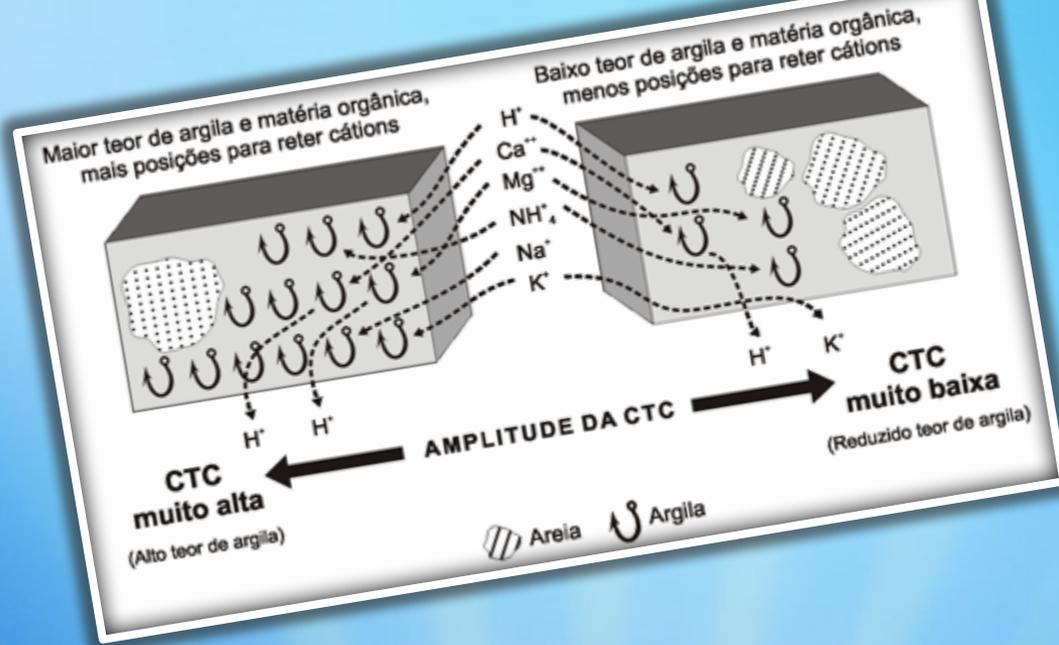


- 1- Fundamentos dos comportamento dos herbicidas no solo**
- 2- Descrição dos fatores que afetam o comportamento dos herbicidas no solo**
- 3- Isoxaflutole – um exemplo**
- 4- Comportamento dos herbicidas em área de palha (cana-crua)**
- 5- Considerações finais**

