é o processo inverso, de degradação com liberação de energia armazenada, representada na reação acima: para cada molécula de glucose degradada em água e CO₂, há liberação de 678 calorias de energia.

Assim como, após a formação de glucose, na fotossíntese, seguem-se outros processos de elaboração dos demais carboidratos e outros compostos orgânicos, também, pela respiração, esses compostos podem ser degradados a CO₂ e água.

Por exemplo, uma gordura vegetal, pode ser respirada a CO₂ e água:



Na fotossíntese, a acumulação da energia da luz nos carboidratos se dá por redução do CO₂ atmosférico pelo hidrogênio originado da fotólise da água (reação de Hill), ao passo que, na respiração, a energia acumulada nos compostos orgânicos sintetizados na planta é

liberada, na degradação desses compostos, por oxidação pelo oxigênio, com liberação de CO_2 e água.

A energia liberada na respiração é utilizada em um grande número de fenômenos metabólicos, tais como absorção ativa de íons e moléculas, síntese de compostos orgânicos diversos, tais como enzimas, coenzimas, síntese de novos carboidratos, proteínas, gorduras, etc., além de, na forma de calor, manter, os tecidos, o equilíbrio, de temperatura ideal para as reações bioquímicas do metabolismo vegetal.

Bassham (cf. *BONNET, 1962*), divide, didaticamente, a fotossíntese, em duas fases → a fase *foto* e a fase *síntese*. A fase *foto* consiste na absorção da luz, pela clorofila e na conversão da energia luminosa em energia química, a qual promove a fotólise da água (reação de Hill) e no armazenamento do restante dessa mesma energia em novas ligações, em compostos de alta energia. Este armazenamento de energia pode se realizar no escuro.

Assim, segundo Bassham, a fase *foto* inclui um estágio *foto* (a reação de Hill) e um estágio *não-foto* (armazenamento de energia e transporte de elétrons). A energia, na fase *não-foto*, promove dois tipos de reações muito importantes: a. incorporação do ânion H_2PO_4 absorvidos pela planta, ao ADP (difosfato de adenosina) transformando-o em ATP (trifosfato de adenosina), poderoso agente que fornece o P para a formação de carboidratos fosfatados intermediários da fotossíntese; b. incorpora[ção dos elétrons dos hidrogênios, liberados na fotólise da água, ao TPN (nucleotídeo de trifosfapiridina), o qual passa a TPN.H_2 , isto é, TPN reduzido. O TPN.H_2 é o transportador que conduz os elétrons do hidrogênio e os cede, na fase *síntese*, para a redução do CO_2 , que se realiza no ciclo de Calvin.

No estágio *não-foto*, a energia liberada na fotólise (estágio *foto*) é armazenada como potencial químico, sendo 56.000 calorias como energia livre, de troca, no ATP, e 11.000 calorias na formação de TPN.H_2 .

A fase de *síntese* da fotossíntese, é a que corresponde ao ciclo de Calvin, e se inicia com a incorporação de 1 átomo de carbono, do CO_2 da atmosfera, no segundo átomo do pentose fosfatado ribulose – 1,5-difosfato, seguindo-se em seguida, o rompimento dessa cadeia de 6 carbonos em duas moléculas de ácido fosfoglicérico (PGA), que é o segundo passo do ciclo de Calvin. O PGA é o primeiro composto detectável na fotossíntese, por meio do carbono radioativo (^{14}C). O esquema da página 32, adaptado do esquema simplificado de Bassham (cf. *BONNET, 1962*), dá uma idéia do mecanismo da fotossíntese.

O TPN é um receptor dos respectivos elétrons para as reações de redução. Outro aceptor-transportador de elétrons, nesse tipo de reação é o NADP (dinucleotídeo de nicotinamida-adenina), que funciona do mesmo modo que o TPN, nas plantas superiores.

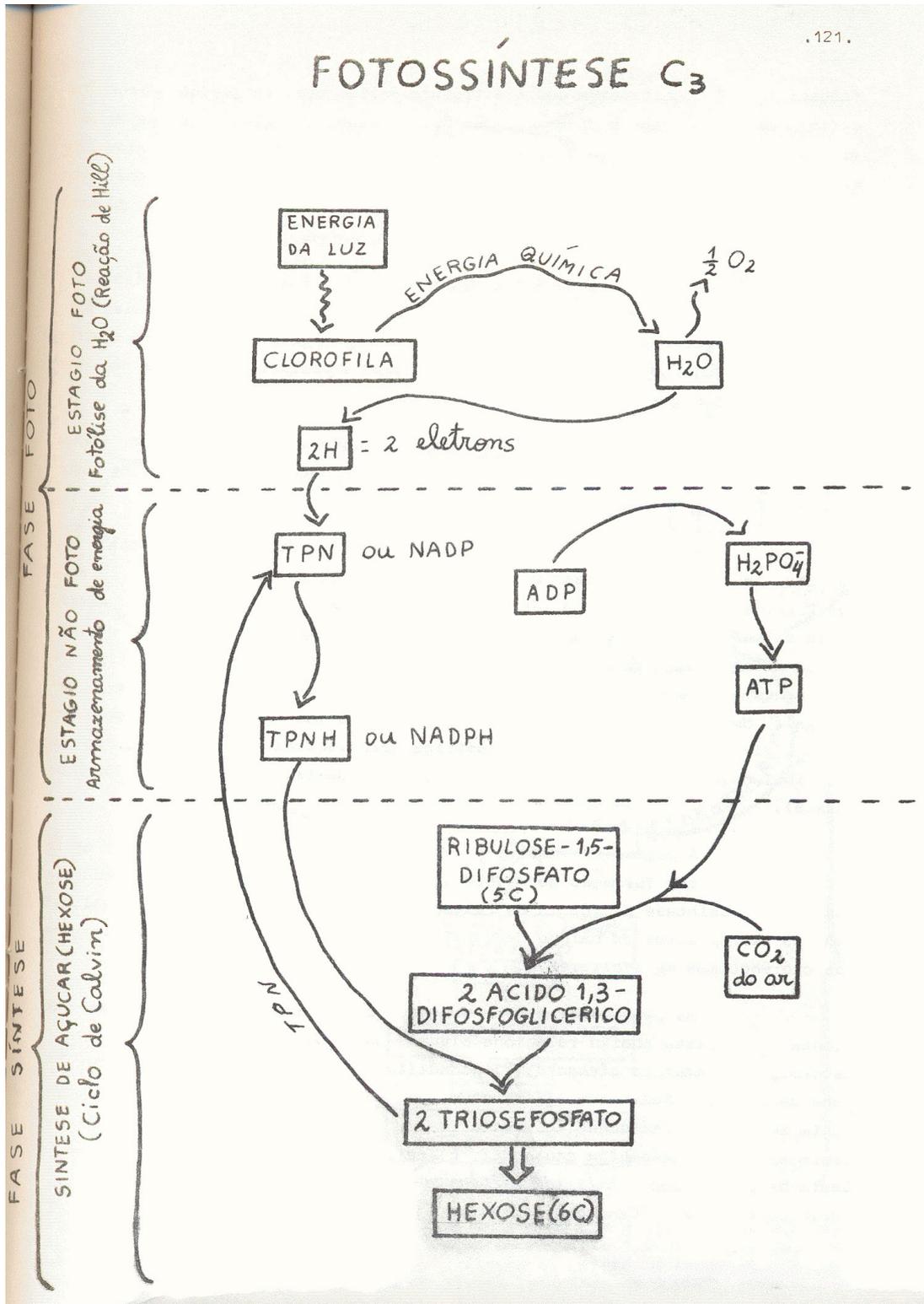


Na fotossíntese e na respiração, o NADP é o aceptor-transportador predominante.

6.4.1.1. Fotossíntese C_4

Em 1965, Kortschak e seus colaboradores verificaram que, na cana-de-açúcar, os primeiros compostos formados na fotossíntese não eram moléculas de ácido fosfoglicérico (PGA), de 3 átomos de carbono, mas compostos de 4 átomos de carbono, identificados como malatos e aspartatos. *HATCH e SLACK, 1966*, determinaram esse novo ciclo da

fotossíntese, cujos principais reações se realizam em cloroplastos especiais, localizados nas células das bainhas das nervuras (Figura 5).



Por outro lado, os pesquisadores que se dedicaram ao estudo da fotossíntese C_4 constataram que a estrutura foliar das plantas que apresentam o ciclo de Hatch-Slack é diferente das que apresentam somente o ciclo de Calvin. Por essas razões (fotossíntese C_3 e estrutura foliar comum e fotossíntese C_4 e estrutura foliar típica), as plantas superiores foram divididas em dois grandes grupos – plantas C_4 , denominadas, respectivamente, *planta não eficientes* e *plantas eficientes*.

A estrutura da folha das plantas C_4 , é muito característica. As nervuras possuem uma bainha, simples ou dupla, constituída de células grandes, contendo grandes cloroplastos, sem grana e com grão de amido em contraste com os dos cloroplastos dos demais parênquimas clorofilianos, que são bem menores, possuem grana e não tem grãos de amido.

Essa estrutura, que em corte transversal na região dos feixes nervurais mostra um aspecto radial, já havia sido notada por Krantz, no século passado, em gramíneas.

As plantas C_4 apresentam, pois, a estrutura foliar radial, ou estrutura de Krantz, ao passo que as plantas C_3 tem estrutura normal. Além das gramíneas de crescimento rápido, como a cana-de-açúcar, o milho, o sorgo, entre as cultivadas, e o capim maçambará (*Sorghum halepense*), várias outras, muitas dicotiledôneas, inclusive várias daninhas, são plantas C_4 . A Figura 5 é um esquema da estrutura da folha de *Amaranthus hybridus* (caruru-de-folha-larga). Nela se nota perfeitamente, a estrutura mesofílica radial, das plantas C_4 , diferentes da estrutura mesofílica dorsiventral da planta C_3 , que se distribui normalmente em parênquima paliçádico adaxial e parênquima lacunoso abaxial.

A pagina 34 mostra o ciclo simplificado, de Hatch-Slack da fotossíntese C_4 , com formação de malato ou aspartato, coordenado com a fase síntese da fotossíntese C_3 (ciclo de Calvin). O ciclo de Hatck e Slack realiza-se nos cloroplastos da bainha nervural, ao passo que o de Calvin realiza-se nos clorênquimas mesofoliare.

As pesquisas mostram que já são conhecidas várias centenas de planta C_4 , a lista abaixo relaciona algumas das mais conhecidas:

Beldroega – *Portulaca oleracea*, *P. grandiflora*

Cana-de-açúcar – *Saccharum officinarum*

Capim-amargoso – *Tricachne insularis*

Capim-arroz – *Echinochloa crusgalli*, *E. colonum*

Capim-barba-de-bode – *Asistida pallens*

Capim-carrapicho – *Cenchrus echinatus*

Capim-colchão – *Digitaria sanguinalis*, *D. horizontalis*

Capim-colonião – *Panicum maximum*

Capim-gordura – *Melinis minutiflora*

Capim-maçambará – *Sorghum halepense*

Capim-pé-de-galinha – *eleusine indica*

Capim-rabo-de-raposa – *Setaria* spp

Capim-rosário – *Coix lacrima-jobi*

Capim-sapé – *Imperata brasiliensis*, *I. cilíndrica*

Carurus – *Amaranthus viridis*, *A. hybridus*, *A. spinosus*, *A. retroflexus*

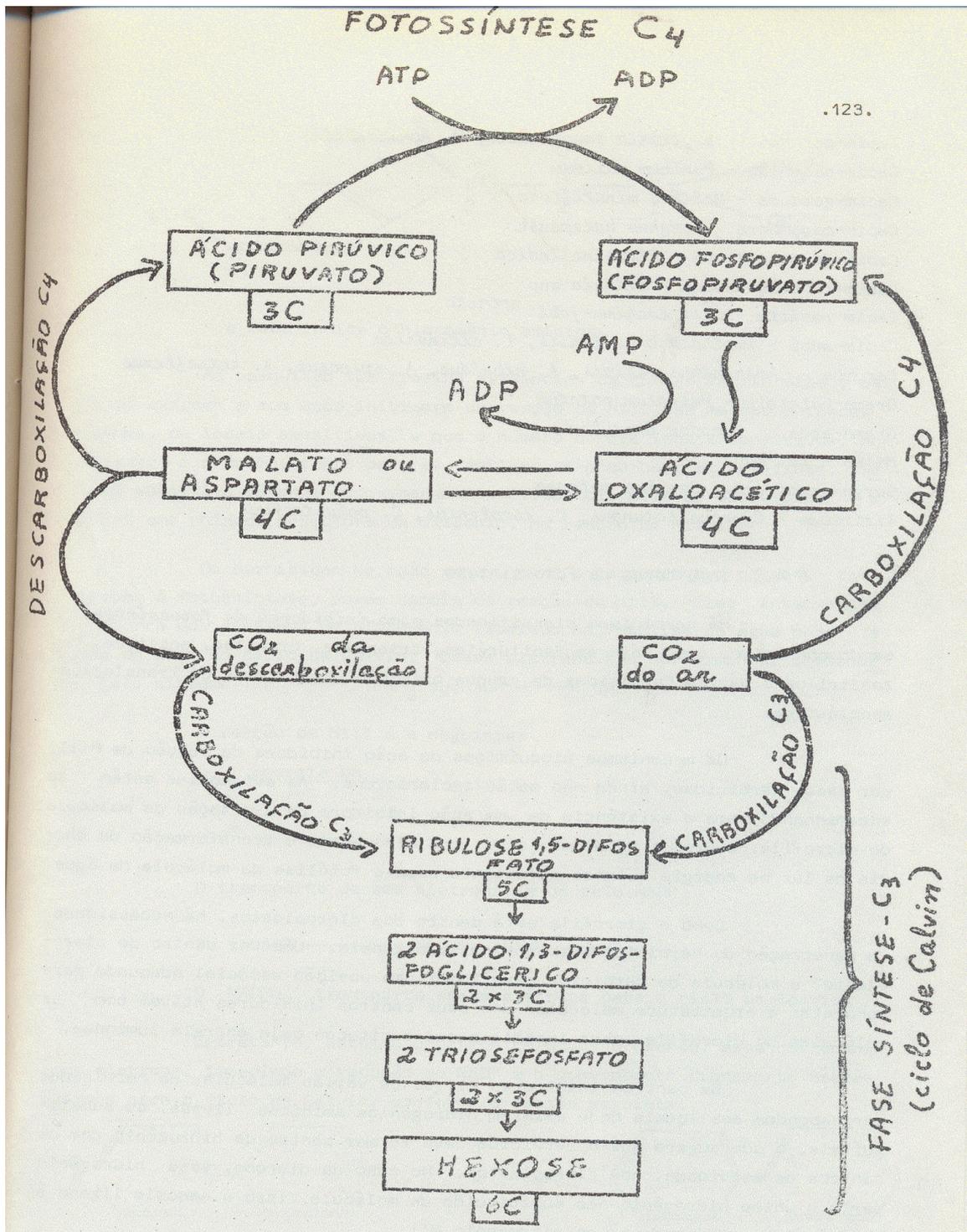
Gramma-batatais – *Paspalum notatum*

Gramma-seda – *Cynodon dactylon*

Milho – *Zea mays*

Sorgo-granifero – *Sorghum vulgare*

Tiriricas – *Cyperus rotundus*, *C. esculentus*, *C. polystachyus*



Ciclo de Hatch e Slack (Fotossíntese C₄), conjugado com o Ciclo da Calvin (Fotossíntese C₃). Note-se que a carboxilação da ribulose 1,5-difosfato vem de duas fontes: CO₂ do ar e CO₂ da descarboxilação de malato ou aspartato, o que aumenta consideravelmente a síntese de hexose (adaptado de BONNET, 1962 e HATCH e SLACK, 1970).

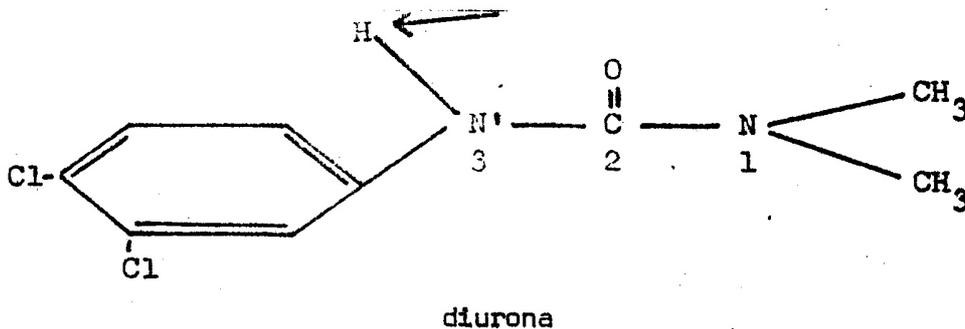
6.4.2. Inibidores da Fotossíntese

Há herbicidas classificados como *inibidores da fotossíntese*, sendo conhecidos como tais as feniluréias, triazinas, uracilas, anilidas, benzonitrilos e vários herbicidas de grupos químicos, todos eles de translocação apoplástica.

Os mecanismos bioquímicos da ação inibidora da reação de Hill, por esses herbicidas, ainda não estão esclarecidos. As evidências estão se encaminhando para a existência de uma ação inibidora da excitação da molécula de clorofila, exercida pelo herbicida, que bloquearia a transformação da energia da luz na energia química suficiente para a fotólise da molécula de água.

Como a clorofila está dentro dos cloroplastos, há necessidade da penetração do herbicida inibidor nessa organela. Uma vez dentro do cloroplasto, a molécula do herbicida deve tomar uma posição espacial adequada para completar a arquitetura molecular dos seus centros inibidores ativos com as moléculas de clorofila, para impedir a sua excitação pela energia luminosa.

Os centros inibidores ativos de várias moléculas de herbicidas correspondem aos locais onde existam hidrogênios amídicos livres, ou substituíveis, o que sugere que o herbicida deve formar pontes de hidrogênio com os centros de atividade, nos cloroplastos. No caso da diurona, esse hidrogênio seria o único hidrogênio não substituído da molécula, isto é, aquele ligado à posição 3, correspondente ao nitrogênio N³:

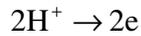
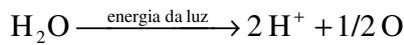


- a seta indica o hidrogênio amídico.

As pesquisas tem trazido evidências de que as feniluréias e as triazinas exercem a sua ação inibidora da reação de Hill nas mesmas unidades funcionais, ou locais sensitivos, e que o número desses locais sensitivos, no cloroplasto, é o mesmo, tanto para as feniluréias como para as triazinas. Cada local sensitivo abrange aproximadamente 2.500 moléculas de clorofila e constitui uma unidade produtora de oxigênio, na reação de Hill.

Os herbicidas de ação redox, como o paraquat e o diquat, também inibem a fotossíntese, porém depois da reação de Hill. Eles interrompem o transporte dos elétrons do hidrogênio liberado na fotólise da água para a redução do CO₂, no ciclo de Calvin. Esses elétrons são normalmente, transportados pelo sistema TPM → TPNH₂ ou NADP → NADPH₂.

A reação de Hill é a seguinte:

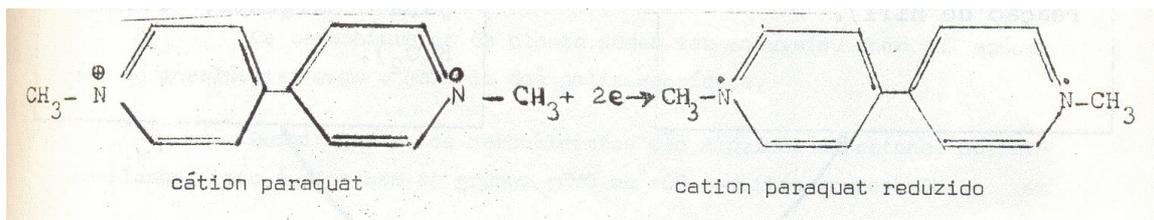


O transporte desses elétrons se dá pelo NADP :



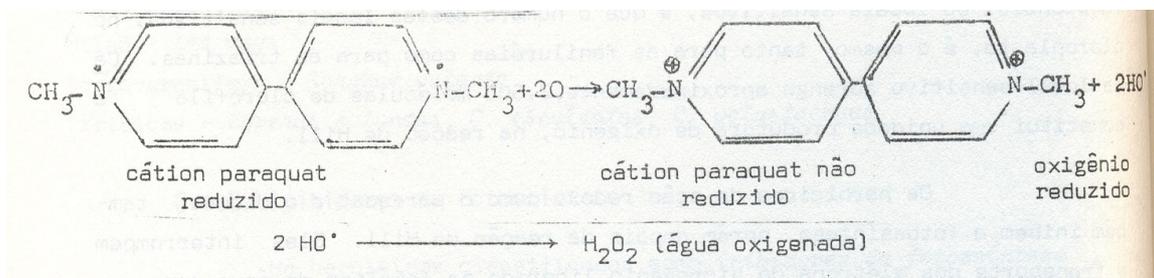
O NADPH₂ transporta esses elétrons para o ciclo de Calvin.

Entretanto, estando o cátion paraquat presente, este cátion capta os elétrons, impedindo a redução do NADP e o conseqüente transporte desses elétrons para o ciclo de Calvin, conforme a reação seguinte:

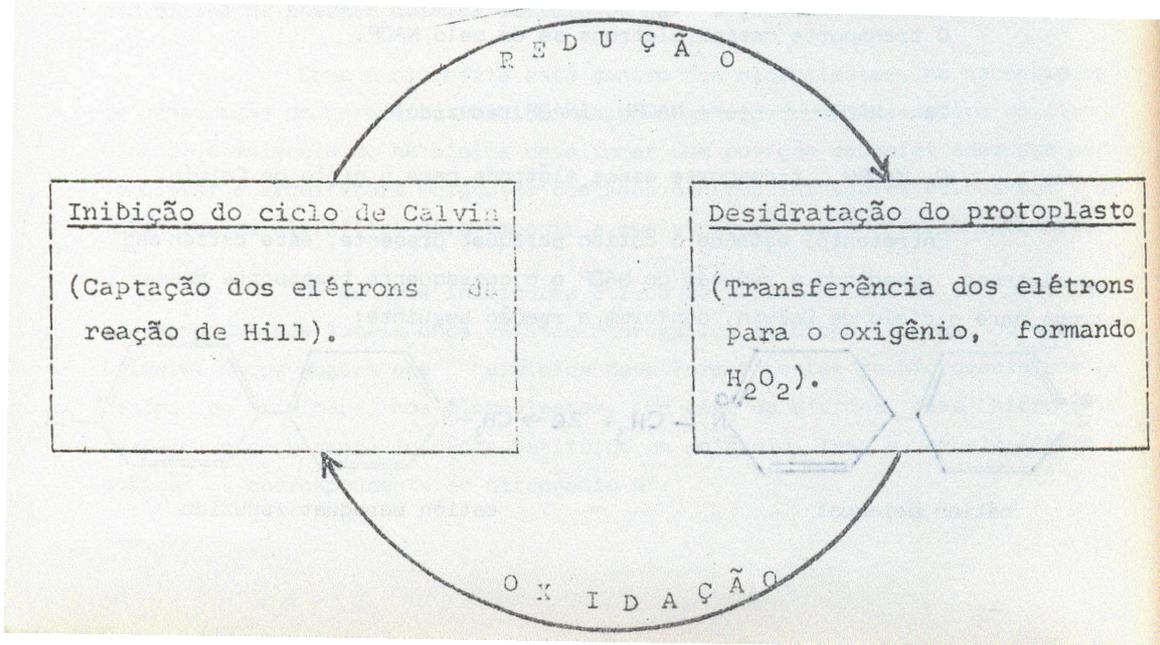


Os herbicidas catalisadores de redox não inibem, pois, a reação de Hill, mas o ciclo de Calvin, por interrupção do transporte dos elétrons dos hidrogênios da água fotolizada para a fase síntese da fotossíntese. E a interrupção do transporte de elétrons se dá somente por redução do cátion bipyridilo por esses elétrons.

A fase de oxidação do cátion bipyridilo já não é de inibição da fotossíntese, mas de transferência dos elétrons para o oxigênio formando oxigênio reduzido (HO·), o qual produz, imediatamente, peróxido de hidrogênio (água oxigenada), violento desidrante. Após essa transferência, o cátion bipyridilo oxidado encontra-se, novamente apto para receber novos elétrons da reação de Hill, interrompendo novamente a fotossíntese e reiniciando, assim, cataliticamente, o ciclo redox:



A água oxigenada, formada assim, nesse ciclo de redução-oxidação, catalisado pelo cátion bipyridilo, retira água do protoplasto, por semelhança macroscópica dos respectivos quadro sintomáticos, é, pois, dupla e cíclica:



No estágio *não foto*, da fase *foto*, realiza-se, além do transporte dos elétrons provindos da fotólise da água ($\text{NADP} + 2e \rightarrow \text{NADPH}_2$) a síntese de ATP e o transporte do ATP, carregado de energia, para a fosforilação, no ciclo de Calvin.