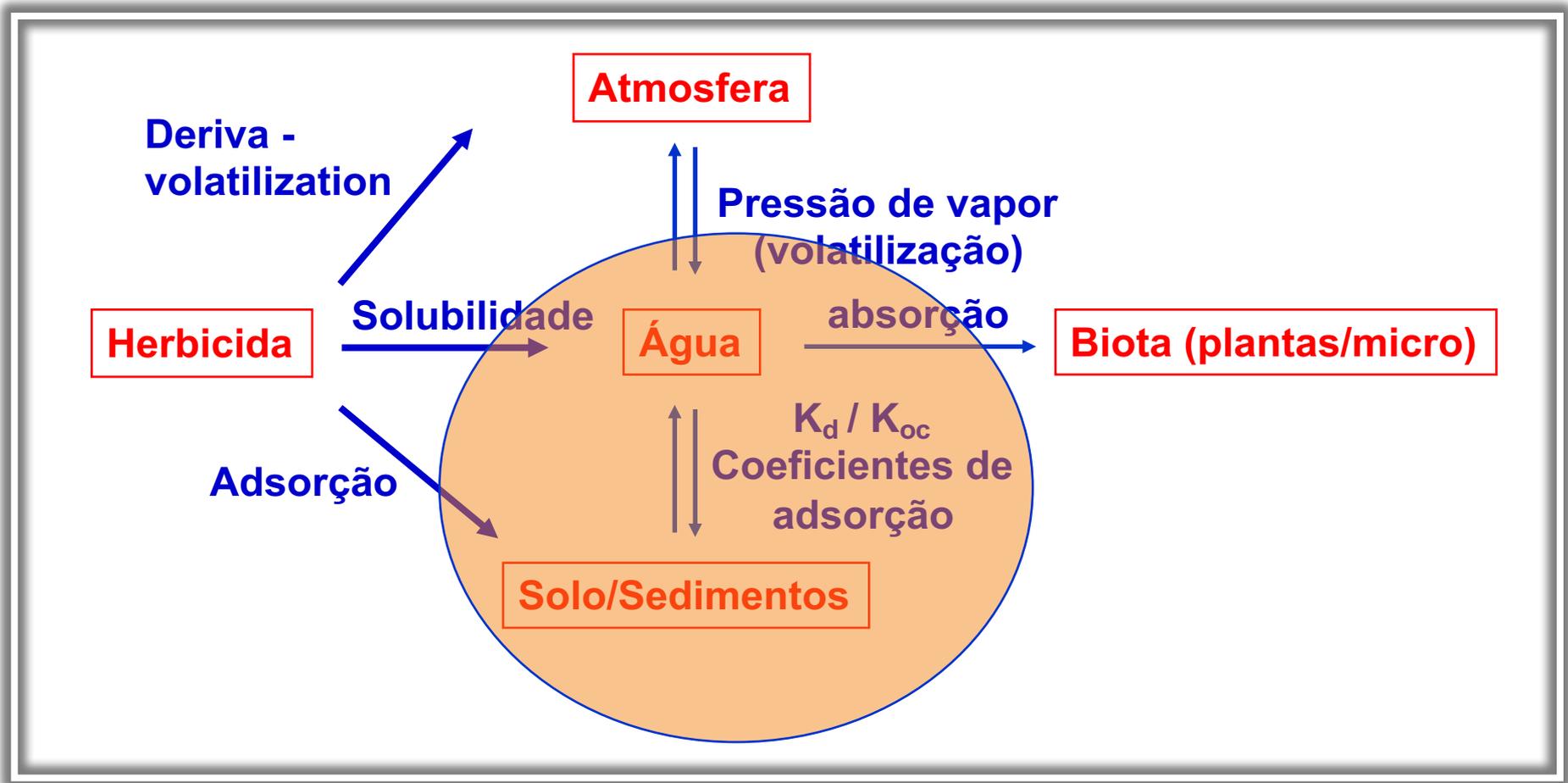




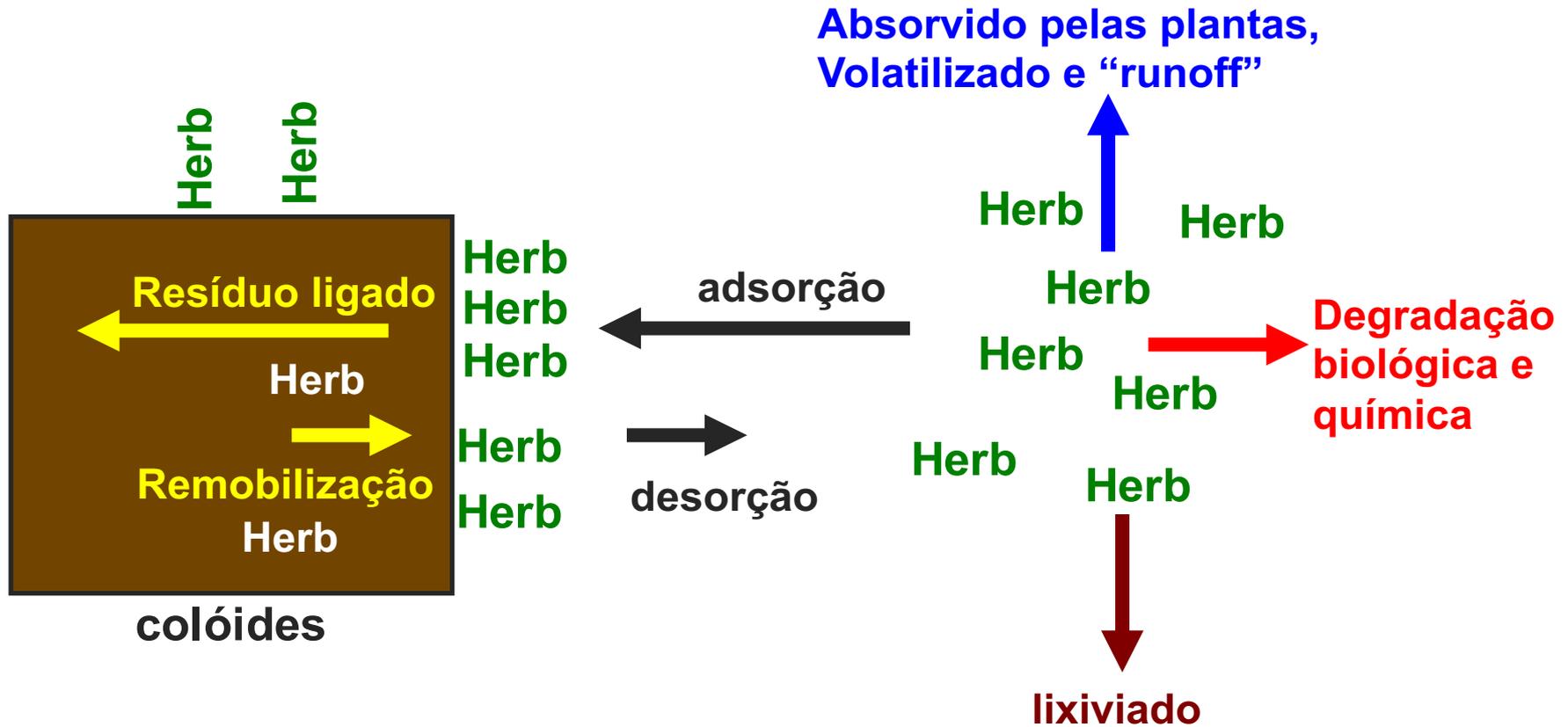
Fundamentos dos comportamento dos herbicidas no solo



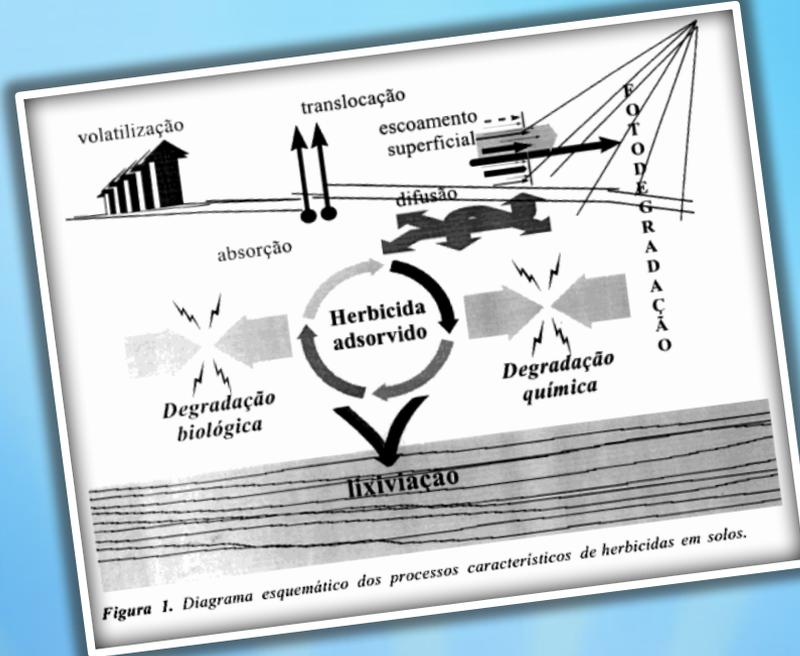
Destino de um herbicida no solo



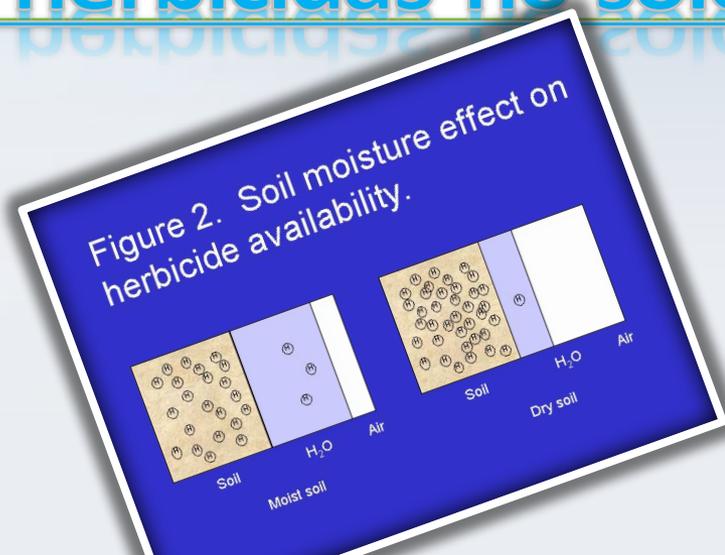
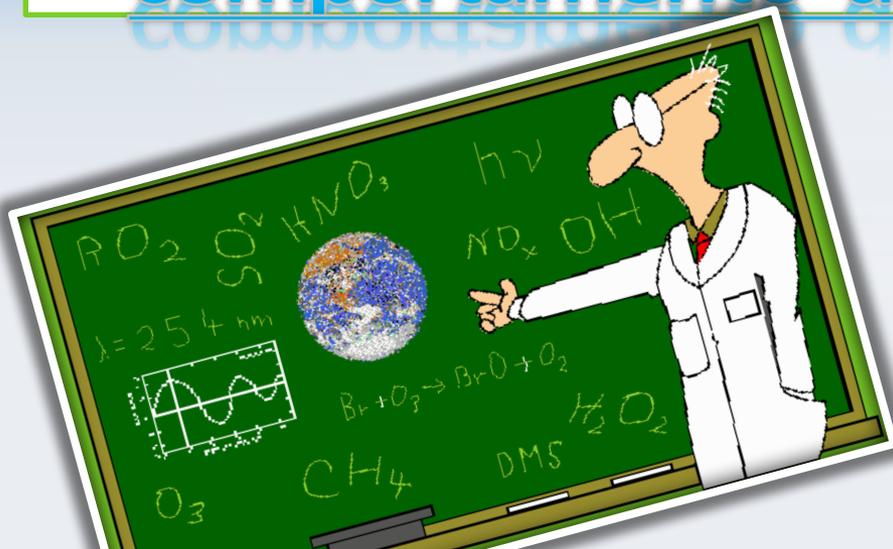
Processo de retenção de um herbicida no solo:



$$\text{Sorção} = \text{adsorção} + \text{resíduo ligado (precipitação)} + \text{Absorção (microrganismos)}$$



Descrição dos fatores que afetam o comportamento dos herbicidas no solo



Fatores que afetam a sorção de um herbicida no solo:

- Estrutura química e propriedades do **herbicida**
- Características físicas, químicas e biológicas do **solo**
- Sistema de produção



Interação destes fatores determinam:

Aplicabilidade dos herbicidas:

- Eficácia e seletividade do herbicida (absorção pelas plantas)
- Efeito residual de controle de plantas daninhas
- Resíduo para culturas em sucessão/rotação
- Perdas: volatilização, lixiviação, resíduo ligado e degradação



É fundamental entender os processos de:

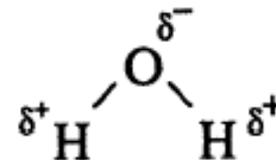
- Retenção do herbicida pela partículas minerais e orgânicas
- Degradação biótica e abiótica do herbicida

Solubilidade em água de um herbicida

Unidade de medida:

$$1 \text{ parte por milhão} = 1 \text{ ppm} = \frac{1}{1 \text{ milhão}} = \frac{1 \text{ mg}}{1 \times 10^6 \text{ mg}} = \frac{1 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} = \frac{1 \text{ mg}}{1 \text{ L}}$$

Fatores que afetam a solubilidade de um herbicida:



- Polaridade da molécula
- Pontes de hidrogênio entre o H da água e os átomos de N, O ou F
- Tamanho da molécula
- Temperatura
- pH

Eletronegatividade e a polaridade das moléculas

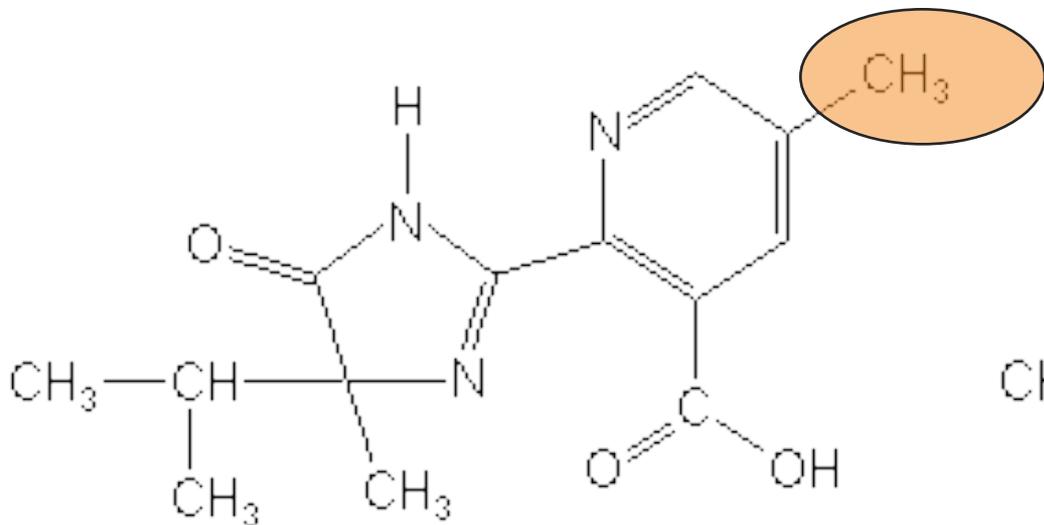
H 2.1																	He 0.0
Li 1.0	Be 1.5											B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0	Ne 0.0
Na 0.9	Mg 1.2											Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0	Ar 0.0
K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.8	Ni 1.8	Cu 1.9	Zn 1.6	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8	Kr 0.0
Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.4	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5	Xe 0.0
Cs 0.7	Ba 0.9	La 1.0	Hf 1.3	Ta 1.5	W 1.7	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.2	Au 2.4	Hg 1.9	Tl 1.8	Pb 1.9	Bi 1.9	Po 2.0	At 2.2	Rn 0.0
Fr 0.7	Ra 0.9	Ac 1.1															

(Crosby 1993)

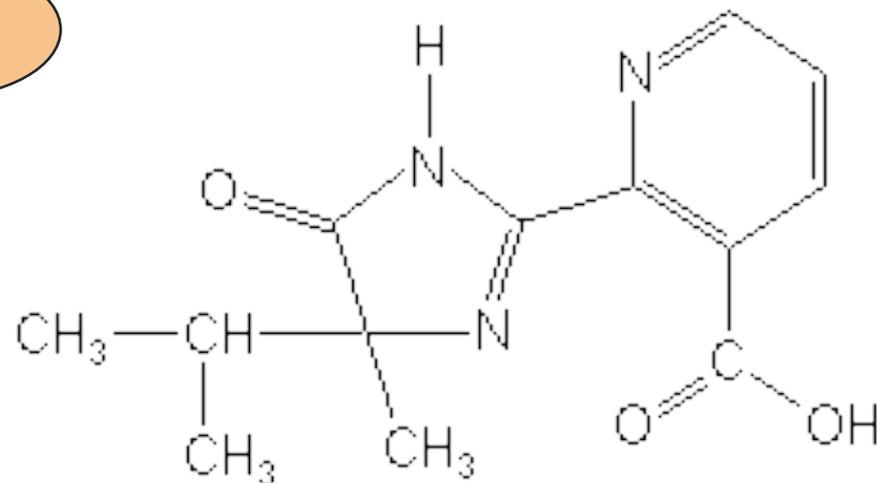
H — O Diferença de eletro negatividade = $3,5 - 2,1 = 1,4$ - polar

H — C Diferença de eletro negatividade = $2,5 - 2,1 = 0,4$ - apolar

Porque Plateau e Contain tem alta solubilidade?



Imazapic (Plateau)
S = 2200



Imazapyr (Contain)
S = 11.272

Qual o parâmetro do herbicida que determina a solubilidade?

Coeficiente de distribuição entre octanol e água (Kow)

Kow = 100 $\frac{100}{1}$  Herbicida oleoso (lipofílico)
"amigo do óleo"

The diagram shows a bottle with a yellow section labeled 'óleo' (oil) and a blue section labeled 'água' (water). The yellow section is significantly larger than the blue section, representing a 100:1 ratio of oil to water.