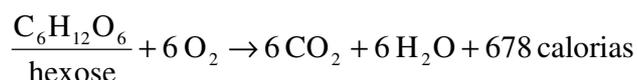
Vários herbicidas tais como derivados de uréia, e outros, inibem a formação de ATP, interrompendo, ou inibindo, conseqüentemente, o transporte de energia para o ciclo de Calvin. Há, pois, também, inibição da fotossíntese.

No item seguinte, sobre a respiração, serão considerados, vários aspectos que são comuns à respiração e à fotossíntese, tais como o transporte de elétrons e de energia, e a fosforilação.

6.5. Respiração

A respiração é o mais importante processo de liberação de energia que se realiza na planta, pela degradação oxidativa de substâncias orgânicas nela sintetizadas.

Normalmente, a respiração se dá pela degradação oxidativa de açúcares, a CO_2 e água, com liberação de energia, de acordo com a reação condensada, já vista no item anterior, que vai aqui, novamente:

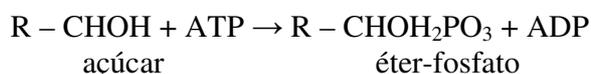


Esta reação mostra que 1 mol (180g) de hexose (glucose, levulose, frutose, etc.) é degradado, pela oxidação de 6 moles de oxigênio (192g), liberando 6 moles de CO₂ (264g), 6 moles de água (180g) e mais 678 calorias, de calor.

Esta equação é correta, para a maioria das plantas, embora haja, naturalmente, exceções. Os carboidratos são os principais substratos da respiração, embora outros compostos também possam ser respirados, em condições especiais, como as proteínas e as gorduras (v. respiração do glicerolpalmitato, no item anterior).

Os carboidratos da planta podem ser solúveis, como os açúcares, ou insolúveis, como a maioria do polissacarídeos.

Quimicamente, os carboidratos são aldeídos ou cetonas polihidroxilados, isto é, possuem os grupos –CHO ou =CO e muitos grupos –OH, em suas moléculas. Em virtude dos seus hidroxilos, os carboidratos forma ésteres, com os ácidos. Os mais importantes, destes ésteres, são os ésteres fosfatados, que são formados por transferência de grupos HPO₃⁻, transferidos pelo ATP ou pelo ADP:



Esta reação de formação de éster fosfatado denomina-se *fosforilação* e constitui passos importantes de transferência de energia na respiração e na fotossíntese.

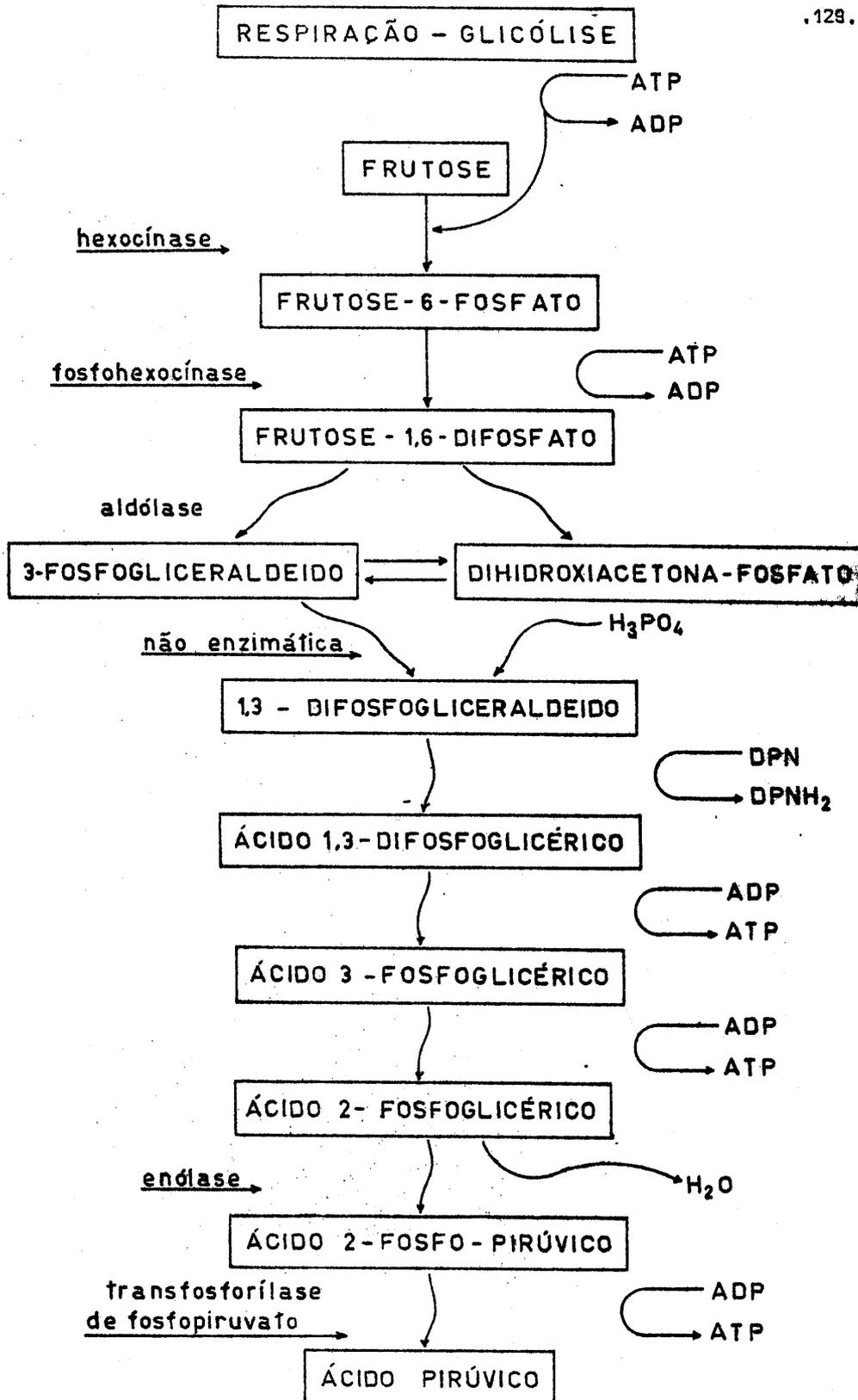
A respiração dos açúcares se dá em duas fases: a. *Glicólise* – degradação das hexoses e ácido pirúvico; b. *Ciclo dos ácidos tricarboxílicos (ciclo de Krebs)* – oxidação do ácido pirúvico, com liberação de CO₂ e água, em uma série cíclica de ácidos tricarboxílicos.

a. *Glicólise* – na glicólise dá-se a fosforilação da hexose (frutose, no exemplo), nos carbonos extremos (C₆ e C₁) sucessivamente (ATP → ADP), rompendo-se, então a molécula 6 C em duas de 3 C monofosforiladas. Uma delas (3-fosfogliceraldeído) reage com fósforo inorgânico (H₃PO₄), tornando-se aldeído difosfoglicérico, seguindo-se a desfosforilação (DAP → ATP) até ácido 2-fosfoglicérico, o qual perde uma molécula de água, por ação da enzima *enólise*, formando ácido 2-fosfopirúvico. Este passa o ácido pirúvico por desfosforilação (ADP → ATP) e ação da enzima específica *transfosforilase de fosfopiruvato*.

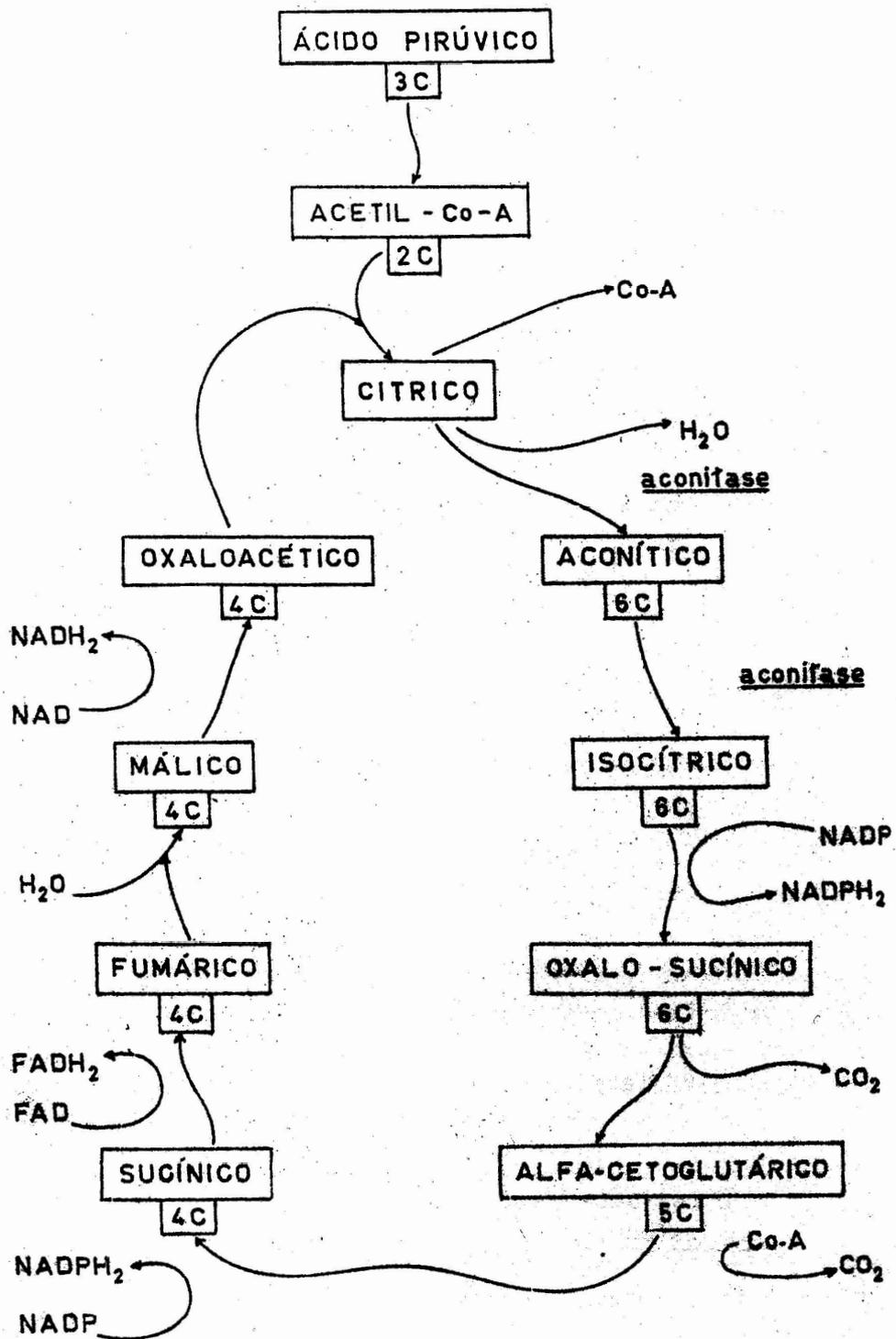
b. *Ciclo de Krebs* – este ciclo se inicia com a ação da coenzima-A que reage com o ácido pirúvico, liberando uma molécula de CO₂ deste ácido e formando um composto de 2 C, que é a acetil-coenzima-A. Esta incorpora os dois carbonos do grupo acetil no ácido oxaloacético, formando o ácido cítrico, de 6 C, e liberando a coenzima-A. Assim continua a série de reações enzimáticas, através de vários ácidos tricarboxílicos, até chegar, de novo, a formação do ácido oxaloacético, completando o ciclo, que se desenvolve, liberando, continuamente, água e CO₂.

6.5.1. Interações na Respiração

As reações da respiração realizam-se nos mitocôndrios. Por conseguinte, qualquer interferência química nos mitocôndrios pode afetar suas funções e, conseqüentemente, a respiração.



RESPIRAÇÃO: Ciclo de Krebs



As evidências tem demonstrado que os herbicidas afetam a respiração por interferência no transporte de elétrons, que se realiza através da membrana mitocondrial, por transportadores (NADP, TPN), afetam o transporte de energia, realizado por ATP e ADP, inibindo conseqüentemente, a fosforilação, em qualquer das fases da respiração.

A interferência dos herbicidas no transporte de elétrons, pode afetar o crescimento, por inibição da respiração e continuação da síntese de açúcar, na fotossíntese. Haverá, então, crescimento por aumento de matéria seca. A hidrazida maleica produz esse efeito.

Os mecanismos da inibição do transporte de elétrons, nos mitocôndrios, pelos herbicidas, ainda não estão esclarecidos, mas presume-se que ele se realize por combinação da molécula do herbicida com o transportador de elétrons (NADP, TPN), interrompendo assim a corrente de elétrons através da membrana do mitocondrion.

A interrupção, ou inibição do transporte de elétrons bloqueia, também, a síntese de ATP, e em conseqüência, o transporte de energia e a fosforilação.

Há evidência de que os herbicidas podem inibir a síntese, de ATP, podem decompor o ATP por hidrólise, e também podem desacoplar as reações de transporte de energia, por bloqueio da ação catalisadora do ATP e ADP, interrompendo, ou inibindo, assim, a seqüência da fosforilação.

O pentaclorofenol, o dinosam (dini trofenol), o ioxinil, bromoxinil e diclobenil (todos benzonitrilos) e os fenoxiácidos (2,4-D; 2,4,5-T) inibem o transporte de elétrons. Em relação aos benzonitrilos, a capacidade inibidora: desses herbicidas está em função dos respectivos halogênios substituídos no anel benzenico de suas moléculas: I > Br > Cl.

Os carbamatos aril-substituídos atuam no ciclo de Krebs, inibindo a ação das desidrogenases.

A fosforilação é inibida por vários herbicidas, tais como fenoxiácidos, ácidos benzóicos, uréias, amidas e anilidas, picloram e outros.

A concentração dos herbicidas influi nos efeitos fitotóxicos. Por exemplo, os fenoxiácidos (2,4-D; 2,4,5-T) em baixas concentrações intensificam a respiração, em frutos maduros e rizomas, e a deprimem, quando em altas concentrações. Este efeito é atribuído à sua ação sobre a síntese e ação catalítica do ATP. Em baixas concentrações os fenoxiácidos, como auxinas, estimulariam a síntese de ATP e em altas concentrações inibiriam essa síntese e ainda desacoplariam as reações catalizadas pelo ATP.

6.6. Interações no Crescimento

O crescimento de uma planta superior se inicia com a germinação, que é um conjunto complexíssimo de reações bioquímicas, associadas, envolvendo absorção de água, degradação de compostos armazenados, translocação de nutrientes orgânicos ao embrião, ou ao órgão vegetativo que está crescendo, e, ao mesmo tempo, uma série de síntese de compostos que vão produzir carboidratos, proteínas, lipídios e todos os materiais indispensáveis para a formação e desenvolvimento das células e tecidos.

Didaticamente, pode-se agrupar essa infinidade de processos bio-químico e biofísicos, nos seguintes conjuntos de fenômenos:

a. Absorção de água;

b. Absorção de solutos que mantém o potencial osmótico, e a pressão de turgor em um nível fisiologicamente adequado, e que também são nutrientes minerais que desempenham funções importantíssimas em todos os processos metabólicos.

Todos os herbicidas que induzem alterações fitomorfológicas interferem na absorção de água e de solutos.

c. Síntese e deposição de celulose, nas paredes celulares, o que implica na síntese de carboidratos diversos.

Os herbicidas inibidores da fotossíntese e da síntese de proteína inibem estes processos.

d. *Síntese de materiais que vão constituir o citoplasma e o núcleo, os mitocôndrios, o plasmalema e o tonoplasto, etc..*

Isso implica na síntese de proteínas, ácidos nucleicos (DNA, RNA), fosfolípidios, etc.. Há um grande número de herbicidas que inibem estes processos de síntese orgânicos.

A absorção de água, na semente, se dá por imbebição, e nas plantas em desenvolvimento, dá-se através do apoplasto e do simplasto, pelos mecanismos já estudados, quando tratamos do movimento da água na planta.

A absorção de solutos implica na penetração de íons e moléculas no simplasto, atravessando o plasmalema, o que requer energia da respiração, pois o plasmalema é membrana semipermeável.

A formação de celulose e sua deposição nas paredes das células em crescimento e síntese de carboidratos depende dos açúcares formados na fotossíntese, ou da degradação respiratória de carboidratos elevados (amido etc.) armazenados na semente. Estes carboidratos, reduzidos a açúcares, entram na síntese da celulose.

A formação do citoplasma e das membranas (plasmalema, tonoplasto, membrana nuclear, membrana de cloroplasto e mitocôndrios, retículo endoplasmático, etc.) dependem da síntese de aminoácidos, proteínas fosfolípidios, ácidos nucleicos, (RNA, DNA). etc.

Todas essas reações de biossíntese e biodegradação dependem da ação catalítica de enzimas e co-enzimas, que exercem funções diversas, e, muitas vezes específicas.

As enzimas e co-enzimas, todas proteínas, são compostos nitrogenados, proteínas, muitas delas dependentes de elementos minerais, que agem como ativadores.

Os nutrientes minerais em sua maioria, são ativadores de um grande número de enzimas e co-enzimas, que catalisam reações de hidrólise, carboxilação e descarboxilações, transferências e incorporações de radicais e moléculas, assim como de inúmeras outras reações de oxidação e redução.

Assim, o N faz parte integrante de todas as proteínas, da clorofila e das enzimas; o P entra na formação dos ácidos nucleicos (DNA, RNA) e nos importantes transportadores de energia, que são os fosfatos de adenosina (AMP, ADP, ATP), responsáveis pelas reações de fosforilação, nos processos da síntese e na degradação do metabolismo vegetal. O K é ativador de enzimas hidrolíticas e transferases; o Ca, também, é ativador de hidrolase; o Mg, além de fazer parte da molécula de clorofila, é ativador de várias enzimas das reações do ciclo de Krebs; o S faz parte integrante das moléculas dos aminoácidos sulfurados (metionina, cistina, etc.), é ativador de enzimas proteolíticas e faz parte da molécula da importante co-enzima-A e da glutatona. Os micronutrientes também exercem funções importantíssimas, no metabolismo vegetal. O Fe é ativador de inúmeras enzimas importantes tais como catalase, hidrogenase fumárica, oxídases citocromos, etc.; o Zn é ativador de um grande número de enzimas, tais como aldólases, desaminase,

descarboxilases, anidrase carbônica, e muitas outras, inclusive as responsáveis pela síntese do triptofano, que é o precursor do ácido indol-3-acético (auxina); o Cu, como o Fe e o Zn, é ativador de enzimas diversas de oxidação e redução, tais como as várias oxidasas e desidrogenases; o Mn também é ativador de enzimas. Entra nas reações do metabolismo dos carboidratos no ciclo de Krebs e nas reações de fosforilação do ciclo de Calvin. Alguns autores tem atribuída ao Cu um papel na reação de Hill; o B é essencial na crescimento do tubo polínico, na translocação de açúcares e em outros processos fisiológicos, inclusive na lignificação da parede celular e na diferenciação celular; o Mo entra em um grande número de reações do metabolismo vegetal. No metabolismo do nitrogênio, o Mo cataliza a redução dos nitratos e nitritos e hidroxilamina, as reações de oxidação-redução conectadas com a fixação de N₂ e os processos de biossíntese das proteínas e dos ácidos nucleicos.

6.7. Fitohormônios

Para que uma planta cresça e se desenvolva normalmente, ela necessita dos seguintes grupos de substâncias químicas e energéticas: a. água, nutrientes minerais, CO₂ e O₂, retirados do ambiente; b. carboidratos, proteínas, ácidos nucleicos e lipídios, elaborados nos processos metabólicos, pela própria planta; c. fontes de energia: a primordial é a da luz, que é armazenada nos carboidratos (fotossíntese) e nos fosfatos de alta energia (ATP, ADP, AMP); e a energia física, produzida pela pressão da água na manutenção do turgor celular. Esta água, em sua maior parte, é retirada do solo (difusão - osmose e transpiração); d. agentes catalisadores do metabolismo (enzimas e co-enzimas); e. reguladores do crescimento, ou fitohormônios, substâncias que sintetizadas em um determinado local da planta, translocam-se, indo exercer sua função em pontos distantes do seu local de síntese.

Os mais bem conhecidos fitohormônios são as *auxinas*, *giberelinas* e *citocininas*.

Auxinas: a mais importante das auxinas é o ácido indol-3-acético (AIA). Ele se forma na gema apical dos caules em crescimento, transloca-se para baixo, inibindo a germinação das gemas laterais. Este processo denomina-se *dominância apical*. A translocação do AIA é apolar, isto é, somente no sentido do ápice caulinar para a base e nunca na sentido inverso. O AIA é decomposto pela luz. Por isso as plantas que recebem luz, de um só lado se curvam para o lado da luz. É que sendo essa auxina promotora da distensão celular, a parte da planta, que recebe luz diminui o crescimento em distensão das suas células, por falta de AIA, ao passo que a do lado oposto continua crescendo no mesmo ritmo, pois ali o AIA não foi destruído pela luz. O geotropismo das raízes se deve à inibição do crescimento ventral por concentrações altas do AIA.

Quando se corta a parte superior de um caule em crescimento elimina-se a fonte de AIA. Então, as gemas laterais se desenvolvem. Esse o principia da poda-de-condução, em horticultura.

Na translocação dos açúcares da fotossíntese, o AIA tem ação ativadora, aumentando a velocidade da translocação. Esta ação ativadora do AIA, no movimento da seiva orgânica tem sido observada, mesmo na translocação da seiva para cima, paradoxalmente com o movimento do AIA, que é só para baixo, porém no floema. Em feijão. O AIA intensifica grandemente a translocação de sacarose e de fosfato, de baixo para cima, no floema. O AIA pode induzir a mitose, em tecidos formando calos. Este fato

indica que ele tem influência na divisão celular, o que é comprovado pelo fato de a iniciação da formação de raízes requer altas quantidades de AIA.

Determinações da quantidade de AIA em plantas constataram que ela é maior no xilema, menos no câmbio e afinal, menor no floema, por onde ela se transloca. Isto sugere que o AIA é formado no xilema novo, em diferenciação.

No crescimento celular por distensão, o AIA, ao penetrar na parede celulósica das células-filhas, aumenta-lhe a plasticidade, fazendo com que a parede não resista à pressão interna, de turgor. Então, a parede se distende e a célula se torna maior. O citoplasma (aparelho de Golgi) deposita celulose na parede, engrossando-a novamente.

Há outros processos fisiológicos controlados pelo AIA, tais como a abscisão foliar, a partenocarpia, a estimulação da respiração, da síntese de proteínas e a formação dos ácidos nucleicos.

Giberelinas: as giberelinas são fitohormônios derivados do ácido giberélico (AG). Hoje conhecem-se diversas giberelinas, todas com ação no crescimento. Para efeito didático, não vamos diferenciá-las, designando-as geralmente por AG, sigla do ácido giberélico.

O AG é encontrado em maiores quantidades nas sementes. Nos tecidos novos sua concentração é mais elevada do que nos adultos. Ao contrário do AIA, a translocação do AG é não polar, mas é tanto no sentido caule-raíz como no sentido raíz-caule. Nas plantas o AG é formado no caule, de onde se distribui, translocando-se também para as raízes.

O AG induz a alongação das células. As plantas novas tratadas com AG alongam excessivamente os seus internódios. Geralmente o alongamento dos internódios é acompanhado de uma redução do crescimento do sistema radicular. Alguns autores explicam este fato por uma competição por material nutritivo - a seiva orgânica vai para o caule em maior quantidade do que a raiz.

O AG estimula a divisão celular nos meristemas e induz a floração, promovendo, também o crescimento dos frutos, por orientação do fluxo da seiva orgânica para dentro dele.

Os principais efeitos observados, pela ação do AG são o crescimento dos internódios, e do hipocótilo, a germinação das sementes, o desenvolvimento sexual das flores, a formação das flores, a partenocarpia, a da dormência de gemas e de órgãos subterrâneos, a divisão das células quebra cambiais, a mudança de forma e tamanho das folhas e na atividade das enzimas.

Na germinação da semente, logo que esta absorve água, o AG inicia ativação da amilase, que começa a digestão do amido, no endosperma. A síntese do DNA também é promovida pelo AG, daí a importância da sua ação na divisão celular.

As pesquisas tem demonstrado que as funções principais do AG e do AIA são, respectivamente, na divisão celular e na distensão celular.

Citocininas: as citocininas (CC) são fitohormônios que atuam na citocinese, na divisão celular. Como se sabe, a mitose compreende a citocinese (divisão do citoplasma) e a cariocinese (divisão do núcleo). As citocininas ocorrem mais frequentemente nas sementes e nos frutos, e são mais concentradas nos meristemas dos órgãos de crescimento.

Os efeitos mais notáveis das CC são na indução da divisão celular e na diferenciação celular. São, pois, as CC que promovem os diversos tipos de diferenciação característica das células, formando assim os tecidos e órgãos para as inúmeras funções da

planta. Em culturas de tecidos cortados, a aplicação de CC resulta na conversão de uma massa amorfa de tecido não diferenciado, em gemas que se desenvolvem em uma planta perfeita, com raiz, caule, folha e flores. Talvez por essa capacidade, as CC inibem a senescência.

As ações principais das citocinetinas na planta, são à promoção da divisão celular, da síntese de DNA e RNA, do crescimento das células nas folhas, da formação de gemas e de raízes, da germinação, da quebra da dormência, da respiração, da translocação dos compostos nitrogenados de baixo peso molecular, da inibição da degradação de proteínas, e de alguns outros processos fisiológicos, tais como a conservação dos cloroplastos em atividade etc.. Todas estas atividades das citocininas decorrem de suas ações sobre enzimas que catalizam fases diversas desses processos fisiológicos.

Dorminas: são fitohormônios que inibem as atividades do crescimento, provocando a dormência de órgãos e tecidos. A mais conhecida das dorminas é o ácido abscísico (ABA). O ABA ocorre nas gemas dormentes das plantas decíduas, no inverno, e é responsável pela dormência de sementes de gramíneas e de outras plantas. Nas sementes, parece que a sua ação é na inibição da formação da amilase, enzima digestiva do amido, funcionando. Neste caso, como antagonista do ácido giberélico.

6.8. Interferência dos herbicidas no crescimento

Os herbicidas interferem praticamente em todos os processos metabólicos das plantas, agindo simultaneamente sobre um grande número de sistemas de síntese e de degradação.

Em relação ao metabolismo do nitrogênio, fundamental para o crescimento, há evidências de que eles causam sérios distúrbios bioquímicos.

O 2,4-D, por exemplo, aumenta o teor de proteína e de aminoácidos no caule, ao mesmo tempo que diminui o teor de reservas de carboidratos nas filhas e nas raízes. Também, aumenta o teor de ácidos nucléicos, e o tamanho das mitocôndrias, nos tecidos tratados.

Muitos herbicidas, tais como os fenoxiácidos e as amidas atuam como antiauxinas, inibindo a ação do, AIA e das giberelinas, e por conseguinte, o crescimento em qualquer das suas fases.

A monuron interfere na síntese de proteína, intensificando-a, ao mesmo tempo que inibe a nitrificação do amônio e a absorção de nitrato. Esta, pode, ser reduzida até de 50%.

A hidrazida maleica inibe o crescimento em tamanho, mas aumenta o peso seco e o teor de aminoácidos nas folhas, o que parece ser devido à inibição da respiração e continuação da fotossíntese e da síntese de proteína.

Há certas evidências de que o amitrol reduz, ou inibe a síntese de proteína, por bloqueio da síntese de certos aminoácidos tais como a purina, adenina, a glicina e a serina, estes dois últimos participantes da molécula purina.

A absorção de nutrientes pelas raízes ou folhas, esta correlacionada com a intensidade respiratória, em virtude da energia liberada na respiração.

Assim, a aplicação de 2,4-D às folhas, em baixas concentrações, funcionando como auxinas aumenta, inicialmente, a absorção de vários nutrientes, tais como K, Ca, S, Cl e Fe e estimula também a absorção foliar de P.

A simazina, aplicada radicularmente aumenta o teor de N nas folhas, e a diurona intensifica a absorção radicular de nutrientes e estimula o crescimento da plântulas do café, quando em baixas concentrações.

No entanto, o EPTC (tiocarbamato), mesmo quando aplicado em altas doses, não afeta, praticamente, a absorção de nutrientes, no feijão.

A transpiração, é inibida pelos fenoxiácidos, principalmente pelo 2,4-D, porque o herbicida provoca o fechamento definitivo dos estômatos. Em consequência, as folhas se tornam, excessivamente túrgidas e frágeis. O mesmo ocorre com frutos novos, A absorção passiva dos nutrientes que depende da transpiração, é inibida, diminuindo drasticamente a absorção de nutrientes.

Em resumo, embora já se conheça, para vários grupos de herbicida, o seu principal modo de ação fitotóxica, como por exemplo, a inibição da fotossíntese, pelas uréias e triazinas, e pelos bipyridilos, a ação no crescimento, pelos fenoxiácidos, etc., muitos dos outros sistemas bioquímicas são também afetados simultaneamente, pelos mesmos herbicidas, e ainda necessitam de maiores esclarecimentos. Este é um campo aberto às pesquisas, pois as informações ainda são muito limitadas.

7. INTERAÇÕES DESFITOTOXICANTES

Entende-se por interações desfitotóxicas as reações biofísicas ou bioquímicas dos herbicidas com compostos ou sistemas bioquímicas da planta, que resultam na inibição ou eliminação das propriedades fitotóxicas do herbicida. A essa inibição ou eliminação das propriedades fitotóxicas, denomina-se desfitotoxicação.

A desfitotoxicação dos herbicidas, na planta, pode se verificar por vários processos: formação de complexos, beta-oxidação, hidrólise, hidroxilação, desalquilação, conjugação, clivagem do núcleo cíclico, e outras.

7.1. Formação de complexos

Certos herbicidas, como, por exemplo, o 2,4-D, quando absorvido em doses baixas, ou sub-letais por plantas como o algodão e o trigo, podem se combinar com compostos provavelmente proteínicos, na planta. O complexo formado não apresenta qualquer fitotoxicidade. Assim, o 2,4-D é desfitotóxico não injuriando a planta. Entretanto, na floração, ele pode ser translocado para os frutos em formação, e depositar-se nas sementes. Nestas, ao germinarem, o complexo se desfaz, liberando o 2,4-D, que, então, exercerá sua ação fitotóxica nas plântulas em desenvolvimento. Estas plântulas raramente se desenvolvem, ou, quando crescem, dão plantas deformadas, raquíticas, de baixa produção.

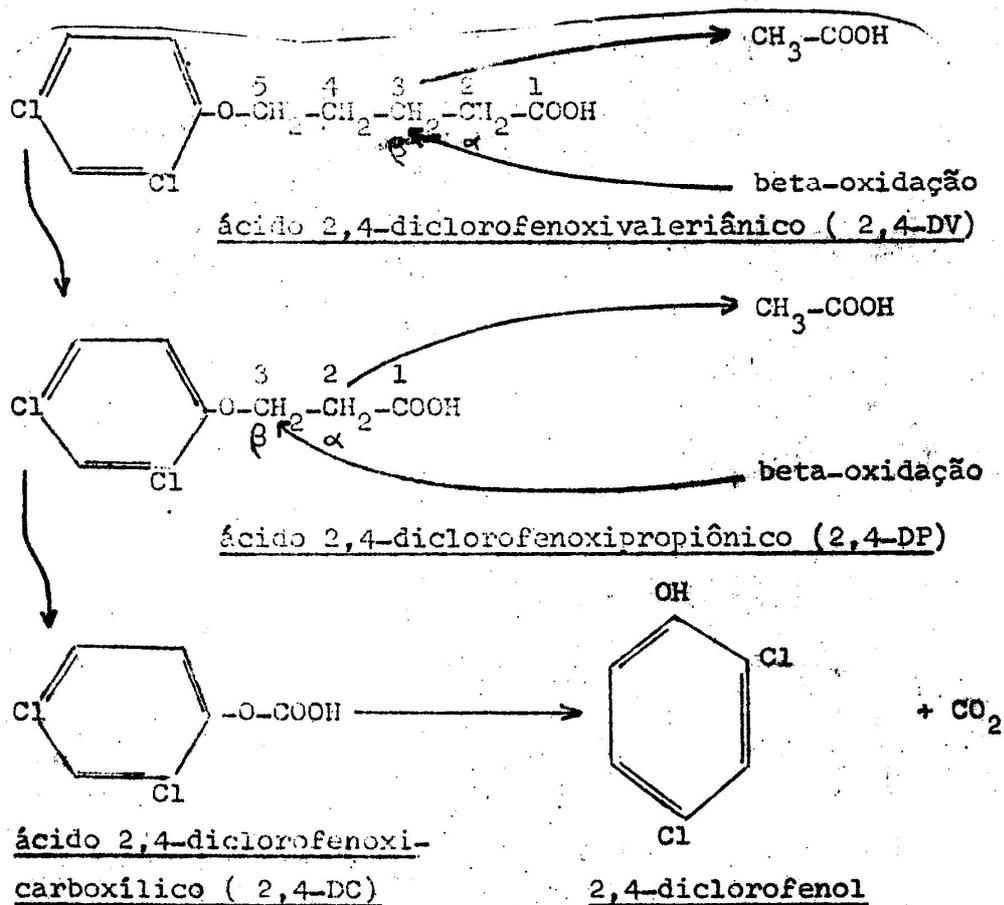
É por essa razão que se devem rejeitar sementes de algodão, mamona e outras plantas susceptíveis, para plantio, oriundas de culturas que tenham recebido deriva de 2,4-D, mesmo que em intensidades muito leves.

7.2. Beta-oxidação

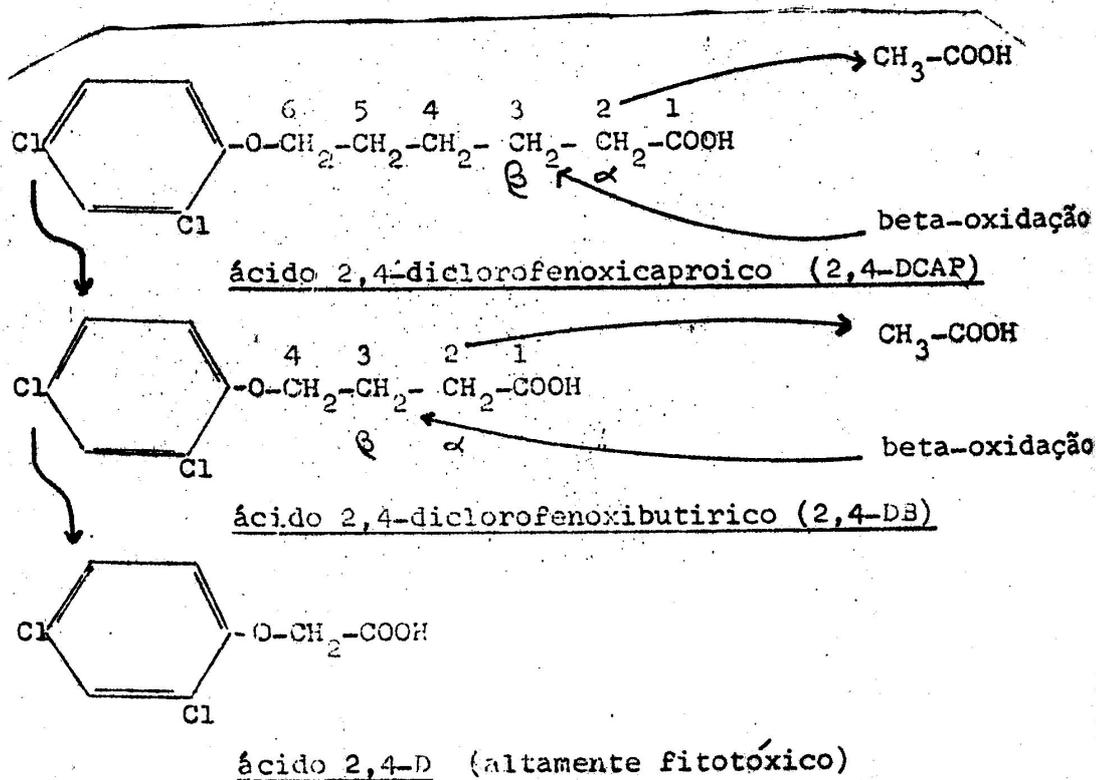
A beta-oxidação é um processo enzimático das plantas, pelo qual o carbono da posição *beta* de uma cadeia alifática de ácido é oxidado por introdução de oxigênio e formação de de carboxilo. Nesta oxidação, a cadeia perde 2 carbonos.

No caso dos fenoxiácidos, a desfitotoxicação só se dá quando há um número par de carbonos intermediários entre o radical fenoxi e o carboxilo.

Nas reações de beta-oxidação, representadas a seguir, o 2,4-DV passou a 2,4-DP, este a 2,4-DC, que se decompôs em 2,4-diclorofeno e CO₂. Em cada beta-oxidação houve formação de uma molécula de ácido acético.



No caso em que o número de carbonos intermediários entre o radical fenoxi- e o carboxilo é *ímpar*, a beta-oxidação de fenoxi-ácido tem resultado oposto, pois reduz o ácido de cadeia longa a 2,4-D, aumentando, portanto. A fitotoxicidade:



Esta propriedade dos fenoxiácidos de número ímpar de carbonos intermediários entre o radical fenoxi e o carboxilo é aproveitada quando se deseja uma ação mais violenta sobre certas plantas daninhas. Aplica-se, nesse caso, o 2,4-DB, que é de fitotoxicidade moderada e pode ser absorvido em grande quantidade e distribuído por toda a planta. Ao sofrer beta-oxidação, ele forma 2,4-D, altamente fitotóxico, já distribuído na planta, matando-a rapidamente.

7.3. Hidrólise

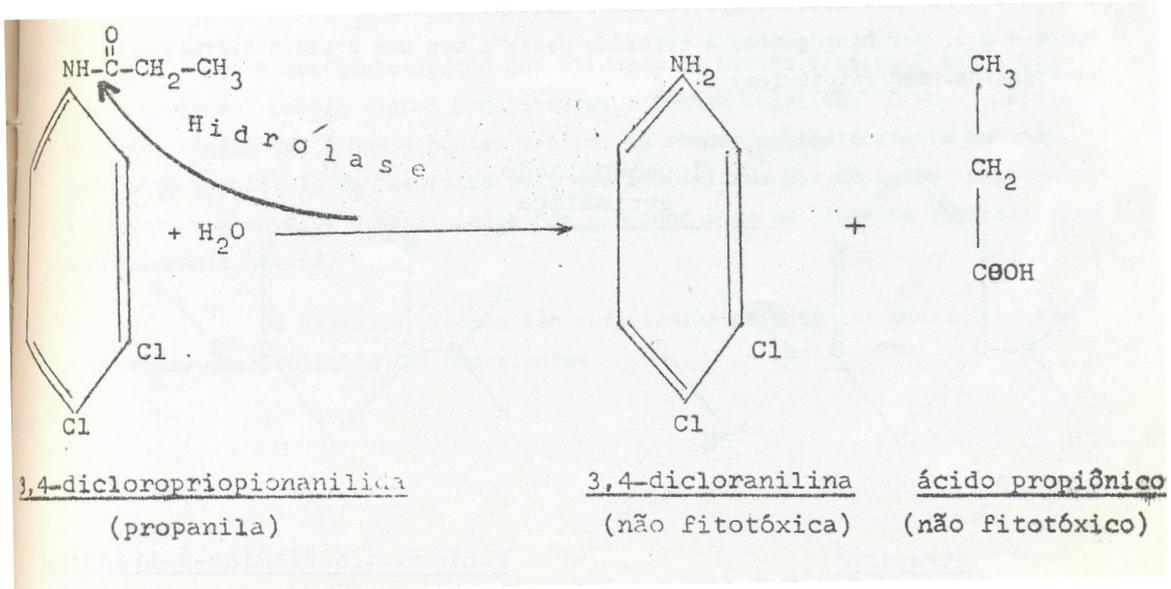
Certas plantas possuem sistemas enzimáticos altamente eficientes, que podem romper, por hidrólise, as moléculas de determinados herbicidas.

Esta propriedade é muito importante, porque constitui um dos tipos de seletividade mais valiosos, para o uso dos herbicidas em agricultura, que é a *seletividade bioquímica*.

A propanila, por exemplo, é altamente seletiva para o arroz. Essa seletividade se deve à presença de um sistema enzimático do arroz, que hidrolisa a molécula da propanila em compostos não fitotóxicos, que entram no metabolismo.

A enzima responsável por essa hidrólise da propanila é a amido-hidrólise de arilacilamina. O arroz possui cerca 64 vezes mais dessa enzima, que o capim-arroz. Por isso, hidrolisa toda a propanila que nele penetra, o que não ocorre com as plantas daninhas (exceto o arroz-vermelho), que morrem.

A reação, simplificada, é a seguinte:

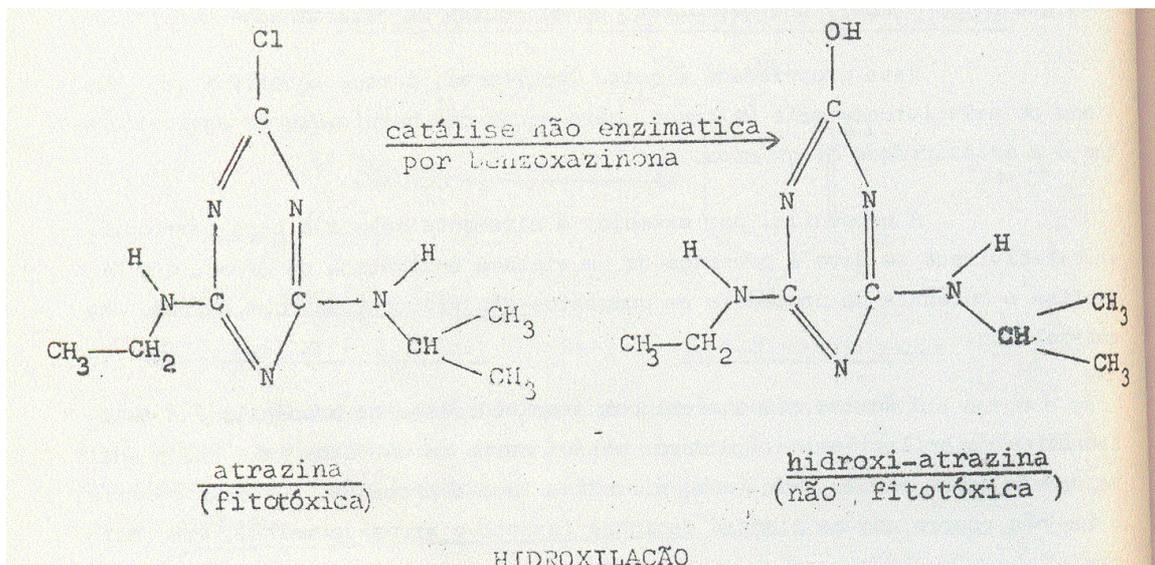


7.4. Hidroxilação, desalquilação e conjugação

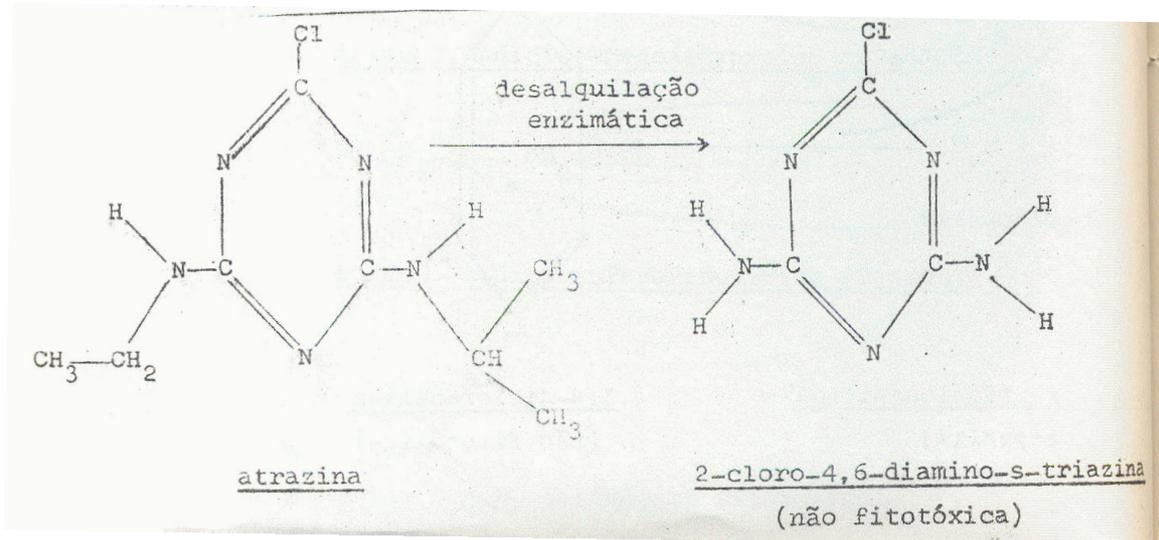
Estes três tipos de desfitotoxicação, que também constituem exemplos de seletividade bioquímica, podem ser explanados pela desfitotoxicação ds triazinas no milho, no sorgo e em outras gramíneas afins.

Nas triazinas, a desfitotoxicação por hidroxilação se dá não enzimaticamente, no milho, por substituição do radical do carbono 2 por uma hidroxilo. Esse radical pode ser -Cl, nas clortriazinas, -O-CH₃, nas metoxitriazinas e -S-CH₃, nas metiltiotriazinas, todas elas triazinas simétricas.

A atrazina pode ser desfitotoxicada por esses três processos:



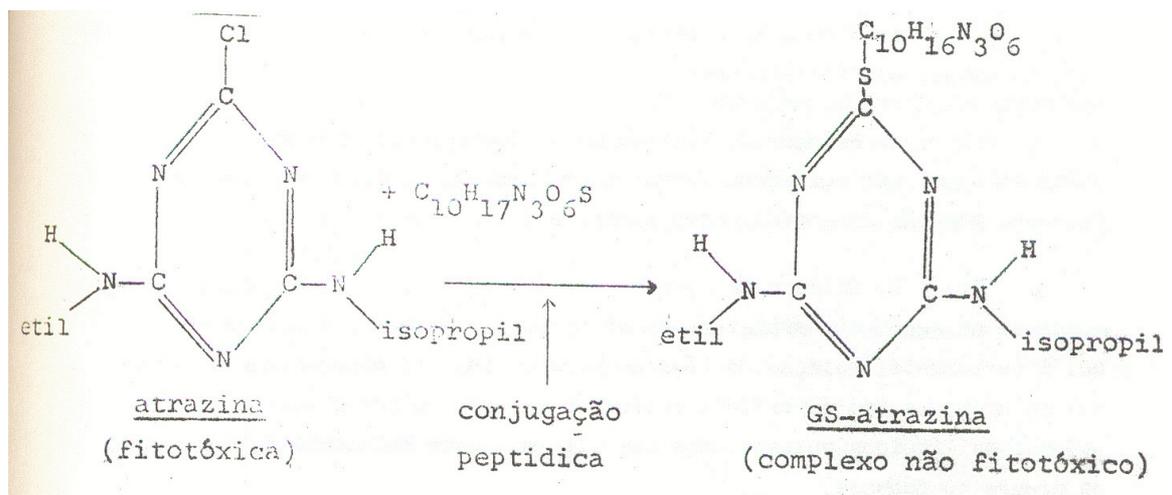
A desfitotoxicação da atrazina por desalquilação é enzimática e consiste na substituição dos radicais alquílicos dos grupos amino dos carbonos 4 e 6, por hidrogênio; a triazina passa a ser uma 2-cloro-4,6-diamino-s-triazina, não fitotóxica:



A reação de desalquilação da atrazina mostra que os radicais etil ($\text{CH}_3\text{-CH}_2$) e isopropil ($\text{CH}_3\text{-CH-CH}_3$) foram substituídos por hidrogênios.

A desfitotoxicação por conjugação se dá por catálise enzimática, pela qual o herbicida é conjugado a um composto orgânico da planta, através de uma ponte formada por um átomo que pode pertencer à molécula do próprio herbicida, ou à molécula do composto a ele conjugado.

No caso da desfitotoxicação da atrazina, no milho, a conjugação se dá com a glutatona, que é um tripeptídeo, formado por *ácido glutâmico*, *glicina* e *cisteína*, cuja fórmula bruta é $\text{C}_{10}\text{H}_{17}\text{N}_3\text{O}_6\text{S}$. A reação é enzimática e a ponte é formada pelo S da glutatona:



Outros herbicidas, como carbamatos, uréias substituídas, etc., podem ser desfitotoxicados por esses processos, na planta.

7.5. Clivagem do núcleo cíclico

A desfitotoxicação por clivagem do núcleo cíclico é ainda bastante duvidoso, embora alguns pesquisadores a tenham sugerido. O que parece ocorrer, realmente, é que o núcleo cíclico se rompe, enzimaticamente ou não, já quando a molécula do herbicida está desfitotoxicada por um outro processo qualquer, que envolve substituições nos carbonos onde se ligam os radicais fitotxicamente ativos.

Os exemplos citados são suficientes para se ter uma idéia das interações desfitotoxicantes nas plantas.

8. SURFATANTES

Surfatantes, são agentes ativadores de superfície que, adicionados a uma substância pura, sólida ou líquida, ou a uma solução, ou mistura, promovem, por ação interfacial, a adesão ou o equilíbrio estável entre as fases de contacto.

O termo surfatante é originado do neologismo inglês *surfactant*, formado artificialmente de partes da expressão “surface active agent” = surf + act + a + nt.

Existem quatro relações de superfície, que devem ser consideradas, no estudos dos surfatantes:

a. *Relação de líquido para líquido*, como por exemplo, óleo disperso em água, por agitação, formando uma *emulsão* ou água dispersa em óleo. Formando *emulsão invertida*, como a maconaise diluída.

b. *Relação de sólido para líquido*, como por exemplo, argila suspensa em água, ou herbicida, em pó molhável, em água, formando suspensão, ou, inversamente, relação de *líquido para sólido*, como pro exemplo, a pintura que se aplica a uma superfície sólida, a pincel, ou por pulverização, ou os defensivos líquidos pulverizados nas plantas, para matocontrole ou controle de pragas ou doenças.

c. *Relação de sólido para gás*, como por exemplo, carvão, no ar, formando *fumaça*, ou defensivos em pó polvilhado, formando poeiras de deriva, no ar.

d. *Relação de líquido para gás*, como por exemplo, gotículas de água, no ar, formando *neblina*, ou gotículas de pulverização aquosa, no ar, em nuvem de deriva.