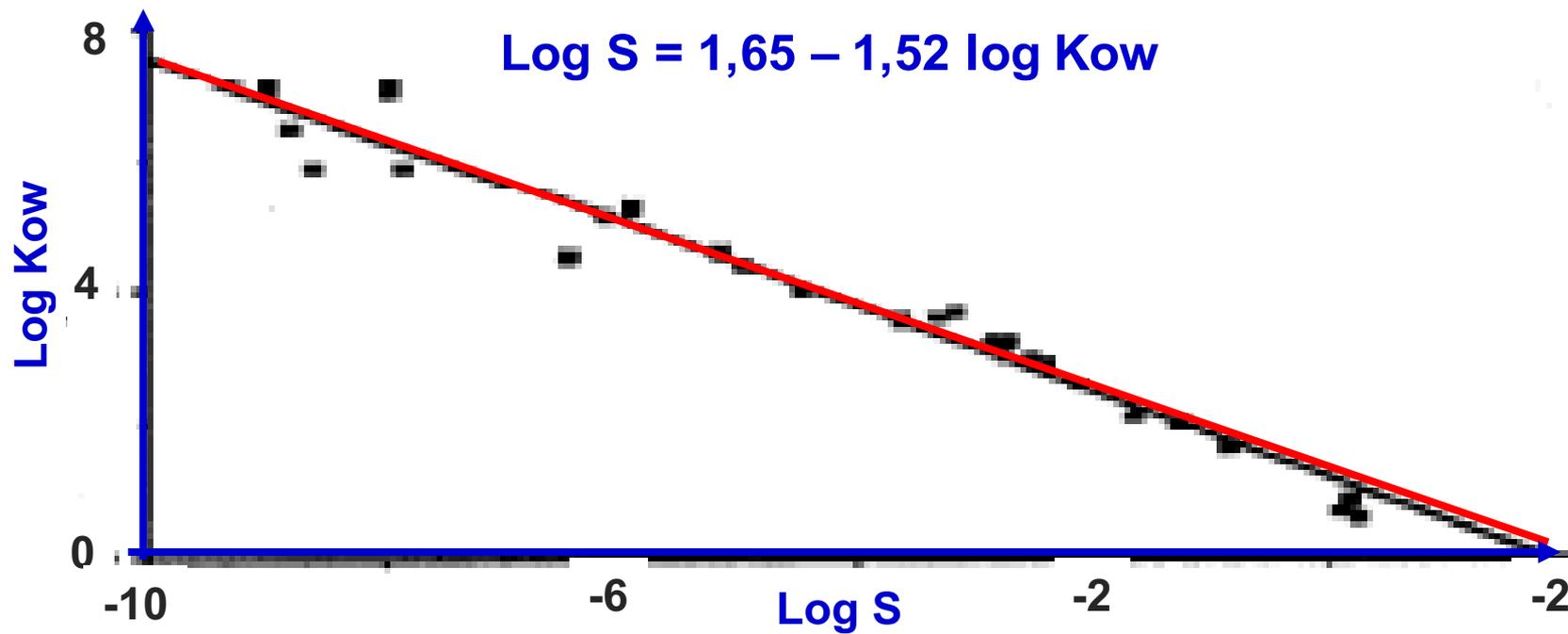
Alta adsorvidade à M.O.S. (interações hidrofóbicas)

Kow = 0,01 $\frac{1}{100}$  Herbicida aquoso (hidrofílico)
"amigo da água"

The diagram shows a bottle with a yellow section labeled 'óleo' (oil) and a blue section labeled 'água' (water). The blue section is significantly larger than the yellow section, representing a 1:100 ratio of oil to water.

Baixa adsorvidade à M.O.S. (alta solubilidade em água)

Relação entre a solubilidade de um herbicida e o Kow



(Linde, 1994)

Kow e a solubilidade em água do herbicida

Kow	Característica	Solubilidade em água
<1	Hidrofílico	alta ↓ baixa
1 a 10	Medianamente lipofílico	
10 a 100	Lipofílico	
100 a 1000	Muito lipofílico	
> 1000	Extremamente lipofílico	

Tabela 18. Parâmetros físico-químicos dos principais herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar

Herbicidas	Parâmetros físico-químicos				
	S mg L ⁻¹	P mm Hg	pKa	Log K _{ow}	K _{oc} mL g ⁻¹
2,4-D amina	600	5,5x10 ⁻⁷	2,8	2,55	20
Ametrina	200	8,4x10 ⁻⁷	4,1	2,63	30
Amicarbazone	4.600	1,3 a 3,0x10 ⁻⁶	0	1,20	25
Carfentrazone	22.000	1,2x10 ⁻⁷	-	3,36	750
Clomazone	1.100	1,4x10 ⁻⁴	NI	2,54	300
Diuron	42	6,9x10 ⁻⁸	NI	2,77	477
Flumioxazin	1,79	2,4x10 ⁻⁶	NI	2,55	-
Glyphosate	15.700	1,8x10 ⁻⁷	2,6 a 10,3	-4,10	24.000
Hexazinone	33.000	1,4x10 ⁻⁷	2,2	1,05	54
Imazapic	2.150	<1,0x10 ⁻⁷	3,9	0,16 a 0,002	0,17 - 2,99
Imazapyr	11.272	<1,0x10 ⁻⁷	1,9 e 3,6	1,30	0,11 - 1,48
Isoxaflutole (DKN)	326	-	1,1	2,50	17
Isoxaflutole (IFT)	6,2	7,5x10 ⁻⁹	4,3	2,32	134
Mesotrione	2.200	<7,5x10 ⁻⁹	3,12	-	19 – 387
Metribuzin	1.100	1,2x10 ⁻⁷	1,00	1,58	60
MSMA	1.040.000	--	4,1	<1,00	7.000
Oxyfluorfen	0,11	2,0x10 ⁻⁶	NI	4,47	100.000
Paraquat	620.000	<10 ⁻⁷	0	4,50	1.000.000
Pendimethalin	0,275	3,0x10 ⁻⁵	NI	5,18	17.200
S-metolachlor	480	1,3x10 ⁻⁵	NI	3,05	120 – 310
Sulfentrazone	490	1,0x10 ⁻⁹	6,56	1,48	10
Tebuthiuron	2.500	1,0x10 ⁻⁷	NI	2,83	80
Trifloxysulfuron	352	<0,97x10 ⁻⁸	4,76	1,40	29 – 574
Trifluralina	0,22	1,1x10 ⁻⁴	NI	5,07	7.000

NI - Valores não existentes ou não foram encontrados na literatura, ou foram encontrados valores divergentes nos diferentes trabalhos.

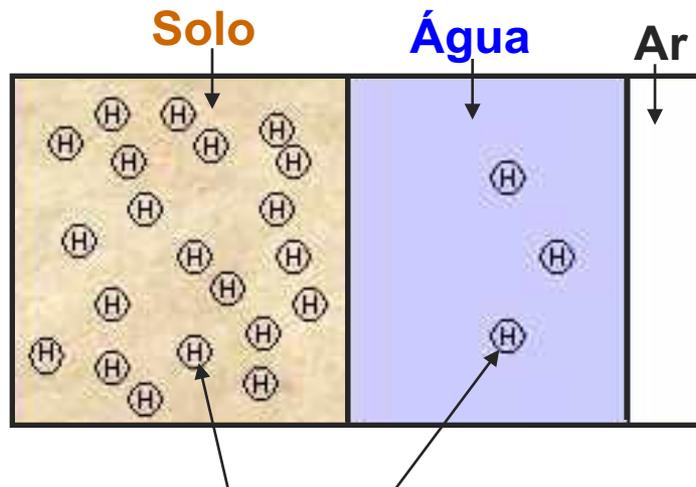
Kow e a solubilidade em água de herbicidas aplicados na cultura da cana-de-açúcar

Herbicidas	Kow	Solubilidade
Amicarbazone	1,23	4.600
Imazapic	0,01 (pH 7,0)	2.200
Imazapyr	1,3 (pH 7,0)	11.272
Oxyfluorfen	29.400	<0,1
Sulfentrazone	1,48	490
Ametryne	427	200
Diuron	589	42
Metribuzin	44	1100
Tebuthiuron	63	2500
Isoxaflutole	208	6,2
DKN	2,5	326
Clomazone	350	1100
Pendimethalin	152.000	0,3

Qual a relação da solubilidade (S) do herbicida com quantidade de herbicida disponível para absorção?