As relações de superfície tem seus centros de atividade nas faces de contacto entre fases respectivamente líquido-líquido, sólido-líquido, sólido-gás e líquido-gás. Essas fases de contacto são as interfaces, onde se desenvolvem forças, oriundas de atrações moleculares, denominadas tensões interfaciais.

Os surfatantes, por sua ação nas interfaces, podem promover a estabilização das emulsões, impedindo que as gotículas oleosas dispersas se aglutinem; nas emulsões invertidas, impedem as gotículas de solução aquosa, dispersas, de coalescerem. Elas mantem, pois a estabilidade nos sistemas de dispersão líquido-líquido.

Na suspensões de sólido em líquido, agem os surfatantes, nas interfaces das fases de contacto, impedem que as partículas sólidas se aglutinem e floculem, mantendo assim a estabilidade do sistema.

Nas interfaces líquido-sólido, inter-repelentes, como as da água na superfície cerosa das folhas, os surfatantes atuam diminuindo a coesão e aumentando a adesão. A coesão é a força resultante das atrações moleculares, entre moléculas da mesma substância. É pela coesão que se formam as películas de tensão superficial, que mantêm os líquidos na forma de gotas. A diminuição da tensão superficial, atenua a coesão e desmancha as gotas, espalhando-se o líquido sobre a superfície sólida.

A adesão é força resultante das atrações moleculares entre moléculas de substâncias diferentes. O aumento da adesão entre um líquido e um sólido, provoca o espalhamento do líquido nas superfícies externa e interna do sólido, em camada monomolecular e, por conseguinte, a sua penetração nos espaços internos do sólido.

As relações sólido-ar e líquido-ar serão consideradas quando se tratarem os problemas da deriva.

8.1. Classificação eletroquímica

Os surfatantes podem ser classificados de acordo com as suas propriedades eletroquímicas e suas atividades interfaciais.

De acordo com suas propriedades eletroquímicas, eles se dividem em *iônicos* e *não iônicos*, dependendo da sua dissociação em água. Os surfactantes não iônicos não possuem partículas carregadas, ao passo que os iônicos dissociam-se em *íons* e *contra íons*, dividindo-se, pois, em *catiônicos*, quando o contra-íon é um ânion, e *aniônicos*, quando o contra-íon é um cátion. O íon é sempre, integrante da parte apolar da molécula.

No surfatante catiônico, quando, em dissolução na água, o cátion exerce influência predominante, na sua atividade, se ele for aniônico, a influência predominante será do ânion.

Por conseguinte, os surfatantes iônicos podem reagir com compostos de cargas respectivamente opostas. Os surfatantes catiônicos também são conhecidos como sabões invertidos e possuem poder bactericida.

Os surfatantes não iônicos ionizam-se muito pouco, ou não se ionizam em água. Não sendo, pois, eletrólitos, não reagem com os ácidos, bases e sais comuns, funcionando como eletroquimicamente inertes.

Há surfatantes que se comportam como catiônicos, em meio alcalino, e aniônicos, em meio ácido. Estes são denominados surfatantes *anfóteros*.

8.2. Natureza da Ação dos Surfatantes

As moléculas que constituem a massa de um corpo estão permanentemente em movimento, em virtude da sua energia cinética. Ao mesmo tempo elas se atraem, mutuamente, pelas forças de Van der Waals, que são as forças de atração molecular.

Quando as forças de atração molecular agem, sobre as moléculas da mesma substância, a atração resultante denomina-se *coesão*. Quando elas se exercem entre moléculas de substâncias diferentes, ela se denomina *adesão*.

O estado físico de uma substância depende das relações entre a energia cinética e a coesão das suas moléculas. Sabe-se que as forças de Van der Waals não atuam, entre as moléculas, a uma distância maior que um, a dois diâmetros moleculares, sendo esse o raio de ação que delimita o estado físico da substância.

Se a atração molecular for suficiente para manter as moléculas extremamente próximas, dentro dessa campo, a matéria será sólida, e sua densidade diminuirá com a

distância guardada entre as moléculas. Quando essa distância atingir as proximidades do limite (um a dois diâmetros moleculares), a matéria passará ao estado líquido e as moléculas, pela sua energia cinética, se movimentarão umas nos campos das outras.

Uma molécula que escapa a um campo, em virtude da energia cinética, será atraída a outro campo. E assim, a amplitude dos movimentos das moléculas líquido são muito maiores que a das do sólido.

Se a energia cinética das moléculas ultrapassa o valor das atrações moleculares, o seu movimento deixa de ser subordinado aos campos de ação de Van der Waals, pois as moléculas guardam, então, entre si, distâncias maiores que um diâmetro molecular, e a substância passa ao estado gasoso.

Em um líquido, assim como em um sólido, as moléculas sofrem atrações iguais, em todas as direções, exceto na região da sua interface com outra substância. Se a interface limita o líquido com o ar, ela é chamada superfície livre. Aí as moléculas exercem, entre si, maior atração, aproximando-se umas das outras, do que resulta a formação de uma película líquida, mantida pelas forças de atração molecular, cuja resultante é denominada tensão interfacial ou tensão superficial, se a interface for entre o líquido e o ar.

Se a interface for entre o líquido considerado e outro líquido, ou entre o dito líquido, e um sólido, as moléculas das duas diferentes substâncias se atraem, pelas forças de Van der Waals. Esta atração é a *adesão*.

Se a adesão for igual à coesão, os dois líquidos se misturam. Se a adesão for maior que a coesão, as moléculas dos dois líquidos acumulam-se na interface, constituindo o fenômeno da *adsorção*. E se a adesão for menor que a coesão, os líquidos separam-se, formando uma interface em que as moléculas das duas substâncias se dispõem em dois planos justapostos, como água e óleo.

O mesmo se dá entre um sólido e um líquido. No primeiro caso, o sólido se dissolve no líquido. No segundo caso, o líquido é adsorvido à superfície do sólido, isto é, o líquido adere à superfície do sólido. E, no terceiro caso, não havendo adesão, como é o caso da água sobre as cutículas cerosas das folhas, o líquido forma gotas revestidas de película de tensão superficial. Estas gotas escorrem sobre a superfície do sólido, ou evaporam, se às condições do ambiente permitirem.

Os fenômenos de coesão e adesão verificam-se na matéria, em qualquer dos seus estados físicos. Entre o mercúrio, metal líquido, e o papel de celulose, a coesão é maior que a adesão. Então, o mercúrio não molha o papel, permanecendo sobre ele entre o mercúrio e o ouro, a adesão é maior que a coesão, e o mercúrio molha o ouro, penetra entre as suas moléculas e se distribui na sua superfície interna, em camadas monomoleculares, formando a liga denominada *amálgama*.

Introduzindo-se energia calorífica na amálgama, por aquecimento, as moléculas de mercúrio adsorvidas às superfícies internas do ouro aumentam a sua energia cinética, que ultrapassa a das atrações moleculares de Van der Waals, diminuindo a adesão. As moléculas de mercúrio escapam dos campos de atração das de ouro, difundindo-se, em forma gasosa, no ar.

Estas considerações são gerais, levando em conta apenas as atrações moleculares devidas às forças de Van der Waals e a energia cinética das moléculas. Há entretanto, outras propriedades que entram em jogo, influenciando essencialmente nas relações de superfície. Tais são a polaridade, a dissociação eletroquímica, etc..

8.2.1. Polaridade e Dissociação

As moléculas que possuem grupos químicos que tem grande afinidade com a água, são denominadas moléculas polares. A água é o composto de maior polaridade que se conhece. Exemplos de grupos polares são $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{CN}$, $-\text{CONH}_2$, $-\text{NH}_2$, $-\text{SH}$, $-\text{NHCH}_3$, $-\text{NCS}$, $-\text{NO}_2$, $-\text{CH}=\text{CH}_2$, e também grupos contendo O, N, S, Br, I e Cl, incluindo também as dúplices e tríplexes ligações dos compostos não saturados.

Um grupo polar confere, ao composto que o possui, uma certa solubilidade em água. O metano, CH_4 , por exemplo, é um gás insolúvel em água. Introduzindo-se-lhe um grupo polar, como $-\text{OH}$, ou $-\text{NH}_2$, os compostos resultantes, $\text{CH}_3\text{-OH}$ e $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-}$, são hidrossolúveis. Aumentando a cadeia hidrocarbonada, esses compostos diminuem a sua solubilidade e passam a ser mais solúveis em solventes orgânicos.

As moléculas em que os grupos polares predominam em uma extremidade e as partas não polares predominam na outra, são denominadas moléculas *anfipáticas* (Figura 9).

As moléculas anfipáticas caracterizam-se por apresentar uma extremidade polar, hidrófila, denominada *cabeça*, e outra, não polar, hidrófoba, ou lipofílica, denominada *cauda*. A cabeça é, solúvel em água e insolúvel em solventes orgânicos e a cauda é insolúvel em água e solúvel em solventes orgânicos.

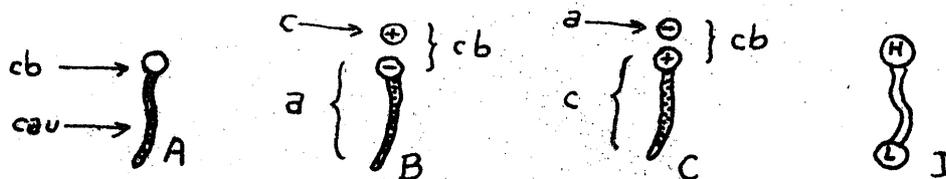


Figura 9. Representação simbólica das moléculas, anfipáticas dos surfatantes. A. surfatante não iônico: cb – cabeça; cau-cauda. B. surfatante aniônicos: a - ânion; c - cation; D- representação simbólica de um emulsionante; H - extremidade hidrofílica; L - extremidade lipofílica (original).

Os surfatantes são moléculas anfipáticas. Nos surfatantes iônicos, a cabeça se dissocia, quando em solução aquosa, separando a molécula em um grande íon, cuja estrutura abrange aparte não polar, e um contra-íon que o equilibra eletroquimicamente. Quando o íon é um cátion, o surfatante é chamado *catiônico*. e quando o íon é um *ânion*, o surfatante é chamado *aniônico*.

Nas ações interfaciais desses surfatantes, são os íons que exercem as funções predominantes. O contra-íon, sejam eles cátions ou ânions, funcionam normalmente, como íons de qualquer dissociação eletrolítica, podendo, no entanto, exercer influência no pH da solução.

Quando se adicionam moléculas anfipáticas à água, as suas cabeça tendem a ser atraídas pelas de água, dissolvendo-se nela, ao passo que as suas caudas, hidrófobas, são repelidas pelas moléculas de água. Assim, em virtude dos choques moleculares, devidos à energia cinética das moléculas, as anfipáticas vão sendo expulsas do seio da massa hídrica, sendo conduzidas para as interfaces, onde vão sendo adsorvidas, da maneira já exposta.

Se a interface for água-ar, como é a superfície livre da solução, em contacto com a água, as moléculas anfipáticas aí se acumulam, entre as de água, com a cabeça dissolvida na água e a cauda em direção à atmosfera. Este fenômeno, de adsorção física, afasta as

moléculas de água que formam a película superficial, diminuindo, e até eliminando totalmente a tensão superficial.

No caso de uma gota, em que a água é mantida em uma vesícula esférica, pela película molecular, de tensão superficial, esta película se desfaz e a gota se desmancha, espalhando-se a água sobre a superfície, em que se encontra.

No caso de uma interface líquido-líquido, como, por exemplo, água e óleo, a adsorção das moléculas anfipáticas se dá entre as moléculas da interface, com a cabeça dissolvida na água e a cauda dissolvida no óleo, separando as moléculas da interface e diminuindo, assim, a tensão interfacial. É também, um fenômeno de *adsorção física* na interface líquido-líquido.

8.3. Classificação Físico-Química

De acordo com as interações físico-químicas dos surfatantes, nas interfaces dos diversos sistemas formados por duas ou mais fases, os surfatantes podem ser classificados em *hipotensores, adesivantes, emulsificantes, viscosantes e condicionantes*.

8.3.1. Hipotensores

Os hipotensores, como o próprio nome indica, são surfatantes que reduzem as tensões interfaciais. Aplicadas às soluções pulverizantes, as moléculas desses surfatantes são adsorvidas na película superficial das gotículas, eliminando a sua tensão superficial. As gotículas se desmancham e a solução se espalha na superfície da planta. Por essa razão esses surfatantes são comumente chamados *espalhantes*.

Como, em geral, os espalhantes possuem também propriedades adesivantes, a solução espalhada *molha* a superfície. Daí o fato de serem tais surfatantes designados como *agentes molhantes* e, impropriamente, *espalhantes-adesivos*, quando deveriam ser denominados *espalhantes-adesivantes*.

A APPCO define agente molhante como sendo "uma substância que baixa apreciavelmente a tensão interfacial, entre um líquido e um sólido e aumenta a tendência do líquido a fazer contacto completo com o sólido, sem deixar nenhuma área sem molhar".

Os efeitos dos agentes molhantes é variável, dependendo da natureza química das substâncias aplicadas, da espessura da camada de cera que reveste a cutícula e principalmente, da composição química das ceras cuticulares. As ceras ricas em ésteres são mais hidroafins e as ricas em triterpenoides são as mais hidrorrepelentes.

Por conseguinte, os efeitos desses surfatantes varia com a espécie vegetal, não servindo, o mesmo, para qualquer planta.

O cafeeiro, por exemplo, tem pouquíssima Cera na cutícula. Ao microscópio eletrônico, a superfície cuticular das Suas folhas é completamente lisa, sem microprojeções de ceras. No entanto, é uma das folhas de mais difícil molhabilidade que se conhece mesmo com altas concentrações de agentes molhantes. Sua cera é rica de triterpenoides e ainda possui dois compostos cristalizáveis, não encontrados em outras ceras, e vários produtos insolúveis em cloroformio, também não conhecidos em outras ceras vegetais.

Os resultados contraditórios que se tem obtido com o uso de agentes molhantes, podem ser atribuídos, de um modo geral, é aos seguintes fatores:

1. Método de aplicação das formulações;

2. Natureza do soluto aplicado;
3. Natureza do agente molhante usado;
4. Reações entre os solutos e os agentes molhantes, com formação de precipitados, ou complexos não penetráveis na cutícula;
5. Características da espécie vegetal, como pilosidade excessiva, composição química das ceras. etc.

Os possíveis mecanismos da ação dos agentes molhantes foram resumidos por *CURRIER & DYBING (1959)* por *SARGENT (1965)*, nos seguintes:

1. Cobertura melhor da superfície foliar pela solução;
2. Remoção, ou diminuição do filme de ar existente entre as gotículas da solução e a superfície foliar;
3. Remoção da tensão interfacial entre as regiões submicroscópicas polares e não polares da cutícula;
4. Ação de cossolvente, ou solubilizante, na penetração cuticular;
5. Aumento da permeabilidade do plasmalema, por estimulação, ou toxicidade;
6. Aumento, ou indução da entrada da solução nos estômatos;
7. Aumento da translocação apoplástica para a interface parede plasmalema;
8. Ação umectante, retardando o secamento da solução, na superfície da folha;
9. Interação direta, com a substância aplicada.

A Figura 8 mostra o esquema de uma superfície foliar, com uma gota não molhante (g_{nm}), isto é, sem agente molhante adicionado à solução, e uma gota molhante (g_m), isto é, com agente molhante adicionado. Sendo a solução aquosa, a tensão superficial da água forma a película de tensão superficial que retém a solução em gotículas de forma aproximadamente esférica.

A superfície de contacto (sc) dessas gotículas com a superfície foliar, é altamente reduzida. Essa redução é ainda mais acentuada pela hidrorrepelência da cera superficial da folha (mp).

Adicionando-se o agente molhante, este rompe a tensão superficial da água, na gotícula, desmanchando-a e transformando-a numa gota molhante (g_m) que tem uma superfície de contacto muito maior (sc).

A molhabilidade de uma superfície, por um líquido, é medida pelo *ângulo de contacto* formado pelo plano da superfície a ser molhada e o plano tangente à gota, no limite da superfície de contacto (ângulo teta = θ , Figura 8).

O ângulo de contacto é medido goniométricamente. Quanto menor o ângulo de contacto, maior a superfície molhada, e vice-versa.

Para as superfícies plantas artificiais, o maior ângulo de contacto encontrado foi o de 105°. Entretanto, as superfícies das folhas, com todas as suas irregularidades, tais como pelos, escamas, acúleos, ceras em quantidades, configurações e composições químicas diversas, podem apresentar ângulos de contacto bem maiores.

De acordo com *HARTLEY (1964)*, os ângulos de contacto maiores que 90° indicam superfícies foliares de difícil molhabilidade. O quadro I mostra alguns exemplos de ângulo de contacto da água com as superfícies de folhas de algumas plantas cultivadas:

Quadro 1. Ângulo de Contacto da Água com as Superfícies de Folhas de Algumas Angiospermas (x).

Espécies Estudadas	Página da folha	Ângulo de contacto
<i>Papaver somniferum</i> (papoula)	abaxial	147°
Idem, idem	abaxial	159°
<i>Brassica oleracea</i> (couve)	ambas	151°
<i>Tropaeolum majus</i> (chagas)	adaxial	160°
Idem, idem	abaxial	158°
<i>Phaseolus vulgaris</i> (feijão)	ambas	50°
<i>Pisum sativum</i> (ervilha)	ambas	158°
<i>Pyrus malus</i> (maçã)	adaxial	71°
<i>Eucalyptus botryoides</i> (eucalipto)	ambas	168°
<i>E. globules</i> (eucalipto)	ambas	170°
<i>E. glaucescens</i> (eucalipto)	ambas	165°
<i>Ligustrum vulgare</i> (alfeneiro)	adaxial	99°
Idem, idem	abaxial	75°
<i>Iallium porrum</i> (alho porro)	ambas	138°
<i>Narcissus pseudonarcissus</i> (narciso)	ambas	143°
<i>Íris germânica</i> (Íris)	ambas	146°
<i>Hordeum vulgare</i> (cevada)	ambas	165°
<i>Triticum aestivum</i> (trigo)	ambas	17°

(x) Adaptado de HOLLOWAY, 1969. Ann. Appl. Biol. 63: 145-153.

Das espécies que figuram no quadro, por conseguinte, as folhas mais facilmente molháveis são as do feijão (50°), da maçã (71°) e a face abaxial do alfeneiro (75°). As mais difíceis de molha são de *Eucalyptus*, de cevada e de trigo, cujos ângulos de contacto são os maiores (165° e 170°).

8.3.2. Umectantes

Os agentes umectantes destinam-se a impedir a evaporação rápida das soluções aplicadas às superfícies das plantas, mantendo os ingredientes ativos das formulações em contacto com elas por mais tempo. A glicerina é um agente umectante, frequentemente usado em pesquisas de laboratório.

O uso de umectantes baseia-se no fato comprovado de que a absorção foliar é uma função linear do tempo, de modo que, quanto mais tempo a solução permanecer em contacto com a superfície da folha, maior será a absorção dos ingredientes ativos.

O uso de substâncias exclusivamente umectantes, como a glicerina, não tem tido aplicação, na prática, porque os agentes adesivos, por suas múltiplas propriedades, inclusive de resistência a fatores ambientais, oferecem, sob todos os pontos de vista, maiores vantagens.

8.3.3. Adesivos

São surfatantes que possuem, em alto grau, a capacidade de promover a adesão de líquidos ou sólidos às superfícies sólidas.

Os adesionantes aumentam a retenção dos depósitos resultantes das pulverizações, ou dos polvilhamentos, retenção dos depósitos resultantes nas superfícies das plantas, dando fatores atmosféricos, climáticos e mecânicos.

Eles podem promover a formação de uma película elástica sobre as folhas, formada pela formulação aplicada. Essa película, que contém os ingredientes ativos, vai se degradando, aos poucos, por polimerização, em camadas moleculares sucessivas, e assim, produzindo uma liberação controlada do veneno, econômico que está retido no interior da película.

Os adesionantes são, em geral, hipertensores, isto é, aumentam a tensão superficial da solução pulverizante, permitindo a formação da película elástica que se estende sobre a superfície tratada. Isso permite estender por tempo mais prolongado o contacto do defensivo com as folhas. Por esse fato, são eles também chamados de *extensores*.

A APPCO define os adesionantes como "substâncias que aumentam a firmeza da adesão de partículas sólidas finamente divididas, ou de outros materiais hidrossolúveis, a uma superfície sólida e podem ser medidas em termos de resistência ao tempo, ao vento, à água e à ação de agentes mecânicos e químicos" .

8.3.4. Viscosantes

Os viscosantes são surfatantes que, como o nome indica, aumentam a viscosidade das formulações de campo, permitindo a formação de gotas mais densas, o que evita que elas sejam arrastadas pelo vento, em deriva de nuvens que iriam afetar culturas vizinhas, ou mesmo, distantes da área tratada, como ocorre, freqüentemente, nas aplicações por via aérea.

Os viscosantes são, em geral, potentes adesionantes, de modo que, quando as gotas da formulação pulverizada atingem as folhas, logo se espalham em virtude do seu poder adesivo.

Recentemente, o uso dos viscosantes vem sendo incrementado, especialmente nos casos de aplicações aéreas, para evitar os problema da deriva.

EKINS et alii (1970), estudaram os efeitos de três viscosantes sobre a volatilidade, a aderência e a eficácia de alguns herbicidas. Os viscosantes usados foram o Norbak (poliacrilato), o Decagin (pseudogel, composto principalmente de carboidratos que ocorrem naturalmente, pequena parte de proteína e ácidos orgânicos, traços de gorduras e cinzas vegetais) e o Vistik (hidroxietilcelulose).

O Norbak é um pó intumescível por embebição. Quando adicionado a uma solução aquosa, suas partículas embebem a "solução e intumescem, formando, dentro de 10-15 minutos, um gel particulado, cujas partículas tem um diâmetro de faixa de 2-4 mm. Quando uma quantidade suficiente de Norbak é adicionada a uma solução aquosa, toda a solução pode ser embebida pelas partículas. Então a formulação toma o aspecto de um gel granular, comparável a essas geléias caseiras que se fazem tapioca granular, que, no Estado de São Paulo, são chamadas imprópriamente de "geleia de sagu".

O decagin quando adicionado a uma solução aquosa forma um *gel tixótropo*, isto é, que possui a propriedade de passar a *sol* por meio de agitação tomando-se, portanto, líquido, e permitindo, assim, que a formulação seja pulverizada normalmente, como qualquer outro líquido.

O Vistik é outro viscosante que adicionado a formulações aquosas, aumenta a sua viscosidade, conferindo-lhe o aspecto de uma solução viscoso-elástica, com muito boas propriedades adesivas, tanto em folhagens secas como nas molhadas, além de atenuar eficientemente a evaporação da água.

8.3.5. Espumógenos

Surfactantes espumógenos, como o próprio nome indica, são adesivantes-hipertensores-viscosantes que, adicionados às soluções, ou às suspensões de pós molháveis, permitem a formação de películas de tensão superficial suficientemente resistentes para formarem bolhas de ar em grande quantidade, quando o ar é introduzido na formulação de campo, com velocidade suficiente para produzir turbulência.

A formação de espuma é idêntica à originada pela produção de turbulência numa "água de sabão" - a turbulência do líquido, capta o ar atmosférico, que fica preso nas folhas formadas pela película da solução. Quanto mais violenta é a turbulência do líquido, menores são as bolhas formadas e maior a quantidade delas.

O estudos de *MAC WHORTER & BARRENTINE (1970)*, mostraram que a aplicação de herbicidas em forma de espuma, são altamente vantajosas sob vários pontos de vista: a. formulação espumante elimina, praticamente a deriva, que é um dos mais sérios problemas do uso de herbicidas nas proximidades de culturas susceptíveis; b. nas aplicações pós-emergentes, o herbicida em formulação espumosa, permanece por várias horas em contacto com a folhagem do mato, permitindo a sua absorção contínua, por muito mais tempo do que nas formulações aquosas, as quais secam mais ou menos rapidamente, pela evaporação da água; c. às formulações espumosas mantêm, durante muito tempo, sobre a folhagem, um ambiente de atmosfera saturada de umidade, o que permite a aplicação de herbicidas em pós-emergência, mesmo em condições de seca, em que a evaporação da água é muito rápida; d. as formulações espumosas permitem uma enorme economia de água e de herbicida, pois o volume de uma dada formulação aquosa aumenta de 300 a 350 vezes, quando transformada em espuma. Esta característica é importante sob o ponto de vista das aplicações aéreas, porque permite o uso de uma quantidade de água muitíssimo menor que as normalmente usadas em formulações para pulverizações aquosas; e. a formulação espumosa permite uma cobertura da folhagem muito mais perfeita e em muito maior superfície do que as formulações aquosas pulverizadas.

A espuma é um aglomerado de bolhas de ar, cujas paredes são formadas pelo líquido no qual se introduziu ar, por turbulência.

A bolha é uma vesícula de parede dupla, cheia de ar (Figura 10). A parede dupla, da bolha, é constituída de duas películas de tensão superficial – a externa, em contacto com a atmosfera, e a interna, em contacto com o ar que está preso dentro da bolha. Entre essas duas películas, paralelas e concêntricas, fica retida uma certa quantidade de líquido. Esse líquido vai sendo drenado, por gravidade, para a parte inferior da bolha. Desse modo, a quantidade de líquido, que se encontra entre as duas películas, vai diminuindo, aproximando-as entre si, o que resulta no adelgaçamento da parede da bolha. Também, a evaporação do líquido, na superfície externa, contribui para o adelgaçamento. A continuação desses dois processos – drenagem e evaporação – leva a um ponto em que a pressão interna do ar, ou qualquer perturbação mecânica, rompe a tensão superficial da parede e a bolha se arrebenta.

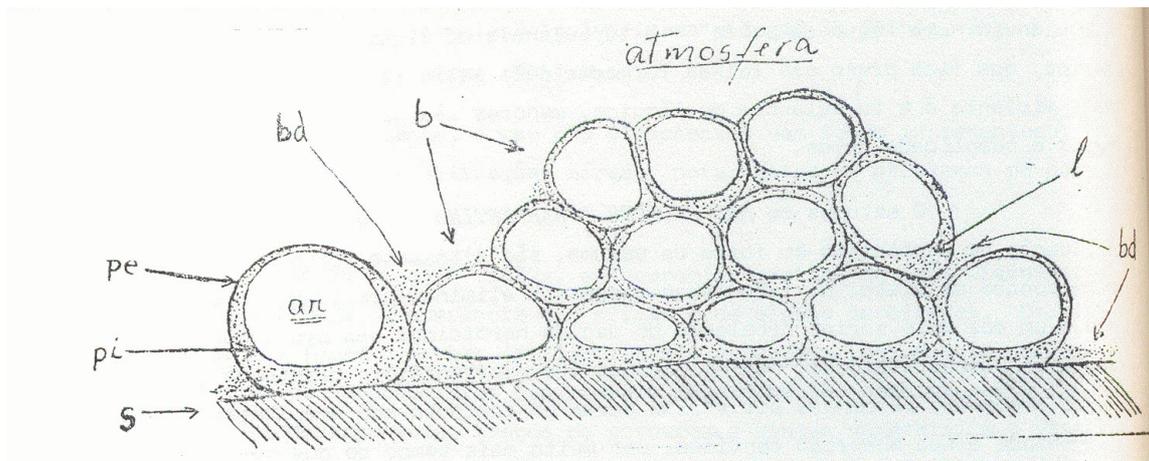


Figura 10. Esquema de uma espuma sobre uma superfície: b – bolhas; pe – película externa; pi – película interna; l – parede líquida da bolha; bd – líquido proveniente das bolhas desfeitas. Note-se que a espuma inferior de cada bolha é maior que a superior, pelo deslocamento do líquido por efeito da gravidade. (original).

Em uma espuma, as bolhas aglomeradas, exercem pressões mútuas e o arrebatamento de bolhas provoca um desequilíbrio brusco nas bolhas vizinhas, as quais, em virtude do princípio de Newton, movimentam-se, ocupando os lugares das que rebentaram. Esse desequilíbrio brusco, provocado pelo arrebatamento de bolhas, provoca, também, o arrebatamento de outras bolhas, cujo adelgaçamento das paredes já estava próximo do valor do rompimento da tensão superficial. Assim, vai se desmanchando a espuma.

Os dois primeiros processos produzem uma espuma que pode se chamar “molhada”, porque contém apreciável quantidade do líquido, escorrendo entre as bolhas, e molha a superfície de aplicação, imediatamente, chegando a escorrer, em muito pouco tempo. Já no processo de injeção de uma corrente de ar em uma película fina do líquido forma espuma que pode ser chamada “seca” que não molha imediatamente a superfície coberta, porque praticamente, todo o líquido é transformado em espuma.

O líquido resultante das paredes das bolhas desfeitas, escorre para as partes mais baixas, no substrato onde está a espuma.

As espumas podem ser classificadas em três tipos:

a. espumas instáveis – são as de breve duração, como as espumas de sabão comum. Estas se desfazem independentemente da drenagem interna, mas apenas pela evaporação e rompimento da tensão superficial da película externa;

b. espumas metastáveis – são aquelas em que a drenagem do líquido entre as bolhas cessa, depois de um certo tempo. Estas espumas persistem indefinidamente, se foram completamente protegidas de influências perturbadoras.

c. espumas sólidas – cujas paredes endurecem, perdendo as propriedades características das duas primeiras citadas.

Como as espumas, exceto as sólidas, são termodinamicamente instáveis, as perturbações mecânicas, tais como vibrações, vento, ação de poeiras, e a evaporação, são fatores que diminuem drasticamente a sua persistência.

Esses fatores são os principais responsáveis pela explosão de bolhas, ocasionando deformação das bolhas vizinhas, muitas das quais, por isso, também se rompem. Entretanto, em qualquer circunstância, as espumas de bolhas pequenas são, geralmente, mais persistentes que as bolhas grandes.

A persistência da espuma pode ser aumentada por meio de surfantes hipertensores-adesionantes.

A formação da espuma pode ser obtida por três processos: a. agitação energética, manual ou mecânica, do líquido, a qual introduz ar atmosférico na massa líquida, formando as bolhas; b. por injeção de uma corrente de ar, sob pressão, na massa líquida; e c. por injeção de uma corrente de ar, sob pressão, em uma película do líquido.

As experiências de *MACWHORTER & BARRENTINE (1970)*, mostraram que o último processo é o mais eficiente na formação de espumas, porque transforma a maior parte do líquido em espuma, ao passo que a introdução do ar por agitação ou por introdução de corrente de ar na massa líquida, transforma somente uma parte do líquido em espuma.

8.4. Sistemas de Dispersão

Em herbicidologia, interessam os seguintes sistemas de dispersão:

a. Sólido-em-líquido – representado pelas formulações de pós molháveis em suspensão na água. Neste sistema, a fase dispersa é representada pelas partículas sólidas da formulação do herbicida, e a fase dispersante pela água.

b. Líquido-em-líquido – em que formulações não miscíveis com a água são finamente divididas em gotículas que permanecem em suspensão, formando a fase dispersa, sendo a água a fase dispersante. O exemplo mais comum, deste tipo é a *emulsão*, em que gotículas de óleo são dispersas no seio da massa de água.

Se o volume de óleo é muito maior que o da água, a agitação da mistura provoca a divisão da massa aquosa em gotículas que se dispersam no óleo. Neste caso, a fase dispersa é a água e a dispersante é o óleo. A este sistema dá-se o nome de *emulsão invertida*.

c. Gás-em-líquido – representado por bolhas de ar suspensas em um líquido, formando espuma, já discutido anteriormente.

d. Líquido-em-gás – representado por gotículas de herbicida dispersas no ar, formando uma neblina fitotóxica. Essa neblina se forma quando a formulação pulverizada é arrastada pelo vento e forma nuvens de gotículas do herbicida, que podem ser transportadas para fora da área tratada, podendo atingir distâncias consideráveis, de até mais de 30 km, conforme a constância e a velocidade do vento. São denominadas *nuvens-de-deriva*, ou, simplesmente, *deriva-de-gotas*.

e. Sólido-em-gás – forma-se quando partículas muito pequenas de formulações em pó, que estejam sendo polvilhadas, são arrastadas pelo vento, formando, assim, nuvens de *fumaça herbicídica*, constituída de partículas da formulação em pó dispersas no ar atmosférico. Estas nuvens fitotóxicas também podem ser levadas em deriva, para regiões distantes da área tratada, e são chamadas *deriva-de-pó*.

f. Gás-em-gás – este sistema não forma, realmente um sistema de dispersão, mas uma mistura de gases, com propriedades diferentes das dos sistemas de dispersão.

Entretanto, é aqui referido por apresentar efeitos práticos idênticos aos dos dois imediatamente anteriores.

Quando se aplica um herbicida volátil em uma determinada área, este se volatiliza e, em estado de vapor, mistura-se com o ar atmosférico, formando nuvens fitotóxicas, as quais são levadas, pelo vento, a região distantes da área tratada, podendo injuriar culturas susceptíveis. Estas nuvens de deriva denominam-se *deriva-de-vapor*.

Qualquer dos três tipos de deriva pode causar acidentes sérios, do ponto de vista econômico, quando se trata de herbicidas e, ainda mais graves, envolvendo até envenenamentos e mortes quando se trata de derivas de *inseticidas* e de *fungicidas*.

O estudo dos meios de controle da deriva será feito em outro capítulo.

8.4.1. Sistemas Sólidos-Líquido e Líquido-Líquido

Para o estudo dos sistemas de dispersão comumente usados em herbicidologia, serão tratados aqui somente os sistemas *sólido-líquido* e *líquido-líquido*.

Nesses sistemas, a fase dispersa é representada por partículas da fase dispersa (descontínua) em suspensão na fase dispersante (contínua), que é um líquido (água ou óleo).

Adicionando-se, a um determinado volume de água, uma quantidade relativamente pequena de um sólido reduzido a pó, e submetendo a mistura a uma forte agitação, as partículas do pó se dispersam na água, formando uma *suspensão* (Figura 11 A).

Em virtude da massa muito pequena de cada uma dessas partículas, elas não são praticamente afetadas pela ação da gravidade, equilibrada pelo impulso de Arquimedes, permanecendo, pois, dispersas na água.

As moléculas de água estão em constante e rápido movimento, em virtude da sua energia cinética. Nesse movimento, elas se chocam com as partículas em suspensão, transmitindo-lhes energia, que as põe em movimento.

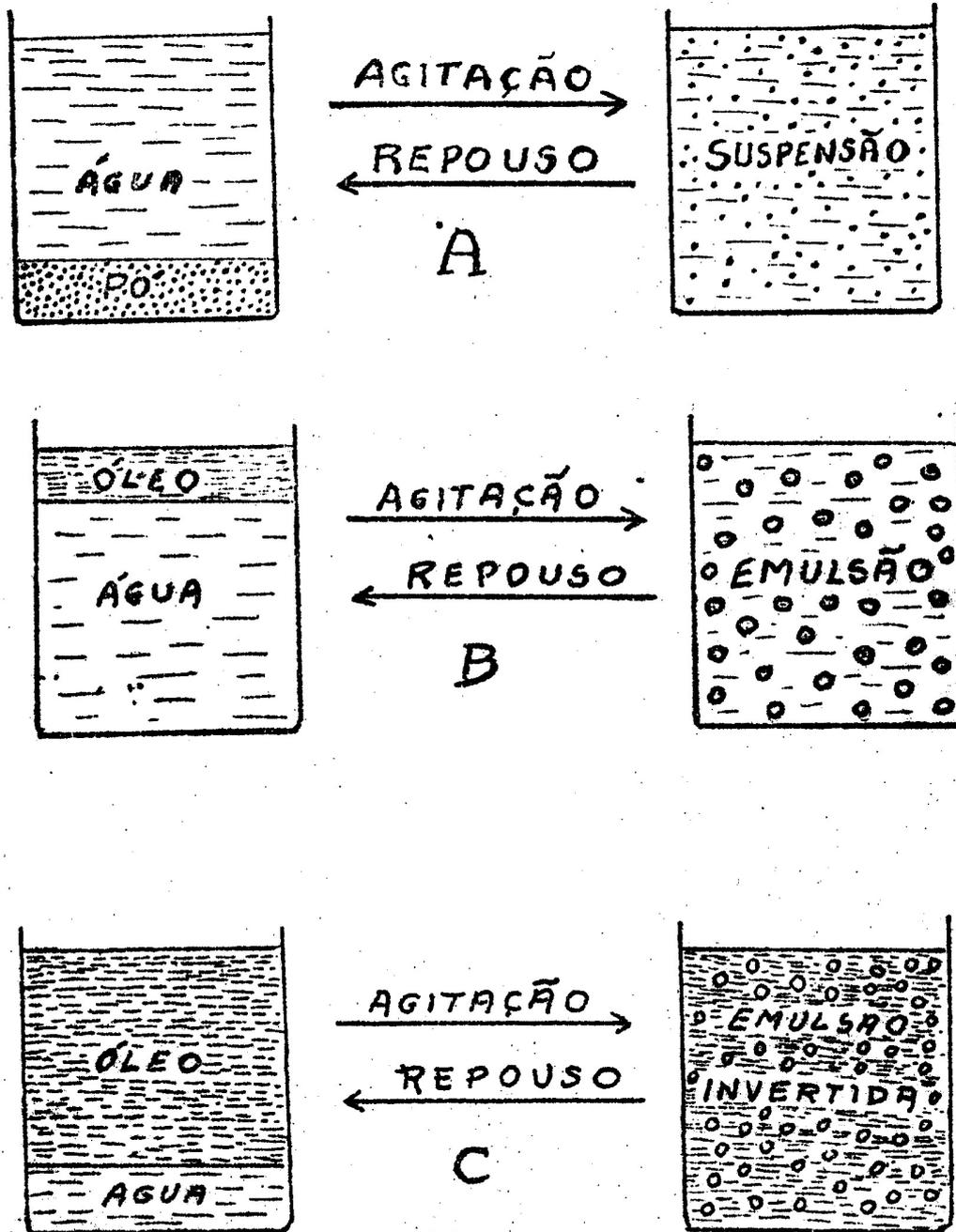


Figura 11. Suspensões e emulsões: A. dispersão sólido-líquido (pó em água); B. dispersão líquido-líquido de fases óleo em água (emulsão verdadeira); C. dispersão líquido-líquido de fases água em óleo (emulsão invertida) (original).

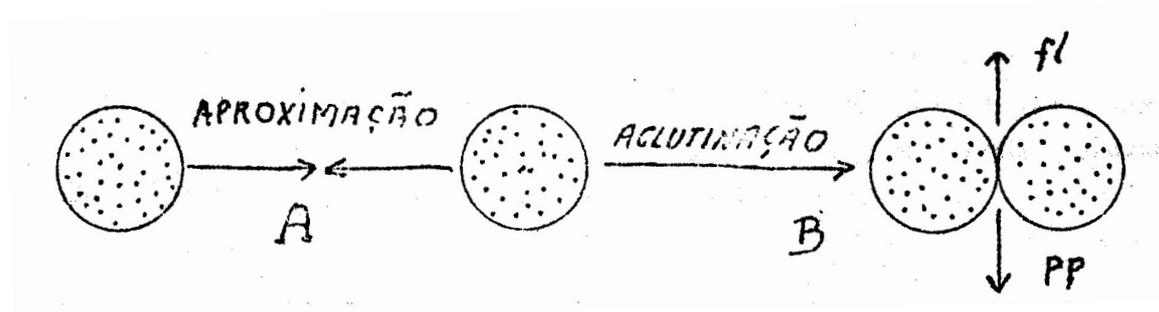


Figura 12. Aglutinação das partículas da fase dispersa (ver Figura 11): as partículas (sólidas ou líquidas), em movimento, aproximam-se entre si (A) e se aglutinam, formando partículas maiores, que se precipitam (pp) em virtude do seu peso ($d > 1$), ou são arrastadas para a superfície (fl), pelo impulso de Arquimedes ($d < 1$). Separa-se assim, a fase dispersa da fase dispersante (água). (Original).

Assim, as partículas da fase dispersa estão, sempre, em movimento vagaroso. Quando duas dessas partículas se encontram, elas se unem, por coesão, formando uma partícula dupla (Figura 12). Ao se encontrar esta com outra, e mais outra, vão elas se agregando, em grumos, até que a resultante da gravidade e do impulso de Arquimedes supera a intensidade dos choques moleculares, provocando, com força constante, a precipitação ou a flutuação dos grumos, de acordo com a densidade do sólido, separando-se, então, as duas fases e destruindo-se o sistema de dispersão, no caso, a *suspensão*.

Se adicionar um certo volume de óleo a um volume bem maior de água, e agitar-se fortemente essa mistura, o óleo se dispersará na água, dividido em gotículas. Essas gotículas, sendo muito pequenas, não sofrem, como no caso anterior, o efeito da ação da gravidade, equilibrada pelo impulso de Arquimedes. As gotículas de óleo permanecem, então, dispersas, na água, em movimento vagaroso, em virtude da energia recebida pelos choques das moléculas de água contra elas.

Entretanto, quando duas dessas gotículas de óleo se encontram, elas coalescem, por coesão, em uma gota de massa dupla. Esta, ao encontrar-se com outra, e outras mais, vai aumentando de volume e massa, por coalescência, até que o resultante da gravidade e do impulso de Arquimedes supera a intensidade dos choque moleculares, agindo como força constante, que leva a gota de óleo para a superfície da água, em virtude de sua densidade (Figura 11 B).

Assim, se destrói este sistema de dispersão, denominado *emulsão verdadeira*.

Se, na mistura água-óleo, o volume de óleo for bem maior que o de água, após a agitação será a água que se dispersará no óleo. O sistema de dispersão formado de gotículas de água constituindo a fase dispersa (descontínua) e a massa de óleo, que é a fase dispersante (contínua), denomina-se *emulsão invertida* (Figura 11, C).

Na emulsão invertida, ocorre o mesmo fenômeno que com a emulsão verdadeira – as gotículas de água permanecem suspensas, em movimento vagaroso na massa de óleo, em virtude da energia de ativação das moléculas de óleo da fase dispersante. Entretanto, ao se encontrarem, vão coalescendo, por coesão, até formar-se uma gota que o resultante da gravidade e do impulso de Arquimedes levará ao fundo do recipiente, em virtude da maior densidade de água. E assim, também se destrói esta emulsão ivnertida, separandos-e a água do óleo.

As suspensões e as emulsões são, pois, sistemas de estabilidade efêmera. Para que se assegure a estabilidade desses sistemas de dispersão, há necessidade de se impedir que as partículas sólidas das suspensões, ou as gotículas das emulsões se encontrem, evitando, no primeiro caso, a aglomeração em grumos, e, no segundo caso, a coalescência, em gotas.

A estabilidade das suspensões e das emulsões se consegue adicionando a esses sistemas de dispersão, surfatantes denominados *estabilizantes*.

8.5. Estabilizantes

Estabilizante é um surfatante, ou uma mistura de surfatantes que, por suas ações interfaciais, mantém em equilíbrio estável, as partículas da fase dispersa, no seio da fase dispersante de um sistema de dispersão.

Os estabilizantes são denominados *emulsionantes* ou *estabilizadores-de-emulsão*, quando destinados a estabilizar emulsões verdadeiras (óleo-em-água), ou invertidas (água-em-óleo).

Os surfatantes, em geral, são, como é sabido, moléculas anfipáticas, com uma das extremidades hidrófila e a outra hidrófoba e lipofílica (Figura 9, D). A extremidade hidrófila pode ser formado por um grupo dissociável ou não dissociável em água. Se o grupo hidrófilo for dissociável, a molécula se dissocia em um grande íon e um pequeno contra-íon que o equilibra eletroquimicamente. Se o íon for um ânion, o surfatante é aniônico, sendo catiônico se o íon for um cátion. Se o grupo hidrófilo não for dissociável, o surfatante é não-iônico. Os surfatantes catiônicos são muito pouco usados. Como estabilizantes, usam-se, geralmente, surfatantes não iônicos ou aniônicos, ou misturas equilibradas de ambos.

8.5.1. Balanço Hidro-Lipofílico

A razão H/L entre as intensidades de ação das duas extremidades hidrofílica (H) e lipofílica (L) da molécula é que regula a sua ação interfacial predominante. Esta razão é denominada *Balanço-Hidro-Lipofílico* (BHL) da molécula (*BEHRENS, 1964*).

Os surfatantes de alto BHL, isto é, predominantemente hidrofílicos, tem maior tendência a estabilizar emulsões verdadeiras, ao passo que os de baixo BHL, predominantemente lipofílicos tem maior tendência a estabilizar emulsões invertidas.

O BHL dos estabilizadores dos sistemas de dispersão pode ser facilmente regulado, fazendo-se variar, na síntese desses surfatantes, o tamanho dos grupos hidrofílicos e lipofílicos, assim como as suas respectivas intensidades de ações interfaciais.

Tanto os surfatantes aniônicos como os não-iônicos são fáceis de ser sintetizados com essas propriedades, de acordo com o fim a que se destinarem.

Por outro lado, em virtude da compatibilidade dos surfatantes com compostos químicos de variada natureza, como são os ingredientes ativos dos defensivos, podem eles, também, ser misturados entre si.

A mistura de dois ou mais surfatantes possui um BHL diferente do de seus componentes. O BHL das misturas pode ser variado, ou regulado, de acordo com as necessidades de uso. Pode-se, por meio de misturas adequadas de surfatantes obter-se, pois, uma infinidade de variações, pelo aproveitamento simultâneo das diversas propriedades que eles apresentam – hipotensores, adesivantes, viscosantes, tamponantes (estabilizadores de pH), etc.. Daí a grande variedade de surfatantes que se apresentam no comércio, cujas

propriedades mais notáveis são destacadas nos panfletos de propaganda: espalhantes, molhantes, adesivos, espalhantes-adesivos, umectantes, dispersantes, emulsionantes, penetrantes, ativadores, sinergistas, espumógenos, cossolventes, detergentes, espessantes (viscosantes), e outros.

8.5.2. Suspensores

Muitos defensivos são formulados em veículos sólidos, na forma de pó, e formam suspensões na água. A estabilização dessas suspensões se obtém facilmente, pela adição de um surfatante não-iônico, ou aniônico, ao sistema.

Adicionando-se o surfatante não-iônico, as suas moléculas são adsorvidas à superfície das partículas de pó, dispondo-se, na interface, com as cabeças, hidrofílicas, dissolvidas na água e as caudas, lipofílicas, em contacto com as partículas. Assim, cada partícula se torna revestida por uma densa capa hidrófoba, formada pelas caudas das moléculas do surfatante. A superfície dessa capa hidrofoba é formada pelas cabeças hidrofílicas, das moléculas, dissolvidas na água, o que permite que as partículas não sejam repelidas pela água, mas permaneçam em suspensão. Quando, em seu movimento na massa de água, uma partícula se encontra com outra, as suas capas hidrófobas impedem a aglutinação em virtude da camada superficial hidrófila, formada, pelas cabeças. Assim, o surfatante não-iônico funciona como uma almofada de revestimento protetor, contra a aglutinação das partículas, estabilizando a suspensão (Figura 13, A).

Se o surfatante for catiônico, a estabilização é, ainda mais eficiente, porque, além da capa hidrófoba, formada pelas caudas dos cátions, as suas cargas elétricas negativas dos ânions envolvem toda a superfície da mesma.

Sendo, então, todas as partículas revestidas por cargas negativas, elas se repelem mutuamente, ao se aproximarem umas das outras (Figura 13, B).

Para se conseguir uma boa estabilização de suspensões, costuma-se misturar surfatantes não iônicos e aniônicos, cujas moléculas possuem propriedades outras, além da simples estabilização da suspensão.

A formulação aplicada em suspensão aquosa, pode ser dirigida ao solo, ou a folhagem das plantas. Além disso, ela deve passar através dos orifícios dos bicos de pulverização, em turbulência e sob pressão, o que aproxima extraordinariamente as partículas, na ocasião da passagem pelos bicos.

Em tais circunstâncias o surfatante usado, ou a mistura de vários surfatantes, deve apresentar, em grau de alta eficácia, as seguintes características:

a. Impedir a aglutinação das partículas, na suspensão, no tanque do pulverizador. Muitos pós tem partículas de volume insuficiente para que o impulso de Arquimedes equilibre a ação da gravidade. Nessas circunstâncias, embora elas não se aglutinem, podem participar-se pela ação da gravidade, razão pela qual a suspensão deve ser mantida em agitação constante, no tanque do pulverizador.

b. Ao chegar, a suspensão, ao bico sob pressão, as partículas devem passar, em grande quantidade, pelo pequeno orifício do bico. Há, aqui, uma forte aglomeração de partículas. Então, a eficácia do surfatante deve ser tal que, por mais que elas se aproximem entre si, jamais cheguem a tocar-se mantendo-se, sempre separadas pela capa do surfatante. Se as partículas, durante a passagem nos bicos, se comprimirem tanto que cheguem a

vencer a barreira hidrófoba da capa lipofílica do surfatante, chegando tocar-se, aglutinar-se, formando grumos que entupirão os bicos.

c. Se o herbicida for aplicado ao solo, satisfeitas as condições anteriores, não haverá mais problemas a considerar, desde que todo o equipamento de aplicação, distribuição e doses tenha sido convenientemente calibrado. No solo, desfaz-se o sistema, de suspensão e o herbicida permanece à disposição das raízes ou outras partes vegetais onde deverá penetrar.

d. Se o herbicida for aplicado à folhagem, o surfatante, além de estabilizar a suspensão, deve possuir propriedades lipofílicas intensas e ser bom adesivante às ceras cuticulares, para que as gotículas pulverizadas, possam aderir, espalhar-se e manter a formulação em contacto com a folha por tempo prolongado, para maior penetração do herbicida. Todas estas propriedades, em conjunto, são conseguidas através de misturas adequadas de surfatantes, geralmente não-iônicos e aniônicos.