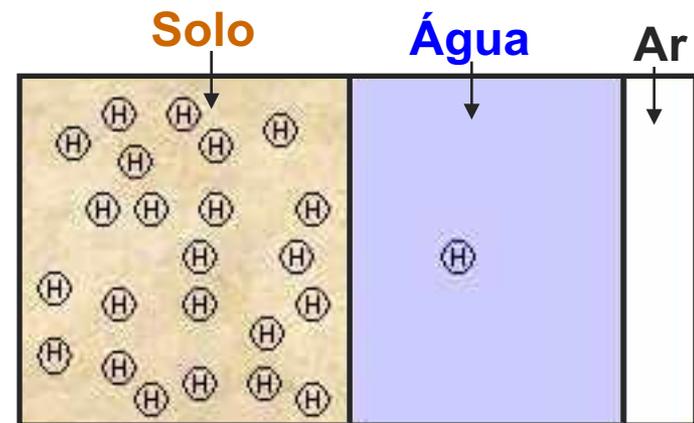
S = herbicida que é dissolvido na água pura, que poderá estar disponível na solução do solo, a uma determinada temperatura

Herbicida de > Solubilidade

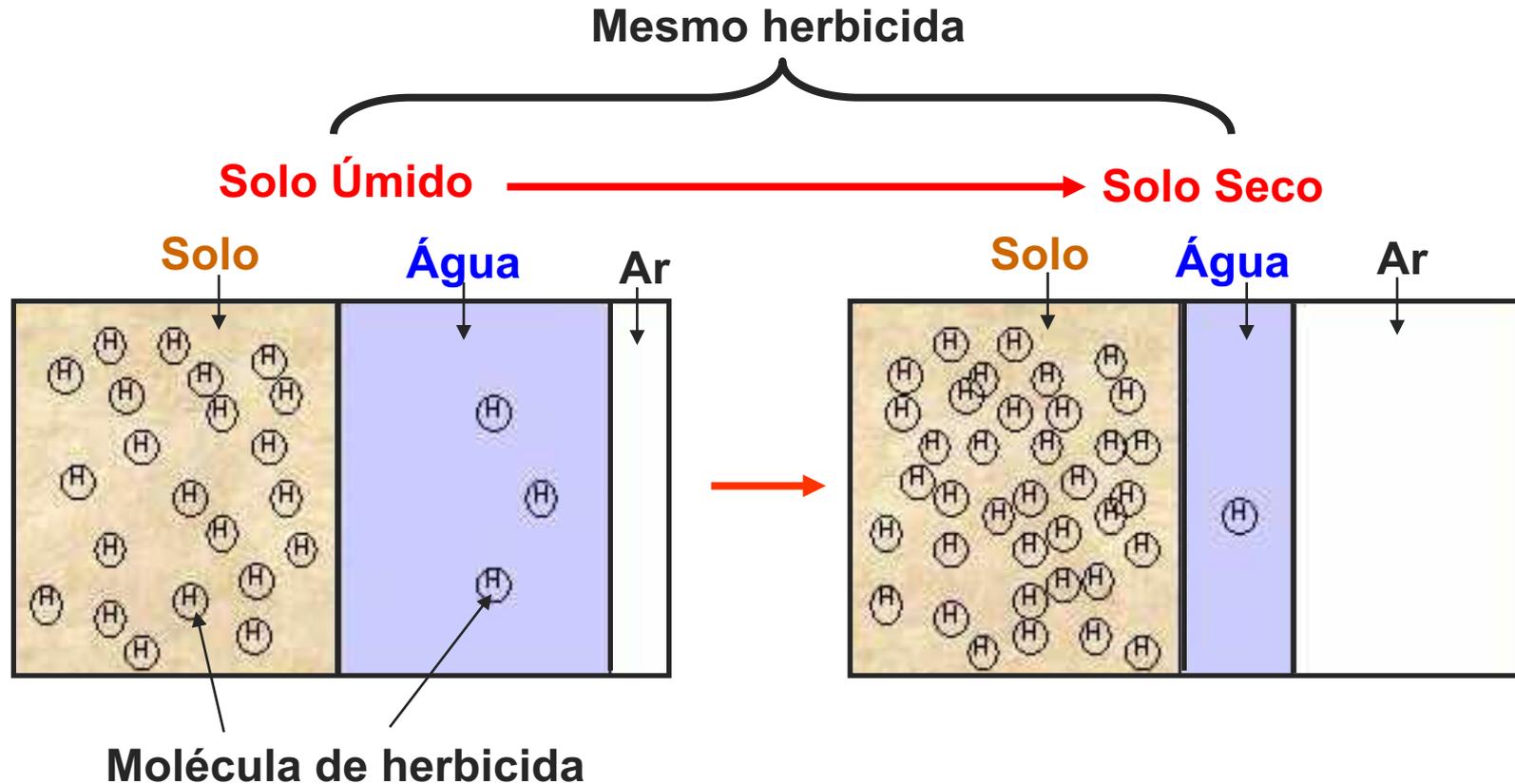


Molécula de herbicida

Herbicida de < Solubilidade



Qual a relação da solubilidade (S) do herbicida com a umidade do solo?



Qual o parâmetro que mede a capacidade adsortiva do herbicida?