8.5.3. Emulsionantes

Emulsionantes são surfatantes que estabilizam as emulsões. Estas se classificam em *emulsões verdadeiras*, ou simplesmente, *emulsões*, e *emulsões invertidas*.

As emulsões são sistemas de dispersão líquido-líquido, em que a fase dispersa é constituída de gotículas de óleo, e a fase dispersante é a água.

As emulsões invertidas são sistemas de dispersão em que a fase dispersa é constituída de gotículas de água e a fase dispersante é o óleo.

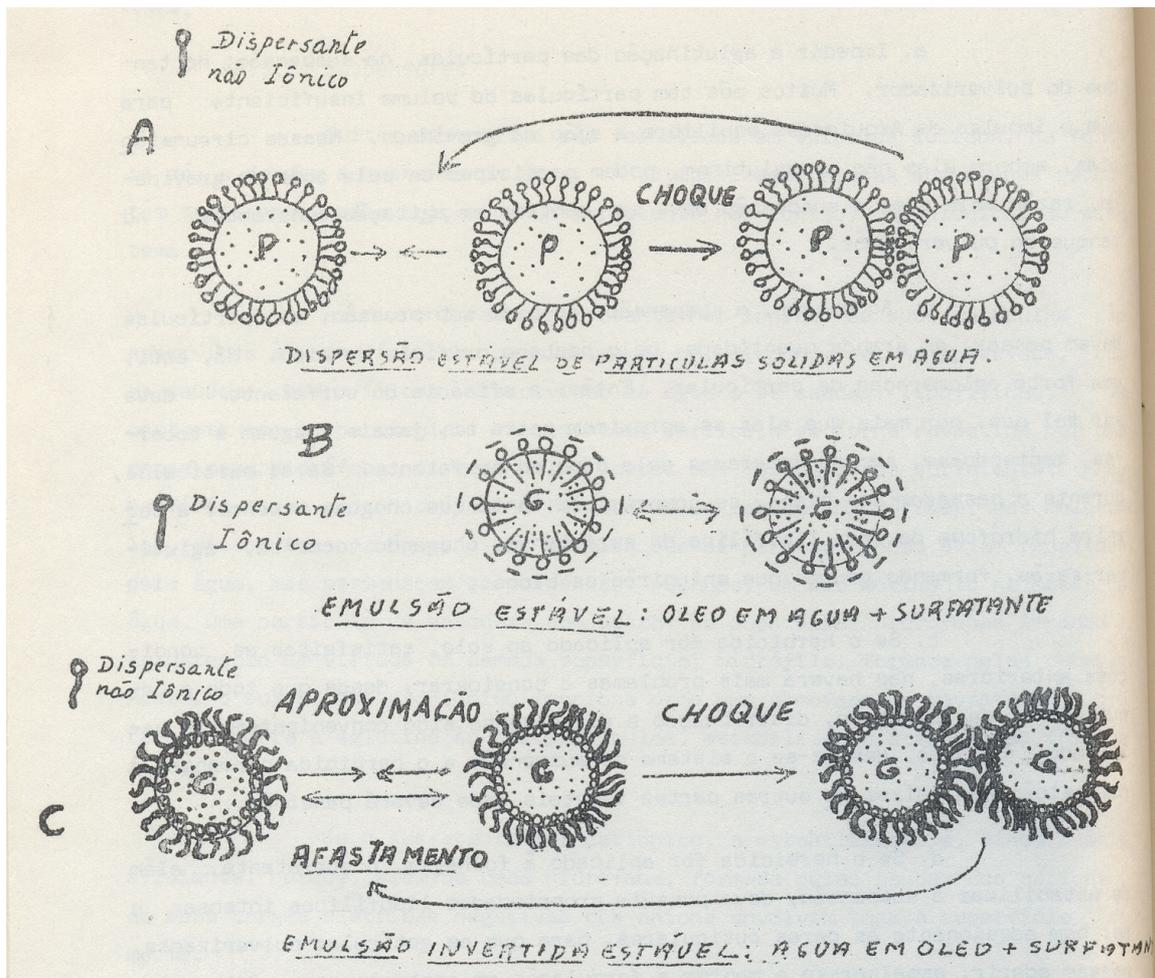


Figura 13. Estabilização das dispersões: A. Dispersão de partículas sólidas (P) em água, por dispersante não iônico a elas adsorvido (pó molhavel). As moléculas do surfatante formam uma cobertura que impede o contato das partículas quando se chocam; B. Gotículas (G) de óleo em água, com surfatante (emulsionante) iônico a elas adsorvido. A estabilização se dá pela repulsão eletroquímica entre as partículas de cargas idênticas; C. Gotículas (G) de água dispersas em óleo (emulsão invertida). A estabilização se dá porque o surfatante adsorvido à interface, com suas extremidades polares na água, forma uma capa protetora, formada pelas caudas das moléculas do surfatante, a qual impede as gotículas de se contactarem, nos choques.

A estabilização desses sistemas de dispersão se consegue, como no caso dos sistemas sólido-líquido, por meio da adição de surfatantes ou misturas de surfatantes adequados. Os emulsionantes são, em geral, surfatantes não-iônicos ou aniônicos, ou misturas deles.

Na estabilização das emulsões, deve-se ter em conta o BHL dos surfatantes, o qual pode ser elevado ou baixado por meio de misturas convenientes. Assim, no caso de estabilização de uma emulsão verdadeira, deve-se adicionar à mistura água-óleo, um

surfatante de alto BHL, isto é, predominantemente hidrofílico, ou uma mistura de surfatantes cujo BHL resultante seja elevado.

Adicionando-se um tal emulsionante a uma emulsão, as suas moléculas irão ser adsorvidas nas interfaces das gotículas de óleo, tendo a sua cauda lipofílica dissolvida no óleo das gotículas e a sua cabeça, fortemente hidrófila, dissolvida na água que constitui a fase dispersante. Assim, as gotículas de óleo se tornam revestidas de uma capa fortemente hidrófila e, polar, com cargas negativas, portanto, altamente lipófila, que permite a sua, compatibilidade com a água que é a fase dispersante.

Quando duas dessas gotículas de óleo se encontram, a capa hidrófila, formada pelas cabeças das moléculas do emulsionante, impede que elas se toquem, repelindo-se mutuamente, pelas suas cargas negativas e, evitando a coalescência, e assim mantendo a estabilidade do sistema (Figura 13. B).

No caso das emulsões invertidas, os emulsionantes usados são surfatantes, ou misturas de surfatantes de baixo BHL, isto é, altamente lipofílicos, e, por conseguinte, altamente hidrófobos.

As moléculas destes emulsionantes, adicionadas à emulsão invertida, são adsorvidas às gotículas de água, dispondo-se na interface com as cabeças dissolvidas na água das gotículas e as caudas, dissolvidas no óleo, que é a fase dispersante.

As se encontrarem duas dessas gotículas, as capas que as revestem formadas pelas caudas hidrófobas do emulsionante, impedem que elas se toquem, evitando a coalescência e estabilizando assim, a emulsão invertida (Figura 13. C).

Os emulsionantes, em geral, apresentam um certo grau de fitotoxicidade, principalmente quando atingem as folhas. Por isso, a escolha de um emulsionante adequado para formulações de aplicação à folhagem da cultura, no caso de seletividade bioquímica do herbicida, requer experimentação cuidadosa, pois o herbicida formulado, obviamente, deve ser prontamente emulsionável e, ao mesmo tempo, não causar injúria à cultura.

9. SELETIVIDADE

Seletividade é a ação fitotóxica diferencial de um herbicida sobre diversas espécies vegetais, quando aplicado a todas elas, simultaneamente, na mesma dose e nas mesmas condições ecológicas. A dose aqui considerada é a quantidade mínima economicamente eficaz, na aplicação agrônômica.

Um herbicida que mate todas as plantas, nas condições acima, não tem seletividade. Denomina-se *herbicida não seletivo* ou *herbicida ação total*, em oposição ao primeiro, que é chamado *herbicida seletivo*.

Em termos gerais, quando se aplica um herbicida sobre uma população de mato, a ação fitotóxica diferencial se evidencia, permitindo separar as espécies em:

- a. *Altamente susceptíveis* - as que morrem pela ação do herbicida;
- b. *Medianamente susceptíveis* - as que sofrem injúrias graves, mas se recuperam, depois de certo tempo;
- c. *tolerantes* - as que sofrem apenas leves injúrias, recuperando-se rapidamente;
- d. *Resistentes* - as que não são afetadas pela dose do herbicida aplicado.

O herbicida promove, pois, uma seleção das plantas que sobrevivem à sua ação fitotóxica, O mesmo critério se aplica para as plantas cultivadas. Assim, diz-se que um

herbicida é seletivo para uma determinada planta cultivada quando esta planta é resistente à sua ação fitotóxica, sobrevivendo, sem injúrias, enquanto outras, nas mesmas condições, são afetadas em menor ou maior grau.

De acordo com esse conceito geral de seletividade, podemos figurar o seguinte exemplo: aplica-se um herbicida sobre uma população de mato, em que os matos principais. Latifoliados, são o caruru, o picão branco, o picão preto; e os matos de gramíneas são capim-colchão, o capim-arroz e o capim-carrapicho. Se o herbicida eliminar todas as latifoliadas e não afetar as gramíneas, ele será seletivo para as gramíneas e não seletivo para as latifoliadas.

Agronomicamente, entretanto, é levado em conta o aspecto econômico da seletividade, sempre tendo em vista a defesa da planta cultivada. Nestas condições, a seletividade é sempre considerada em relação à planta em cultura e não ao mato.

No exemplo acima figurado, se o mato cresce em uma lavoura, as plantas cultivadas passam a fazer parte da população, mas a seletividade será considerada, somente em relação a elas. Se pois, o herbicida não afetou a cultura, nem o mato de gramíneas, mas eliminou apenas as latifoliadas, diz-se que ele é seletivo para essa planta cultivada e que controla muito bem o mato latifoliado mas não controla mato de gramíneas.

Há, pois, herbicidas seletivos para as diversas plantas cultivadas: seletivo para algodão, para cana-de-açúcar, para hortaliças, como cenoura, repolho, couve-flor, etc.. Agronomicamente, pois, não se usa dizer "herbicida seletivo para capim-arroz, ou para beldroega, etc.", mas diz-se que tais matos são resistentes, tolerantes ou susceptíveis ao herbicida. Diz-se que o herbicida controla este ou aquele mato, e que não controla outros aspectos.

A seletividade depende, essencialmente, das características físicas e químicas do herbicida e da resistência das plantas à sua ação fitotóxica. Nas práticas agronômicas, usa-se frequentemente, separar, no espaço e no tempo, as plantas cultivadas das plantas daninhas, de modo que o herbicida, embora tóxico (não seletivo) para a planta cultivada, não possa atingir ao mesmo tempo que atua sobre o mato. A este processo técnico, convencionou-se denominar *seletividade toponômica*, porque, na realidade, ele é um processo agronômico de aplicação dos herbicidas, em que se controlam as posições relativas do mato, da cultura e do herbicida, de modo que este não atinja a cultura, mas somente o mato. A seletividade toponômica, ou de posição, realmente *não é seletividade*, na acepção exata do termo, porque ela somente é usada quando os herbicidas *não são seletivos* para a cultura, mas fitotóxicos e injuriantes para ela.

9.1. Características Físicas e Químicas de Seletividade

As principais características físicas e químicas de um herbicida, que influem na sua seletividade são a polaridade da sua molécula, a solubilidade, a volatilidade, a capacidade de dissociação eletrolítica, quando em solução aquosa, a capacidade de reagir com os sistemas enzimáticos ou com substâncias orgânicas da planta, e a estabilidade química, na planta e no solo.

9.1.1. Polaridade

A polaridade da molécula química do herbicida tem grande influência na sua seletividade, pois dela depende a via de penetração do herbicida na planta.

Toda a superfície da planta é revestida por uma cutícula, desde a ponta da raiz, até as últimas extremidades do caule e das folhas. Nas partes aéreas, a cutícula é mais desenvolvida, mais espessa e mais complexa que nas partes subterrâneas, mas sempre está presente. Até nos tecidos parenquimatosos das folhas e das raízes, que estão em constante contacto com o oxigênio do ar, existe um acutícula, revestindo as células. Assim, para penetrar na planta, obrigatoriamente, o herbicida deverá atravessar a cutícula, por uma das duas rotas de penetração: a rota lipoidal ou a rota aquosa. Daí a importância da polaridade da sua molécula. As moléculas não polares penetram com muito maior facilidade, na cutícula, através da cera e da cutina. E as moléculas polares atravessam a cutícula pela rota aquosa, na água de embebição cuticular e nos espaços cheios de pectinas.

Os herbicidas, em geral, apresentam, em sua molécula química, regiões polares e apolares. Conforme a predominância dessas regiões, assim é a via de penetração. Os óleos, por exemplo, formados por hidrocarbonetos de cadeias longas, ou aromáticas, são apolares e penetram, com muita facilidade, através das ceras e da cutina. O dalapon ($\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{COOH}$) possui o grupo carbonilo, polar, e uma cadeia hidrocarbonada, não polar, muito curta. Não há pois, predominância marcante de uma região sobre a outra. Por isso, ela pode penetrar na planta, através da cutícula, tanto pela via lipoidal como pela via aquosa. Pode-se translocar no apoplasto, cheio de água, pode atravessar as estrias de Caspary, de natureza lipoidal, entrar no xilema, translocar-se até as folhas, na corrente transpiratória, atravessar o plasmalema, lipoidal, entrar no simplasto, aquoso, e aí translocar-se, via plasmodesmas, até o floema; penetrar nos tubos crivosos e, dentro deles, translocar-se até as regiões em desenvolvimento da planta.

A polaridade influi na solubilidade da molécula herbicídica. As moléculas predominante polares são mais hidrossolúveis que as predominantemente apolares. Estas dissolvem-se mais facilmente nos solventes orgânicos.

9.1.2. Solubilidade

A solubilidade do herbicida tem grande importância na seletividade, especialmente quando se trata da convencional seletividade agrônômica. As uréias substituídas, por exemplo, apresentam um largo espectro de graus de solubilidade em água, dividido, nitidamente, em três faixas:

fenurona	3.850 ppm	fluometurona	90 ppm	neborona	4,8 ppm
monolinurona	580 ppm	linurona	75 ppm	cloroxurona	3,7 ppm
metobromurona	330 ppm	clorbromurona	50 ppm		
monurona	230 ppm	diurona	42 ppm		

Como estes herbicidas são de translocação apoplástica, devem, normalmente, ser absorvidos pelas raízes. Daí a sua aplicação ao solo, onde estão as raízes da cultura e as raízes do mato.

A alta solubilidade em água permite a lixiviação do herbicida para as camadas mais profundas do solo, dissolvido na água de percolação, ao passo que a baixa solubilidade mantém o herbicida nas camadas superficiais do terreno. Assim, quando se deseja manter plantas de raízes profundas, usam-se os mais solúveis e quando se deseja eliminar as sementeiras de mato superficial deve-se usar os menos solúveis.

Pela solubilidade em água pode-se obter uma eficaz seletividade toponômica. Em hortaliças, por exemplo, especialmente as transplantadas, que têm raízes quase superficiais, os herbicidas pouco solúveis são os recomendados.

Eles permanecem na superfície do solo, onde germinam as sementes de mato, não atingindo, por lavagem, as raízes da cultura. Na recomendação de um herbicida, entretanto, é bom lembrar, que não basta apenas o seu grau de solubilidade, pois há inúmeros outros aspectos que devem ser considerados, tais como a sua fitotoxicidade, seu poder residual, sua adsorção pelos colóides do solo e outros, que deverão ser analisados oportunamente.

Em geral, os herbicidas solúveis em solventes orgânicos penetram mais facilmente na cutícula, do que os hidrossolúveis. Isto se deve à natureza predominante lipoidal e hidrorrepelente, da cutícula.

A água somente penetra na cutícula, se tiver contacto íntimo com a sua superfície, o que raramente ocorre. Isto porque, seja a água natural, da neblina, ou da chuva fina, ou do orvalho, que se condensa nas horas frias do dia, na superfície das folhas, seja a água aplicada, nas pulverizações agrícolas, as regiões de contacto entre as gotículas aquosas e a superfície cerosa da folha são muito pequenas. As forças de adesão entre a água e as ceras são muito menores que as da coesão da água, responsáveis pela tensão superficial das suas gotículas. Por essa razão, a água líquida não penetra nos estômatos da planta, mesmo que estes estejam abertos. A cutícula, cerosa, lipoidal, hidrorrepelente, reveste não apenas a epiderme, mas também o ostíolo, a câmara subestomática e os espaços intercelulares do mesofilo. Assim, quando os estômatos se abrem, o ostíolo se constitui em uma via exclusiva trocas gasosas entre o interior e o exterior da folha. Quando os estômatos estão abertos, somente há saída e entrada de gases: saem, através dos costíolos, o oxigênio e o vapor de água, e entram o CO₂ e outros gases do ambiente: o ar e substâncias gasosas com ele misturadas.

Este é um aspecto importante a ser considerado na seletividade dos herbicidas e na resistência das plantas aos tratamentos herbicídicos. Com efeito, se aplicar um herbicida hidrossolúvel em pulverizações sobre plantas de folhas muito cerosas, e altamente hidrorrepelentes, como as das *brassicas* (repolho, couve-flor, etc.) ou ervilhas, ou cebolas, ou gramíneas, estas últimas de folhas verticais, não haverá retenção das gotículas pelas folhas. Estas plantas não serão afetadas, ao passo que nas espécies de mato de pouca cerosidade foliar, poderá haver penetração cuticular do herbicida. O mesmo ocorre em relação aos matos de folhas cerosas, como beldroega, amendoim-bravo (*Ephorbia prunifolia*) e outras, em que as folhas não são molhadas pelas soluções aquosas.

No caso, pois, de aplicações de herbicidas hidrossolúveis, ou de pós molháveis, recorre-se à adição, à calda, dos surfatantes, que são substâncias ditas molhantes, espalhantes, adesivantes ou adjuvantes, cuja função principal é romper a tensão superficial das gotículas da pulverização, aumentar a superfície de contacto da calda herbicídica com a superfície foliar e aumentar as forças de adesão entre a calda e a cutícula. Muitos herbicidas já contêm, nas suas formulações comerciais, os surfatantes adequados.

Os herbicidas solúveis em solventes orgânicos como os óleos, os ésteres e outros compostos, são de fácil penetração na cutícula, mas o veículo natural para as aplicações herbicídicas é a água. Recorre-se, então mais uma vez, aos surfatantes chamadas agentes emulsionantes, ou estabilizadores de emulsão, que mantêm as soluções orgânicas do herbicida suspensas, em finas gotículas, na água de pulverização, formando emulsões. Estas emulsões tem um aspecto leitosa. Quando pulverizadas, na solo ou na folhagem, as gotículas oleosas da emulsão entram em contacto com a cutícula das plantas, distribuindo-

se rapidamente na sua superfície e penetrando nela, graças às grandes forças de adesão entre as ceras cuticulares e os compostos aplicados. Seguindo a via lipoidal, podem eles penetrar no apoplasto, e, facilmente, no simplasto, através da plasmalema, que é de natureza lipídica.

9.1.3. Volatilidade

A volatilidade do herbicida é outra propriedade importante, que deve ser considerada em relação à sua seletividade. Os herbicidas voláteis, como o éster isopropílico de 2,4-D, o EPTC, o brometo de metila e outros, podem dar resultados negativos e ocasionar sérios transtornos devidos à sua volatilidade.

Em pulverizações foliares, em horas quentes do dia, ou quando ocorrem ventos, os herbicidas voláteis se dispersam na atmosfera, muito rapidamente. As gotículas que atingirem a folhagem se evaporam e a quantidade de herbicida que penetra na folha é inferior à dose eficaz.

Por outro lado, se há vento, por leve que seja, pode ocorrer o fenômeno da *deriva*, isto é, as gotículas voláteis, cada vez menores, pela evaporação rápida, são levadas pelo vento, a outras regiões vizinhas, podendo atingir lavouras de culturas susceptíveis e ocasionar sérios prejuízos a seus proprietários.

Os herbicidas voláteis podem penetrar pelas estômatos, que constituem, por natureza, a via gasosa de penetração na planta. São incontáveis os casos de injúrias a lavouras de algodão, até com prejuízo totais, causadas por deriva de ésteres de 2,4-D aplicadas à folhagem de culturas vizinhas.

Para evitar esses inconvenientes, recorre-se, ainda, às emulsões e aos surfatantes. Neste caso, usa-se o herbicida concentrado, dissolvido em água, adicionado de um surfatante estabilizador de emulsão e usa-se, como veículo, para pulverização, um óleo, em lugar da água. Ao se preparar a calda, forma-se uma emulsão, de gotículas da solução aquosa dispersas no óleo, que, neste caso, é o meio dispersante. O surfatante mantém a estabilidade desta emulsão, que tem o nome de *emulsão invertida*. (Figura 13, C).

Quando se aplica, então, a pulverização foliar, as gotículas aquosas do herbicida se formam maiores e envolvidas por uma fina película de óleo. Caindo sobre a folha, elas aderem fortemente à sua superfície, penetrando rapidamente, na cutícula. A película de óleo que recobre a gotícula impede, também, a volatilização do herbicida e a sua deriva, pelo vento, porque as gotículas são mais pesadas e não diminuem de tamanho, pela evaporação.

Quando se aplicam herbicidas voláteis no solo, estes se translocam por entre as partículas terrosas, podendo atingir apreciáveis distâncias. Isto ocorre, por exemplo, com o brometo de metila e os ésteres leves de 2,4-D. Nos solos porosos e secos, em condições de alta temperatura e baixa umidade relativa do ar, estes herbicidas se translocam, em estado de vapor, podendo caminhar, no solo, para além da área tratada, em distâncias suficientemente grandes para atingir culturas adjacentes.

Tais herbicidas voláteis devem, pois, ser aplicados ao solo com os cuidados indispensáveis para evitar essas ocorrências que, além de levar a possíveis prejuízos, diminuem a sua eficácia, por perdas, pela volatilização, afetando, pois, a seletividade. Evitam-se esses inconvenientes aplicando os herbicidas voláteis ao solo em condições de baixa temperatura, alta umidade relativa do ar e usando técnicas de vedação da superfície, que impedem a saída dos vapores do herbicida para fora do solo. Estas técnicas podem variar de acordo com as condições do tratamento e da extensão da área tratada. Geralmente

costuma-se usar a aplicação de vedadores sobre o solo, tais como tapetes de matéria morta (*mulch*), ou lençóis impermeáveis de polietileno para evitar as perdas por volatilização.

9.1.4. Dissociação Eletrolítica

A capacidade de dissociação eletrolítica dos herbicidas, quando em solução aquosa, é um fator que pode afetar a seletividade. Assim, os herbicidas que se dissociam em cátions e ânions, na água, são mais solúveis e podem sofrer maior lixiviação, quando aplicados ao solo. Por outro lado, eles são mais, facilmente adsorvíveis pelos colóides, aumentando, em consequência, o seu efeito residual, no solo. Em estado iônico, tais herbicidas podem penetrar nos tecidos da raiz e fixarem-se, por adsorção nas interfaces do apoplasto e do simplasto, ou nos sistemas de Donnan, não sendo levados para as partes aéreas da planta, na corrente transpiratória. É o que, provavelmente ocorre com compostos ionizáveis de 2,4-D, e outros herbicidas que, quando aplicados às raízes de cevada, nelas se acumulam, somente sendo translocados para a folhagem após certo tempo. Também, podem formar complexos, por quelação, com proteínas da planta, com neutralização de sua fitotoxicidade. Esses complexos, não fitotóxicos, podem se translocar para os órgãos de reserva, tais como sementes e frutos.

Estas sementes, quando plantadas, liberam, na germinação, o herbicida, o qual irão então, exercer sua ação fitotóxica, na nova plântula, ou afetar o metabolismo da planta, com repercussões na produção: flores abortadas, frutos e sementes defeituosas, etc..

Costuma-se diminuir os efeitos da dissociação eletrolítica dos herbicidas adicionando à sua formulação um surfatante iônico que forneça grande quantidade de ions H^+ , os quais neutralizam os locais de fixação do herbicida no solo ou na planta. Exemplos de herbicidas dissociáveis são o naptam e os sais amínicos de 2,4-D.

9.1.5. Reatividade com Moléculas e Sistemas Enzimáticos

A capacidade do herbicida reagir com os sistemas enzimáticos e com moléculas orgânicas da planta é uma das características mais importantes que influem na sua seletividade.

Se o herbicida é um composto capaz de reagir com os sistemas enzimáticos e com moléculas orgânicas da planta, ele fatalmente, causará distúrbios no metabolismo. Este é um dos aspectos da questão, relativo à sua fitotoxicidade. Assim, por exemplo, as uréias e triazinas reagem no metabolismo da fotossíntese, inibindo a fotólise da água (reação de Hill), e interrompendo o ciclo da elaboração de carboidratos, são interações fitotóxicas herbicida-planta.

O TCA é precipitante de proteínas. O diquat e o paraquat são, pelos seus cátions, captadores dos elétrons originados da reação de Hill e doadores dos mesmos ao oxigênio da mesma reação, com formação de água oxigenada nascente, altamente oxidante de todas as reações do metabolismo.

Mas, o aspecto mais importante desta capacidade de reação química dos herbicidas com sistemas enzimáticos e compostos da planta, é, justamente, a presença, em certas plantas, de compostos capazes de detoxicar o herbicida. Tais compostos, geralmente enzimas, estão presentes em umas espécies de plantas e não se encontram em outras. Então, as plantas que os contêm não são afetadas pelo herbicida, que não poderá exercer nelas sua ação fitotóxica, como a exerce em outras plantas que não possuem esses compostos. O

herbicida considerado será, pois, seletivo para a planta que contém seus compostos destoxicantes. A este tipo de seletividade se denomina *seletividade bioquímica*, que é o resultado de interações desfitotóxicas herbicida-planta (ver item 7.).

9.2. Resistência das Plantas à Ação Herbicídica

A resistência das plantas à ação dos herbicidas é variável, de acordo com características morfológicas, estruturais e fisiológicas específicas.

Como características morfológicas de resistência podem ser citados o hábito da planta (erecta, rasteira, estolhosa, trepadeira, bulbosa, rizomatosas, tuberosa, tuberculosa), a orientação das folhas (verticais, horizontais), a presença ou ausência de bainha envaginante, nas folhas, o tipo de sistema radicular (pivotante, fasciculado) a quantidade, distribuição, extensão e profundidade das raízes e outros órgãos subterrâneos, o tipo de raízes (gemíferas, tuberosas) e outras.

Características estruturais são a espessura da cutícula, a quantidade e qualidade de ceras que a impregnam, a pilosidade das folhas, o número e o tamanho dos estômatos e lenticelas, a localização dos estômatos nas folhas (folhas hipostomáticas, epistomáticas, anfistomáticas), a presença de meristemas intercalares, a ausência de câmbio, de felogênio, etc..

Características fisiológicas são ligadas às atividades vitais da planta. Entre as mais importantes, podem ser citadas a idade da planta, sua sensibilidade específica, a presença de compostos orgânicos da planta, que inativam ou destoxicam bioquimicamente os herbicidas e a presença de locais de imobilização dos herbicidas, por adsorção, ou nos sistemas de Donnan.

9.2.1. Características Morfológicas de Resistência

Certas plantas possuem uma organização morfológica tal que dificulta o acesso dos herbicidas aos locais mais vulneráveis à sua ação fitotóxica. Muitas delas, embora injuriadas em sua parte aérea, pela ação herbicídica, não chegam a morrer, brotando e se desenvolvendo, logo após cessarem os efeitos injuriantes. As plantas erectas são mais facilmente atingidas pelos herbicidas que as rasteiras, que freqüentemente, não possuem folhas nas partes basais do caule. Estas partes basais ficam, muitas vezes, protegidas pela vegetação do mato, e situadas a longa distância das folhas. As plantas estolhosas são rasteiras que produzem raízes adventícias, nos nós, de modo que cada parte do caule que contenha um ou mais nós é um disseminulo. Se usa um herbicida de contacto, é indispensável que ele atinja toda a planta; caso contrário, as partes vivas remanescentes reinfestarão a área tratada.

As trepadeiras são de difícil controle, porque se enrolam nas plantas cultivadas, dificultando a aplicação de herbicidas simplásticos e de contacto, à folhagem. Mesmo no caso de aplicação de herbicidas apoplásticos e de contacto, à folhagem. Mesmo no caso de aplicação de herbicida apoplásticos, ao solo, o controle das trepadeiras é difícil, pois, em geral, suas raízes estão próximas das da cultura. Somente herbicidas altamente seletivos para a cultura considerada é que dão resultados satisfatórios, no controle das trepadeiras adultas. Por isso, elas devem ser combatidas na fase de plântula, em aplicações de herbicidas em pré-emergência ou pós-emergência em jato dirigido.

As plantas bulbosas, especialmente as de bulbo composto, como o alho bravo (*Allium vineale*) ou a azedinha (*Oxalis* spp.) possuem, também, grande capacidade de propagação, pelos bulbilhos. Tanto no caso das bulbosas como das rizomatosas, tuberosas e tuberculosas, a aplicação de herbicidas simplásticos inibe a produção de auxinas das gemas apicais, despertando a brotação das gemas dos órgãos subterrâneos, as quais produzem, rapidamente, novos rebentos. As plantas tratadas morrem, mas os rebentos, não atingidos, pelo herbicida, desenvolvem-se e reinfestam o terreno. Esta é a maior dificuldade no controle eficaz de tais plantas, como por exemplo, a grama-seda (*Cynodon dactylon*) e a tiririca (*Cyperus rotundus*).

A orientação das folhas afeta a seletividade. As plantas que possuem folhas verticais (Figura 15), como as gramíneas, não retêm as gotículas da pulverização, as quais coalescem em gotas maiores e escorrem para o solo. As de folhas horizontais (Figura 14) como as dicotiledôneas em geral, retêm os herbicidas na sua superfície foliar e ele penetra no apoplasto, em maior quantidade. Para se conseguir a penetração dos herbicidas nas folhas verticais é necessária a adição de surfatantes adesivos à calda herbicídica, tornando-a adesiva.

A presença de bainha invaginante é uma característica morfológica importantíssima, de resistência das plantas à ação dos herbicidas. As monocotiledôneas (gramíneas, comelináceas, bromeliáceas, e outras) apresentam bainhas desenvolvidas. Algumas dicotiledôneas, como as poligonáceas, possuem um órgão denominado ócrea, é formado pela conação das duas estípulas peciolares, e funciona como a bainha das monocotiledônea, no que concerne à resistência dessas plantas aos herbicidas (Figura 15).

O papel da bainha invaginante, no caso, é o de protetor das gemas laterais e da gema terminal, que contém os meristemas apicais. Os meristemas são os tecidos mais vulneráveis à ação fitotóxica dos herbicidas.

Nas gramíneas, principalmente, que incluem grande número de espécies de mato altamente prejudiciais, as gemas são fortemente protegidas (Figura 15).

Cada bainha abrange, na sua extensão, vários gomos, sobrepondo-se as bainhas mais velhas às mais novas, consecutivamente. Deste modo, as gemas mais novas, isto é, as mais delicadas e mais vulneráveis à ação herbicídica imediata, são mais protegidas, por várias bainhas sobrepostas.

As dicotiledôneas, em geral, têm gemas desprotegidas e uma pulverização de herbicida atinge, com facilidade, suas gemas, tanto a terminais como as axilares.

As raízes gemíferas constituem uma importante forma de resistência das plantas à ação dos herbicidas. Certos matos especialmente os infestantes de pastagens, como o leiteiro (*Peschiera fuchswaefolia*) e o amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens*), possuem raízes plagiotrópicas muito extensas, providas de gemas ramíferas, as quais brotam, produzindo rebentos que emergem, dando novas plantas. Outra planta que possui tais raízes é a meliácea cinamomo, ou santa-bárbara (*Melia azedarach*), árvore muito comum no Estado de São Paulo. Essas raízes são chamadas, popularmente de “raízes pastadeiras”.

O controle das plantas de raízes gemíferas por meio de herbicidas é difícil, porque tais plantas apresentam as características citadas para o caso das rizomatosas e tuberculosas; cada parte de uma raiz é um disseminulo em potencial. São plantas lenhosas, devendo ser combatidas com arbusticidas de translocação, reguladores do crescimento, como o 2, 4, 5-T e o picloran.

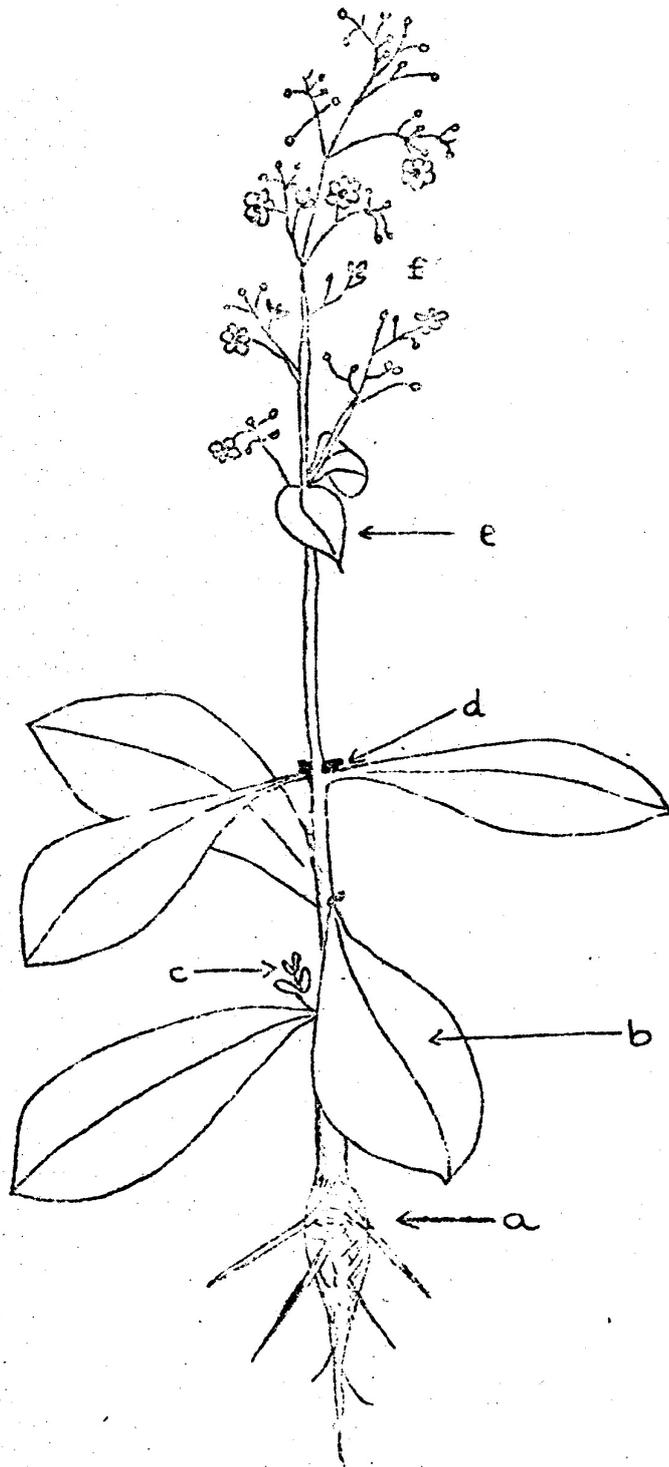


Figura 14. Esquema de uma planta de *Talinum* sp. a – sistema radicular pivotante, mais ou menos tuberoso; b – folhas; c – ramo novo; d – gemas desprotegidas; e – brácteas da inflorescência; f – inflorescência.

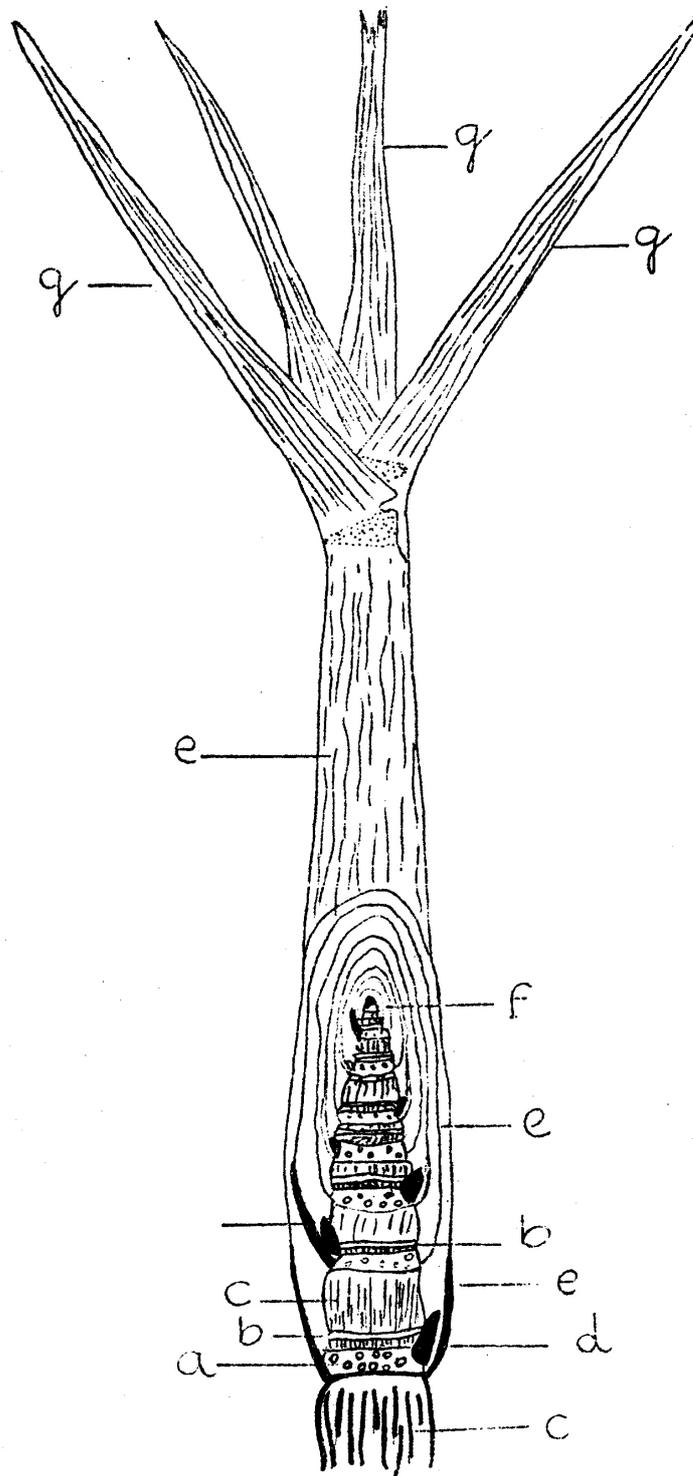


Figura 15 – Organização vegetativa de uma gramínea; a – nós com primórdios radicular; b – anel de crescimento; (meristema intercalar); c – entre nós; d – gemas laterais; e – bainhas; f – meristema terminal; g – lâminas foliares ortotrópicas.

Por outro lado, as plantas cultivadas que são propagadas por partes vegetativas, como a cana-de-açúcar, a mandioca, a batatinha, os gladiolos, e outras, são resistentes a herbicidas apoplásticos durante a primeira fase do desenvolvimento das plântulas oriundas de suas gemas. Isto se explica pelo fato de que, durante o desenvolvimento das gemas em plântulas, o herbicida que está no solo é absorvido apenas pelas raízes do disseminulo (tolete, bulbo, tubérculo, rizoma), pois a plântula em desenvolvimento ainda não possui raízes absorventes. Esta plântula em desenvolvimento ainda não possui raízes absorventes. Esta plântula cresce à custa das reservas do disseminulo, as quais se translocam para ela simplasticamente. O herbicida absorvido pelas raízes do disseminulo, por ser apoplástico, não se transloca para a plântula, que está recebendo material predominantemente floemático. Quando a plântula emite as suas próprias raízes, que poderiam absorver o herbicida, este já não se encontra no solo, em concentrações fitotóxicas, a não ser que tenha efeito residual prolongado.

9.2.2. Características Estruturais de Resistência

A espessura da cutícula foliar, é sem dúvida, uma característica de resistência das plantas à ação dos herbicidas. Em geral, as cutículas espessas dificultam mais a penetração dos herbicidas que as cutículas finas.

Entretanto, não é apenas pela espessura que a cutícula protege a planta, dificultando a penetração dos herbicidas. É que em geral, as cutículas mais espessas possuem maior quantidade de cutina e ceras, materiais esses hidrorrepelentes. A composição química das ceras, com predominância de triterpenóides, ou de ésteres de hidroxiácidos graxos, também influi na maior ou menor resistência da cutícula à penetração dos defensivos.

A pilosidade das folhas é outro fator de resistência das plantas aos herbicidas. As folhas muito pilosas mantêm, presa aos pelos, na camada superficial da cutícula, uma película de ar, que impede o contacto das gotículas da solução herbicida com a superfície cuticular. Somente o uso de surfatantes pode eliminar esta barreira à entrada dos herbicidas.

Os estômatos são órgãos cuja função, como entrada dos herbicidas na planta, ainda é muito discutida. A cutícula que reveste a epiderme, reveste, também, os ostíolos e a câmara sub-estomática, constituindo a chamada cutícula interna. Toda a superfície recoberta pela cutícula é hidrorrepelente, de modo que a água e as soluções aquosas não penetram pelos estômatos.

Se os herbicidas são aplicados em pós-emergência, com bicos em leques, eles só atingem a página superior das folhas. Somente se estas forem epistomáticas ou anfistomáticas, é que os estômatos serão atingidos.

De qualquer modo, a hidrorrepelência da cutícula protege a planta contra a penetração dos herbicidas, em solução aquosa, sendo, pois, necessário o uso de surfatantes para que eles possam entrar no apoplásto foliar. Entretanto as emulsões penetram rapidamente através das cutículas e também pelos ostíolos, em virtude de suas propriedades lipofílicas. Os gases e vapores também penetram nas folhas, pelos ostíolos, pois os estômatos constituem, por assim dizer, a via gasosa de penetração.

As monocotiledôneas apresentam, na base das folhas e dos entre-nós, uma região meristemática denominada meristema intercalar, porque é um tecido de formação intercalado entre os demais tecidos adultos. Nas gramíneas, especialmente nos entre-nós que ainda não completaram o seu desenvolvimento, os meristemas intercalares do colmo são denominados anéis de crescimento (Figura 15).

Nessas plantas, o crescimento dos colmos não é exclusivamente terminal, como nas dicotiledôneas, cujo caule cresce em extensão unicamente pelo desenvolvimento dos meristemas apicais.

Nas gramíneas e em outras monocotiledôneas, cada gomo cresce individualmente, às expensas dos respectivos meristemas intercalares. Este fato é patente quando se observam os calmos de gramíneas cultivadas, como a cana-de-açúcar plantada na estação das águas, e que, após rigoroso desenvolvimento dos colmos, são atingidos pelos efeitos da seca e do frio. Neste período, o crescimento dos gomos é muito lento. Os gomos que se formam são pequenos e grossos. Após o inverno, os colmos recomeçam a crescer com vigor em virtude das condições favoráveis de temperatura e abundância de água, que se inicia na primavera.

Após o desenvolvimento completo dos colmos, também os meristemas intercalares se tornam adultos, desaparecendo o anel de crescimento.

Os meristemas intercalares, como são tecidos de formação, não tem elementos de floema e de xilema adultos e funcionais, constituindo, pois, sério obstáculo à translocação dos herbicidas ao longo do colmo. Por outro lado, muitos herbicidas aplicados à folhagem, ou às raízes, são consumidos em grande parte, nos meristemas intercalares, pois entram nas reações do tenso metabolismo que neles se verificam.

Assim, a aplicação de certos herbicidas, como os hormonais, às gramíneas, pode matar apenas parte do colmo, deixando gomos em condições de se multiplicar, por suas gemas e raízes nodais, reinfestando a área. Há, entretanto, herbicidas como o dalapon e o glifosato, que atravessam os meristemas intercalares.

Outra característica estrutural apresentada pelas monocotiledôneas em geral, que as torna mais resistente à ação herbicídica do que as dicotiledôneas, é a ausência de câmbio e também de felogênio, no caule. Sendo estes tecidos meristemas secundários, são eles as regiões mais vulneráveis a ação dos herbicidas, quando as dicotiledôneas estão em rápido desenvolvimento. Ao contrário, as monocotiledôneas, mesmo em desenvolvimento rápido, não sofrem tão violentamente, no caule, a ação fitotóxica dos herbicidas porque, na ausência de tais meristemas, eles somente irão atingir as células floemáticas e xilemáticas na sua segunda fase de crescimento, que é a de distensão.

9.2.3. Características Fisiológicas de Resistência

Das características fisiológicas de resistência das plantas a ação fitotóxica dos herbicidas, cabe estudar, neste capítulo, a influencia da idade das plantas e o seu estado nutricional.

9.2.3.1. Idade da planta

A planta, durante o seu desenvolvimento, da germinação da semente até o estado de floração e frutificação, passa por vários estágios, que se caracterizam por diferentes graus de resistência à ação fitotóxica dos herbicidas. Mas as influências do estágio de crescimento sobre a resistência das plantas varia também com os herbicidas usados.

Nesse sentido, ao se estudar a influência do estágio de crescimento de uma planta sobre a sua resistência aos herbicidas, deve-se levar em conta dois aspectos fundamentais:

- a. a capacidade dos herbicidas de penetrar na planta, através dos seus vários órgãos;

b. os mecanismos de ação dos diferentes herbicidas, isto é, os seus efeitos nos órgãos maduros, quando comparados com os efeitos sobre os órgãos em desenvolvimento.

Em geral, as plantas são mais sensíveis a ação herbicídica quando estão em crescimento rápido, ou tenham sido debilitadas por um rápido desenvolvimento, que tenha exaurido, temporariamente, as suas reservas.

As sementes não germinantes e as dormentes não são afetadas pelas herbicidas, nas condições normais de uso.

A maioria das dicotiledôneas anuais e de inverno apresentam um período de máxima susceptibilidade no início do estágio de plântula. Após o estabelecimento da frutificação, a susceptibilidade atinge o mínimo. É o estágio de máxima resistência.

Entre esses dois estágios extremos, a resistência, varia de espécie para espécie, mas, de um modo geral, aumenta com a idade da planta. O estágio de semente germinante é o de maior susceptibilidade e o de florescimento, o de maior resistência. Nos estágios intermediários, a resistência é variável com a espécie.

Entretanto, deve-se considerar que, ao se avaliar a resistência de uma planta à ação de herbicidas, geralmente se levam em conta apenas fitotóxicos visíveis no ano de tratamento. Mas, os herbicidas podem produzir efeitos não aparentes, que se manifestarão mais tarde. Eles podem, por exemplo, formar complexos inativos com compostos da planta, os quais são translocados para as sementes e nelas armazenados. Estas sementes, ao germinarem, mais tarde, libertam o herbicida, que irá interferir no metabolismo da nova plântula, provocando anormalidades. Este fenômeno ocorre com frequência no algodão, quando atingido por deriva de 2,4-D ou 2,4,5-T, na fase de floração e formação de frutos.

Em virtude de tal fato, Aberg (op. cit.) considera incorreto classificar plantas de resistência apenas porque não mostram injúrias herbicidas durante o seu ciclo, especialmente nas fases finais do seu desenvolvimento (floração e frutificação).

A fase de floração, em geral, é de alta susceptibilidade, porque as flores são órgãos novos, que se desenvolvem rapidamente, absorvendo intensamente, todas as reservas nutritivas da planta. Se houver herbicida dentro da planta, cairá toda a florada.

As dicotiledôneas perenes, após o seu segundo ano de idade são tanto mais susceptíveis quanto menos vigorosas. Estas plantas apresentam seu estágio de menor vigor logo antes da floração, quando os órgãos florais estão no seu estágio final de formação. Neste estágio, a planta está debilitada pelo rápido desenvolvimento dos órgãos florais e pela exaustão das suas reservas nutritivas, translocadas para as flores em formação. Ao mesmo tempo, as plantas apresentam uma grande área foliar. O dente-de-leão (*Tanaxacum*), por exemplo mostra maior susceptibilidade aos herbicidas quando as suas rosetas foliares estão bem desenvolvidas, mas antes de começar a floração.

Em geral, as plantas produzem as flores, todas de uma vez, seguindo-se a frutificação, também com a produção dos frutos, todos de uma vez. A planta se carrega, inteira, de flores e logo passa a carregar-se, inteira, de frutos. É o que se denomina *floração simultânea e frutificação simultânea* (Figura 16).

Esse é o caso geral. Mas o algodão, por exemplo, comporta-se diferentemente. Ele não floresce de uma vez, como a maioria das plantas. Sua floração é *progressiva*, assim como a sua frutificação. Então, o algodão, durante todo o seu ciclo de floração, está em intensa atividade de transporte das suas reservas nutritivas para as flores novas e maçazinhas em desenvolvimento. As maçãs que terminam o seu crescimento e a formação das suas sementes, entram em fase de resistência.

Assim, durante todo o período de floração e frutificação, o algodão é altamente susceptível aos herbicidas de translocação, principalmente os auxínicos. A absorção desses herbicidas derruba toda a florada existente e por se formar. Somente persistem as maçãs já formadas, que podem se abrir ou não, conforme o estágio de desenvolvimento em que receberam o herbicida.

Já a fase de frutificação é de menor susceptibilidade, nas plantas em geral porque, estando já formados os frutos, não há mais absorção intensa de material nutritivo da planta. Ela entra numa fase de repouso, que é a maturação.