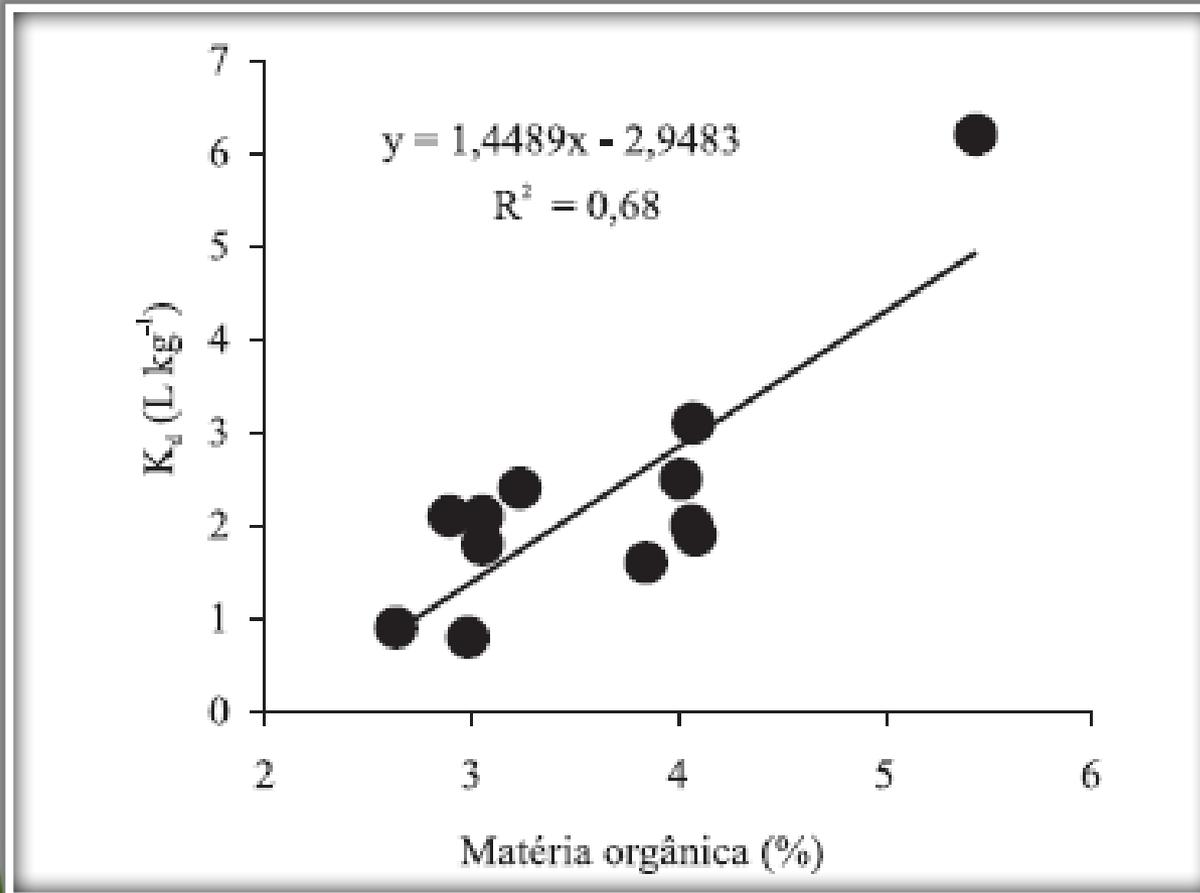
$$K_d = \frac{\text{Concentração do herbicida no solo}}{\text{Concentração do herbicida na água}}$$

Fatores que afetam o coeficiente de adsorção de um herbicida no solo

- Conteúdo de matéria orgânica
- Polaridade do herbicida
- pH
- Matéria orgânica solubilizada

Coeficiente de sorção levando em consideração a matéria orgânica (Koc):

$$K_{oc} = \frac{K_d \times 100}{\% \text{ de carbono orgânico}}$$



CTC dos colóides orgânicos e inorgânicos em solo com pH 7,0

(Brady e Weil, 1999).

Colóides	CEC (cmol ⁽⁺⁾ /kg) or meq/100g
Húmus	200
Vermiculita	100
Smectita	150
Micas	30
Caulinita	8
Óxidos e hidróxidos	4

Cada 1% de M.O.S. contribui para acréscimo de 2,0 cmol⁽⁺⁾ = 1meq da CTC

Importância da matéria orgânica na adsorção dos herbicidas

- ✓ **A M.O.S. é o principal fator a ser considerado na adsorção de herbicidas no solo (Graveel & Turco, 1994)**
- ✓ **Solos argilosos – 30-40% da CTC – M.O.S.**
- ✓ **Solos arenosos – 50-60% da CTC – M.O.S.**
- ✓ **Sendo assim, as recomendações de doses de herbicidas por textura do solo (arenoso x médio x argiloso) não são corretas devido a baixa atividade das argilas (Procópio et al., 2001)**
- ✓ **M.O.S. – principal fator de retenção do herbicida na camada superficial de solo**

Influência das propriedades físicas e químicas do solo no IFT-DKN

Propriedades dos solos	Koc		
	IFT	DKN	AB
Solo 1			
46,4% argila, 32,4% areia, 1,41% silte 1,41% M.O.	169	46	23
Solo 2			
9,4% argila, 73,4% areia, 16,7% silte 1,06% M.O.	37	75	38
Solo 3			
21,9% argila, 47,1% areia, 31,1% silte 3,15 M.O.	309	52	54
Solo 3 (tratado com H₂O₂)			
21,9% argila 47,1% areia, 31,1% silte 1,67% M.O.	171	16	15

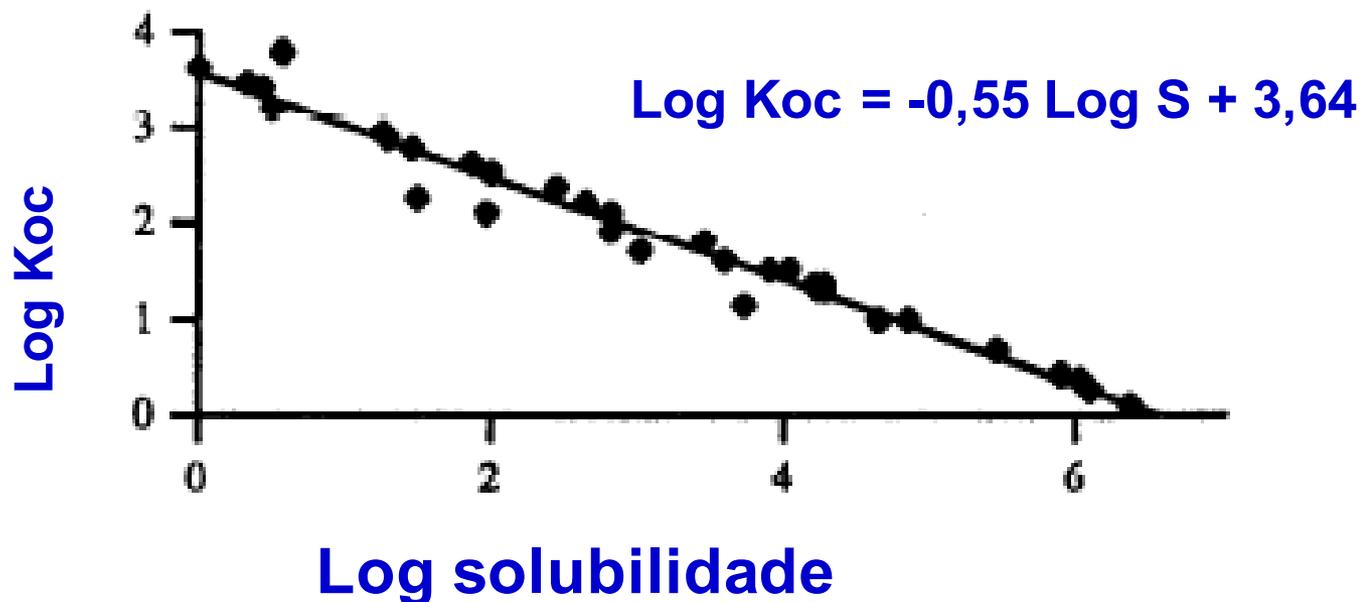
Relação entre o Koc e solubilidade e Kow de um herbicida