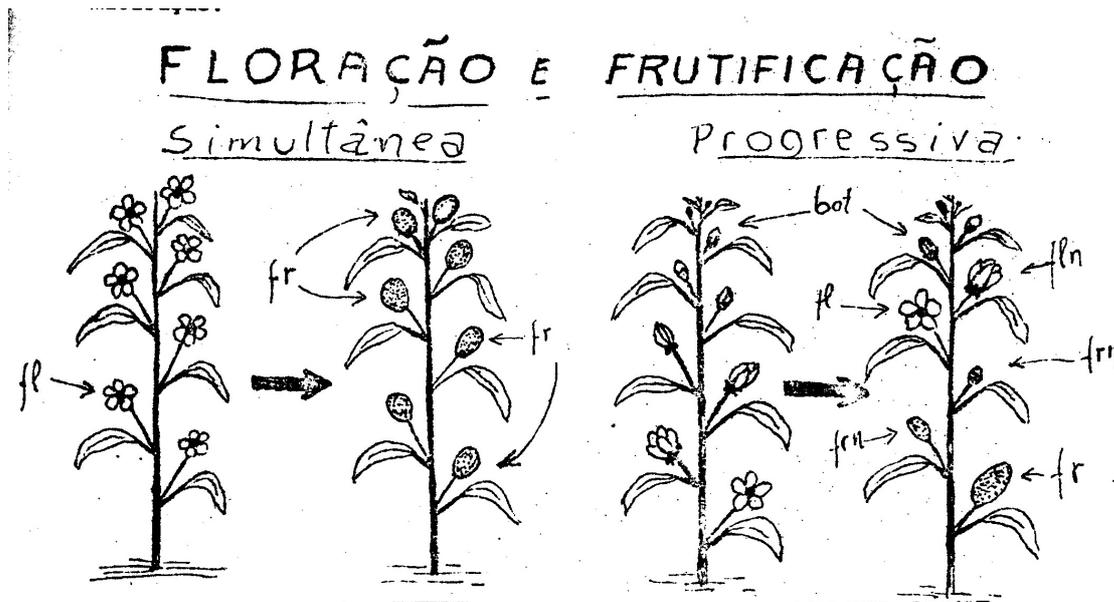


Figura 16. Floração e Frutificação: fl – flores; fn – flores novas; bot – botões florais; fr – frutos maduros; frn – frutos novos. (original).

No algodão, mesmo as maçãs já formadas, que receberem herbicida auxínico (2,4-D) ainda estão com as sementes em desenvolvimento. E essas sementes absorvem o 2,4-D e dão baixa germinação (40%), com produção de plantinhas monstruosas em grande quantidade.

Quando o algodão recebe os herbicidas auxínicos em época de estiagem, o efeito fitotóxico é aparentemente menos violento, porque a circulação do herbicida na planta é muito lenta, em virtude da falta de água. Mas, se sobrevier uma chuva, ou uma irrigação, haverá intensa circulação de água e alimentos na planta e formação rápida de órgãos novos - folhas, flores, brotos, etc.. E o herbicida, que estiver acumulado na planta, circulará rapidamente, matando toda essa formação nova. O efeito da chuva é um bom teste para se avaliar a intensidade do dano, pois, se houver muito pequena quantidade de herbicida na planta, podendo ser metabolizado na estiagem, a chuva provocará a recuperação, da planta, com vegetação nova normal.

O algodão é uma das plantas mais susceptíveis à ação fitotóxica dos herbicidas auxínicos, em todos os estágios do seu desenvolvimento, principalmente o 2,4-D e o 2,4,5-T, mais freqüentemente usados no Brasil.

No início do crescimento, isto é, no período da germinação a abertura dos cotilédones, basta uma quantidade muito pequena de herbicidas para provocar a morte do algodão.

Quando ele inicia o desenvolvimento da folhagem, seu crescimento é muito rápido, chegando a formar uma folha em cada 4 dias. Nesta fase de crescimento intenso, os sintomas de fitotoxicidade herbicídica surgem rapidamente, pelo aparecimento de folhas novas deformadas. Esta fase é crítica, sob o ponto de vista da recuperação da planta. Se a dose do herbicida recebido é pequena só aparecem folhas novas distendidas e poucas deformadas em concha. E logo, a planta recomeça a produzir folhas normais. Neste caso, uma adubação nitrogenada em cobertura, com sulfato de amônio, é aconselhável, para auxiliar a recuperação.

Entretanto, se os sintomas forem de fitotoxicidade mais grave, aparecendo também epinastias e anomalias em folhas já formadas, tais como engrossamento e enrugamento, a adubação nitrogenada, em cobertura, terá contraproducente. Ela facilitará apenas a recuperação vegetativa da planta mas, como o herbicida ainda permanece no seu interior, em quantidades pequenas, hormonais, ele será absorvido, mais tarde, pelas flores novas que se formarem esterilizando-as. A florada que se formar cairá e não haverá produção. Sabe-se que o 2,4-D pode permanecer na planta de algodão até por 80 dias.

A mamona é, também, altamente susceptível à ação do 2,4-D e 2,4,5-T, embora bem menos que o algodão. Doses de 2,4-D + 2,4,5-T suficientes para deformar violentamente as folhas do algodão, não causam injúrias aparentes às folhas da mamona.

Pela ação de 2,4-D + 2,4,5-T, em forte deriva de aplicações aéreas em pastagens, além dos sintomas epinásticos e outros já conhecidos, para outras plantas, já, na mamona, abundante proliferação de raízes adventícias, em fileiras esparsas, principalmente, na base do caule, onde se acumula o herbicida translocado simplasticamente. Em concentrações elevadas dos herbicidas, essas raízes aparecem também nos ramos superiores, mais verdes. As raízes adventícias formam-se no lenho do caule, perfuram a casca, rachando-a e emergindo, em fileiras verticais, das rachaduras. Pode haver várias fileiras paralelas, na mesma rachadura. Se a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura for elevada, as raízes adventícias emergentes nas rachaduras não se desenvolvem em comprimento, mas engrossam e se suberificam, transformando-se em verrugas.

Na região do colo da mamona, os tecidos da casca morrem e se gelificam, formando uma melanose negra, que se estende pelas raízes abaixo, gelificando toda a casca do sistema radicular. Essa necrose negra progride também caule acima, em faixas, e das bases dos pecíolos das folhas mortas para baixo.

Nos frutos e sementes de algodão e de mamona, o 2,4-D + 2,4,5-T podem produzir os seguintes sintomas: frutos com deiscência precoce e incompleta, pois o 2,4,5-T inibe o desenvolvimento dos esclerênquimas que formam os tecidos fibrosos das suturas carpelares de deiscência, tornando-as mais frágeis. Quando os frutos começam a secar, mesmo ainda verdes, com freqüência as suturas se rompem e eles se abrem prematuramente. No algodão, originam os carimãs e na mamona a deiscência de frutos verdes, ainda na planta. Nas sementes, os efeitos podem ser a produção de sementes chochas, por morte do embrião e paralisação do desenvolvimento do endosperma.

Entre as monocotiledôneas, a resistência a ação herbicídica varia de família para família. Assim, o alho bravo (*Atium vineale*), que é uma liliácea perene, é mais susceptível à ação herbicídica quando começam a se formar os novos bulbilhos. Neste estágio, a planta

está em franco desenvolvimento e suas reservas estão sendo consumidas na formação das partes novas.

As gramíneas mostram estágios bem mais delimitados, que as dicotiledôneas, de resistência, tolerância ou susceptibilidade dos herbicidas. É interessante conhecer-se bem esses estágios principalmente se considerar o grande número de gramíneas daninhas e a importância das gramíneas cultivadas. A maioria das pesquisas a este respeito, tem sido feita com herbicidas hormonais.

As gramíneas apresentam, em geral, durante o seu desenvolvimento, quatro estágios bem nítidos (Figura 17), de tolerância e susceptibilidade a esses herbicidas.

1º - de semente germinante a plântula com quatro folhas.

2º - de perfilhamento (de cinco folhas em diante).

3º - de crescimento e formação de gomos até o emborrachamento.

4º - de grão leitoso a semente madura.

Os períodos de maior susceptibilidade são os de rápido desenvolvimento. Assim, o 1º estágio é de alta susceptibilidade. A gramínea, durante este estágio, emite suas raízes seminais, distende o mesocótilo, que é a região mais favorável à penetração do herbicida e tem apenas tecidos novos, em formação e em distensão. Seus meristemas apicais são facilmente destruídos pelo herbicida translocado. É um estágio de intenso crescimento.

O 2º estágio é o de perfilhamento, que se inicia aproximadamente na idade da 5ª folha. O crescimento é lento e a planta se desenvolve mais pela brotação das gemas laterais. É fase de resistência.

O 3º estágio, após o completo perfilhamento, é o de rápido crescimento, com grande atividade meristemática e esgotamento das reservas nutritivas, para a formação dos órgãos florais. Este estágio termina na fase de emborrachamento, isto é, quando as gemas florais estão formadas dentro das brácteas colenquimatosas, as quais, pela sua elasticidade característica, lembram invólucros de borracha, ao tacto. É fase de susceptibilidade.

O 4º estágio se inicia com a formação do grão. Cessa o crescimento ativo e continua apenas a translocação e armazenamento das reservas. É um estágio de resistência, que se prolonga até a maturação da semente. A semente, em geral, é bastante resistente à ação dos herbicidas hormonais.

Dentro de cada estágio, a susceptibilidade varia progressivamente, aumentando nos períodos de desenvolvimento rápida e diminuindo nas baixas intensidades de crescimento.

As pesquisas de HagSand (*ABERG, 1964*), mostraram que, para as gramíneas susceptíveis aos herbicidas hormonais, pode haver dois estágios de crescimento, de alta susceptibilidade:

a. iniciação da formação das espiguetas;

b. formação das partes florais.

As pulverizações no estágio (a) induzem espiguetas anormais e as no estágio (b) induzem espiguetas estéreis.

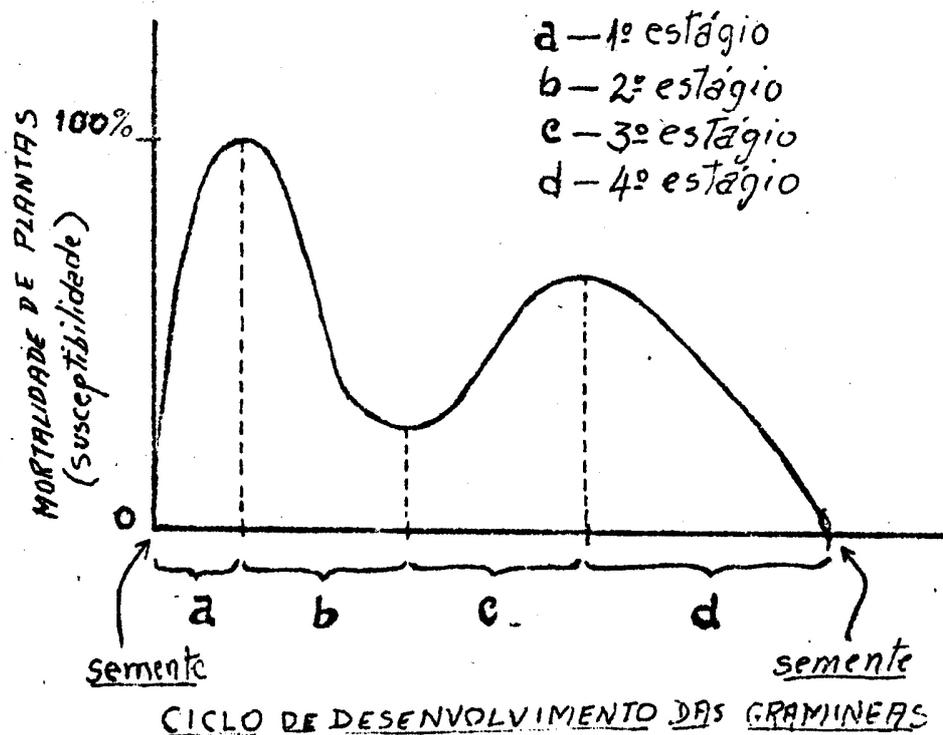


Figura 17. Períodos de susceptibilidade e resistência das gramíneas aos herbicidas auxínicos (ver texto) (Adapt. De KLINGMAN, 1966).

Em outros estágios, além dos dois citados, as anomalias produzidas pelas pulverizações de herbicidas hormonais não são das mais graves.

O milho é resistente aos herbicidas hormonais, no estágio de 2 a 4 folhas, ou quando está com 10 a 25 cm de altura. Entretanto, se as pulverizações forem feitas mais tarde, podem aparecer folhas tubulares, ou se forem feitas no período do desenvolvimento floral, podem induzir flores masculinas ou femininas anormais, com redução da produção.

Em pastagens estabelecidas, é o estágio do desenvolvimento dos matos que decide, mais que o do desenvolvimento das gramíneas, a época de aplicação dos herbicidas.

Em geral, para as plântulas de capins, há um aumento de resistência com o aumento da idade (HOLLY, cf. ABERG, 1964), como ocorre com as gramíneas que acompanham o ciclo dos quatro estágios. No caso de plantio de capins para a produção de sementes, as pulverizações de herbicidas hormonais devem ser feitas preferivelmente quando as plantas tiverem a altura de 15 a 25 cm, isto é, cerca de um mês antes da emergência das espigas. Assim se evita o aparecimento de espigas e panículas anormais, com queda na produção.

9.2.3.2. Estado Nutricional da Planta

O estado nutricional tem grande influência na reação da planta à ação fitotóxica dos herbicidas. WOLF et alii (1950), demonstraram que a soja tratada com 2,4-D, em diferentes níveis de nitrogênio, no solo, apresentou diferentes graus de injúria para as mesmas doses (Figura 18).

As injúrias foram pequenas em baixo nível de N, mas acentuaram-se quando subiu o nível de N no substrato.

De fato, tem-se observado que, nas culturas de plantas sadias, que se desenvolve normalmente, os efeitos dos herbicidas auxínicos tem sido maiores nos indivíduos mais vigorosos, de bom estado nutricional. Também *SELMAN & UPCHURCH* (cf. *ABERG, 1964*), mostraram que, quando o nível de fósforo do solo era aumentado a 160 mg $P_2O_5/100g$ de solo, havia uma progressiva redução na quantidade de amitrol necessária para uma redução de 50% no crescimento de várias culturas, entre as quais, algodão, soja e trigo.

9.3. Seletividade toponômica

A seletividade toponômica é um conjunto de técnicas cujo objetivo é separar a planta cultivada do mato, na ocasião do tratamento herbicida, de modo que, ou somente o mato receba o tratamento, ou também a cultura o receba, porém, em condições de não ser injuriada. Isto se consegue conhecendo-se o hábito de crescimento, tanto da cultura como do mato, de modo a proteger aquela das injúrias do herbicida. Por exemplo, o CIPC pode ser aplicado em pré-emergência, em cultura de arroz. Aplicado ao solo, ele fica localizado na camada superficial, onde germina o mato. O arroz e o capim-arroz podem germinar abaixo dessa camada, mas, para emergir, devem atravessá-la. O arroz produz o seu primeiro nó abaixo da camada tratada (Figura 19), ao passo que o capim-arroz vai produzi-lo mais próximo da superfície, já na região em que se encontra o herbicida. O arroz não sofre a ação do herbicida, na camada tratada, porque seu meristema apical está protegido pelo coleóptilo e seu mesocótilo, que é a região vulnerável à entrada do herbicida, situa-se abaixo da referida camada. O capim-arroz, no entanto, possui um mesocótilo longo, que atinge a camada tratada.

O mesocótilo do capim-arroz fica, pois, exposto à entrada do herbicida, que nele penetra e se transloca para cima indo matar o meristema apical e o primeiro nó.

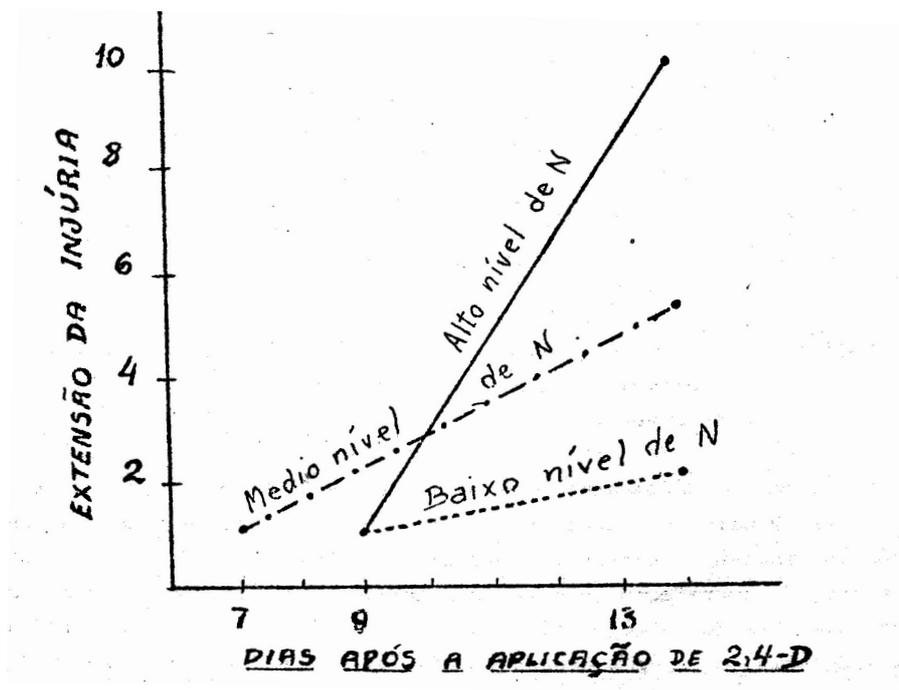


Figura 18 – Efeito de três níveis de nitrogênio, em soja, sobre a sua susceptibilidade aos herbicidas auxínicos. A susceptibilidade aumenta com o nível de nitrogênio fornecido à planta (Adapt. de WOLF et alii, 1950).

O conhecimento das condições agrônômicas para o bom desenvolvimento das plantas cultivadas, bem como das condições ecológicas e hábito de desenvolvimento do mato permitem conseguir-se a seletividade toponômica, usando-se de várias modalidades ou tipos de aplicações de herbicidas.

Em geral há dois tipos de tratamentos com herbicidas, que são o tratamento no solo e o tratamento na folhagem.

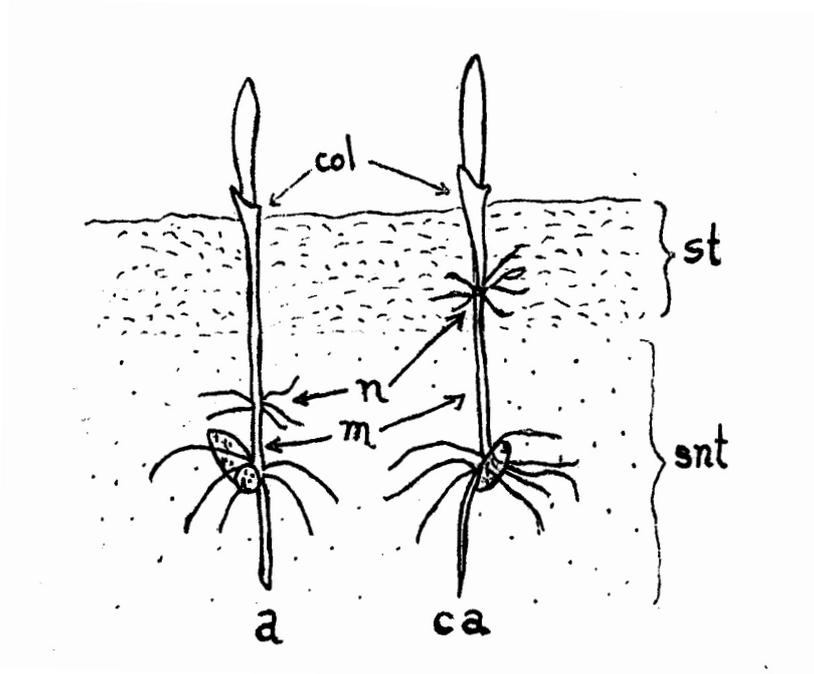


Figura 19. Arroz e capim-arroz; a – arroz; ca – capim-arroz; m – mesocótilo; n – primeiro nó; col – coleótilo; st – solo tratado; snt – solo não tratado.

Ao se adotar esta divisão, considera-se somente a emergência da cultura, e define-se como *emergência* a fase em que as plântulas da cultura estão rompendo a fina crosta superficial do solo e começam a ser notadas pelo lavrador. Em relação ao mato, considera-se *pré-emergência* o período que vai da sementeira da cultura até o aparecimento das plântulas de mato na superfície do solo, e *pré-emergência tardia*, até a fase em que o mato está com os cotilédones abertos (dicotiledôneas), ou com uma só folha totalmente distendida (monocotiledôneas).

As aplicações ao solo podem ser feitas em *pré-plantio* e em *pré-emergência*, este, em *cobertura* ou em *faixas*; e aplicações em *pré-emergência-do-mato*, em *jato dirigido*, para não afetar a cultura.

As aplicações à folhagem podem, conforme os casos, ser feitas *sobre a cultura* ou *sobre o mato*. Considera-se *somente a emergência da cultura*. Neste caso, o herbicida pode ser aplicado em pré-plantio, ou em pré-emergência, ambas em cobertura; a aplicação *na emergência*, em cobertura, se faz depois que o mato já passou e a cultura começa a surgir na superfície do solo.

A aplicação em *pós-emergência*, em cobertura, se faz sobre a folhagem do mato e da cultura, *desde que o herbicida seja bioquimicamente seletivo para a cultura*. Este tratamento pode ser feito também em faixas cobrindo apenas as linhas da cultura.

Se o herbicida não é bioquimicamente seletivo para a cultura faz-se a aplicação em pós-emergência em *jato dirigido* sobre o mato sem atingir as plantas da cultura.

Além dessas modalidades, há casos especiais de combinações de tratamento de pré-plantio com pré emergência, e outros, tais como, incorporação ao solo, do herbicida aplicado em pré-plantio ou em certos casos em pré-emergência.

A incorporação do herbicida ao solo, geralmente se faz quando o herbicida é fotodecomponível não devendo portanto permanecer à superfície, recebendo raios solares. Também, quando o herbicida é de muito baixa solubilidade em água, permanecendo na camada superficial do solo após a aplicação, ele deve ser incorporado à profundidade desejada para que possa atingir as plântulas de mato que se encontram a essa profundidade.

10. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ASHTON, M.F. & CRAFTS, A.S. Mode of action of Herbicides. – John Wiley & Sons. New York, 1973.

AUDUS, L.J. (Editor) – The Physiology and Biochemistry of Herbicides, Academic Press. New York. 1964.

BEHRENS, R.W. – The Physical and Chemical Properties of Surfactants and Their Effects of Formulated Herbicides Weed 12 (4): 255-58. 1964.

BONNET, J.A. – Chemical Concept About Sucrose Formation and Maturity of Harvested Sugarcane in Puerto Rico. Sugar Jour. 25 (1): 45, 1962.

CAMARGO, P.N. – Fisiologia de Herbicidas. ESALQ-USP. Piracicaba, SP. Brasil. 1970.

CAMARGO, P.N. – Fisiologia da Cana-de-açúcar – ESALQ-USP. Piracicaba, SP. Brasil, 1970.

CAMARGO, P.N. – (coordenador) Texto Básico de Controle Químico de Plantas Daninhas. 3ª ed. ESALQ-USP, Piracicaba, SP, Brasil, 1971.

CAMARGO, P.N. & SILVA, O. – Manual de Adubação Foliar. Editora e Distribuidora Herba. Piracicaba, SP, Brasil. 1975.

CURRIER, H.B. & DYBING, C.D. – Foliar penetration of Herbicides-review and present status. Weeds 7(2): 195-213. 1959.

DEVLIN, R. – Plant Physiology. 3rd. ed. D. Van Nostrand Company. New York, 1975.

FOY, C.L. & SMITH, L.W. – The role of surfactants in Modifying the activity of herbicidal Sprays-Pesticidal formulations research. Am. Chem. Soc. Washington, 1969.

KLINGMAN, G.C. – Weed Control; As a Science. John Wiley & Sons. New York. 1960.

KROGMAN, D.W. – The Biochemistry of Green Plants. Prentice. Hall Inc. New Jersey, U.S.A.. 1973.

- LEVITT, J.* – Introduction to Plant Physiology – 2nd ed. The C.V. Mosby Company. Saint Louis, E.S.A. 1974.
- MEYER, B.S. & ANDERSON, D.B.* – Plant physiology – 2nd ed. D. Van Nostrand Company Inc. New York, 1958.
- SARGENT, J.A.* – The Penetration of Growth Regulators into Leaves. *Ann. Rev. Plant. Phys.* 16: 1 -, 1965.
- STREET, H.E.* – Metabolismo de las Plantas. Versión Española de Maximiano R. López. Editorial Alambra – Buenos Aires. 1969.
- WOLF, D.E., VERMILLION, G., WALLACE, A. & AHLGREN, G.H.* – *Bot. Gaz.* 112, 118093, 1950.
- WORT, D.J.* – Effects of Herbicides on Plant Composition and Metabolism. *In* Audus (editor) – “The Physiology and Biochemistry of Herbicides” Academic Press. New York. 1964.
- ZELITCH, I.* – Photosynthesis, Photorespiration and Plant Productivity. Academic Press, New York. 1971.