$$\text{Log Koc} = -0,55 \text{ Log S} + 3,64$$

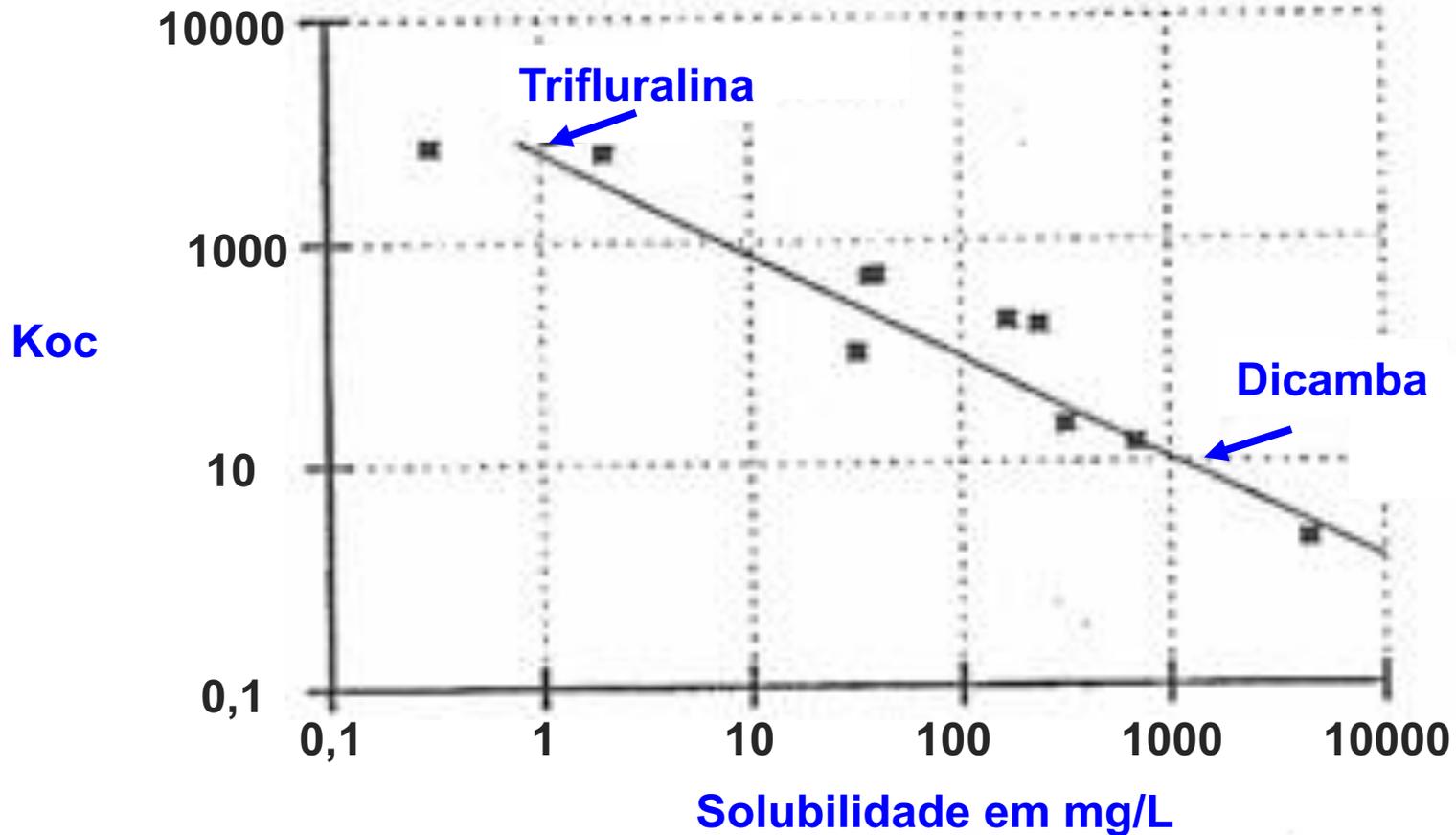
$$\text{Log Koc} = -0,54 \text{ Log Kow} + 4,28$$

$$\log K_{OC} = a + b \log K_{OW}$$

(Mingelgrin 1983 e Lyman, 1990)

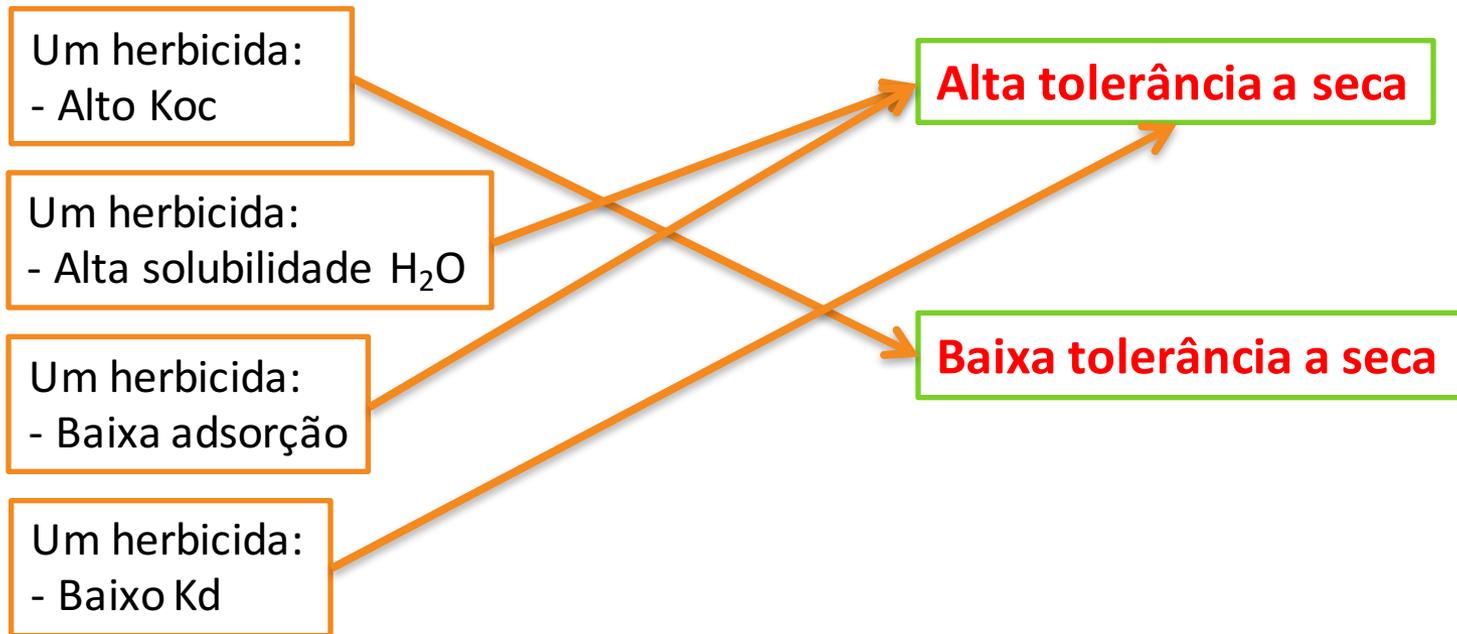


Relação entre solubilidade do herbicida e Koc



Qual a relação entre estes os parâmetros de caracterização do herbicida?

↑ **Kd** ↑ **Koc** ↑ **Adsorção** ↓ **Solubilidade água** ↑ **Kow**



Exemplo de uma matriz de recomendação baseada na textura e matéria orgânica

Recomendação não oficial de Sinerge:

Teores de argila (%)	Teores de Matéria Orgânica (M.O.S) - %					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
10	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5
20	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0
30	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0
40	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
60	5,0	5,0	5,5	5,5	5,5	5,5
80	5,5	5,5	6,0	6,0	6,0	6,0

Aumento de dose

Tabela 18. Parâmetros físico-químicos dos principais herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar

Herbicidas	Parâmetros físico-químicos				
	S mg L ⁻¹	P mm Hg	pKa	Log K _{ow}	K _{oc} mL g ⁻¹
2,4-D amina	600	5,5x10 ⁻⁷	2,8	2,55	20
Ametrina	200	8,4x10 ⁻⁷	4,1	2,63	30
Amicarbazone	4.600	1,3 a 3,0x10 ⁻⁶	0	1,20	25
Carfentrazone	22.000	1,2x10 ⁻⁷	-	3,36	750
Clomazone	1.100	1,4x10 ⁻⁴	NI	2,54	300
Diuron	42	6,9x10 ⁻⁸	NI	2,77	477
Flumioxazin	1,79	2,4x10 ⁻⁶	NI	2,55	-
Glyphosate	15.700	1,8x10 ⁻⁷	2,6 a 10,3	-4,10	24.000
Hexazinone	33.000	1,4x10 ⁻⁷	2,2	1,05	54
Imazapic	2.150	<1,0x10 ⁻⁷	3,9	0,16 a 0,002	0,17 - 2,99
Imazapyr	11.272	<1,0x10 ⁻⁷	1,9 e 3,6	1,30	0,11 - 1,48
Isoxaflutole (DKN)	326	-	1,1	2,50	17
Isoxaflutole (IFT)	6,2	7,5x10 ⁻⁹	4,3	2,32	134
Mesotrione	2.200	<7,5x10 ⁻⁹	3,12	-	19 – 387
Metribuzin	1.100	1,2x10 ⁻⁷	1,00	1,58	60
MSMA	1.040.000	--	4,1	<1,00	7.000
Oxyfluorfen	0,11	2,0x10 ⁻⁶	NI	4,47	100.000
Paraquat	620.000	<10 ⁻⁷	0	4,50	1.000.000
Pendimethalin	0,275	3,0x10 ⁻⁵	NI	5,18	17.200
S-metolachlor	480	1,3x10 ⁻⁵	NI	3,05	120 – 310
Sulfentrazone	490	1,0x10 ⁻⁹	6,56	1,48	10
Tebuthiuron	2.500	1,0x10 ⁻⁷	NI	2,83	80
Trifloxysulfuron	352	<0,97x10 ⁻⁸	4,76	1,40	29 – 574
Trifluralina	0,22	1,1x10 ⁻⁴	NI	5,07	7.000

NI - Valores não existentes ou não foram encontrados na literatura, ou foram encontrados valores divergentes nos diferentes trabalhos.

Como o pH do solo afeta a dinâmica do herbicida?

A) Altera os atributos do solo

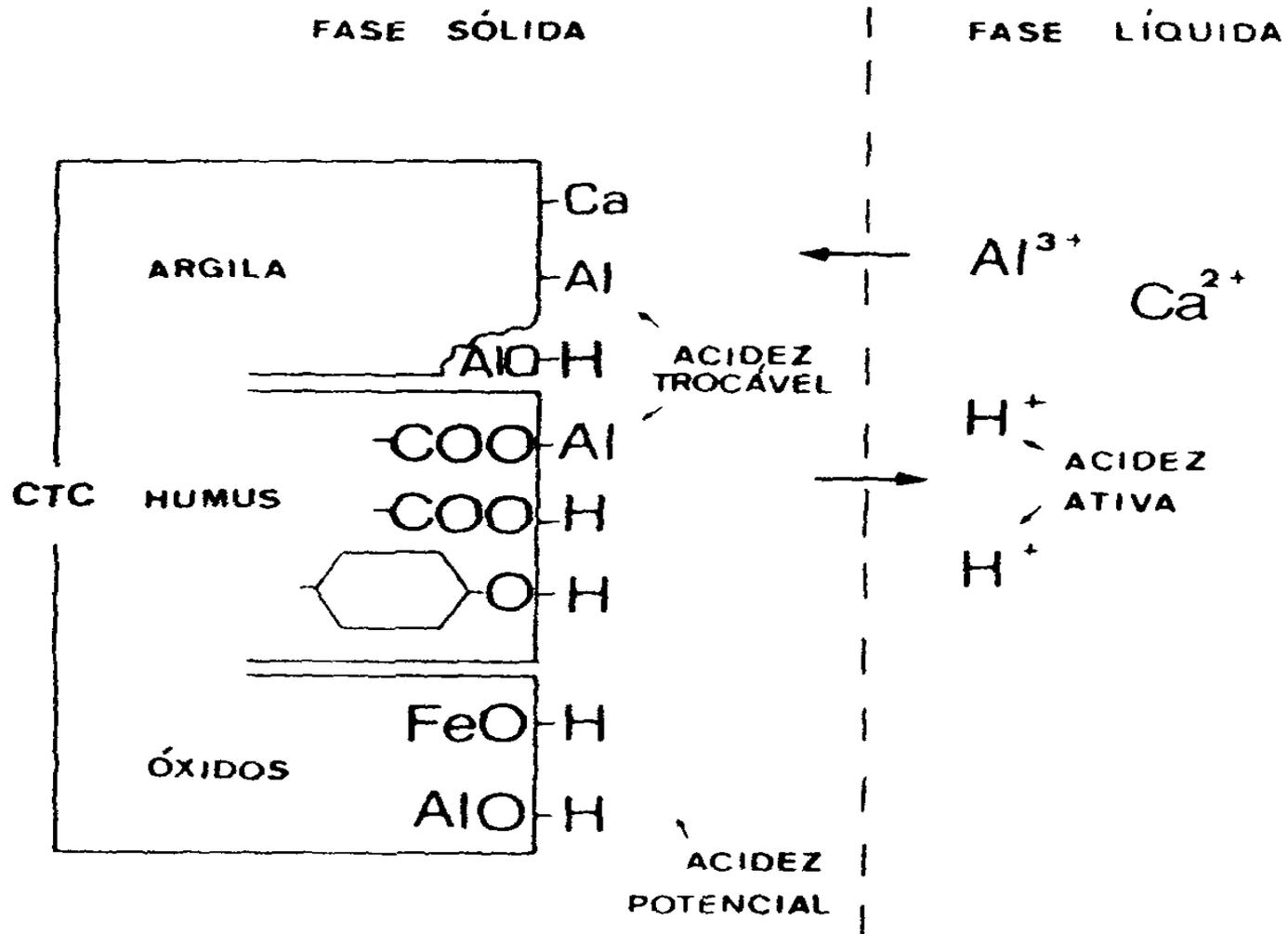
- Dispersão das partículas orgânicas (dissociação da M.O.S.)
- Balanço de cargas da fração argila (solos tropicais) e matéria orgânica



O solo se assemelha a um ácido fraco



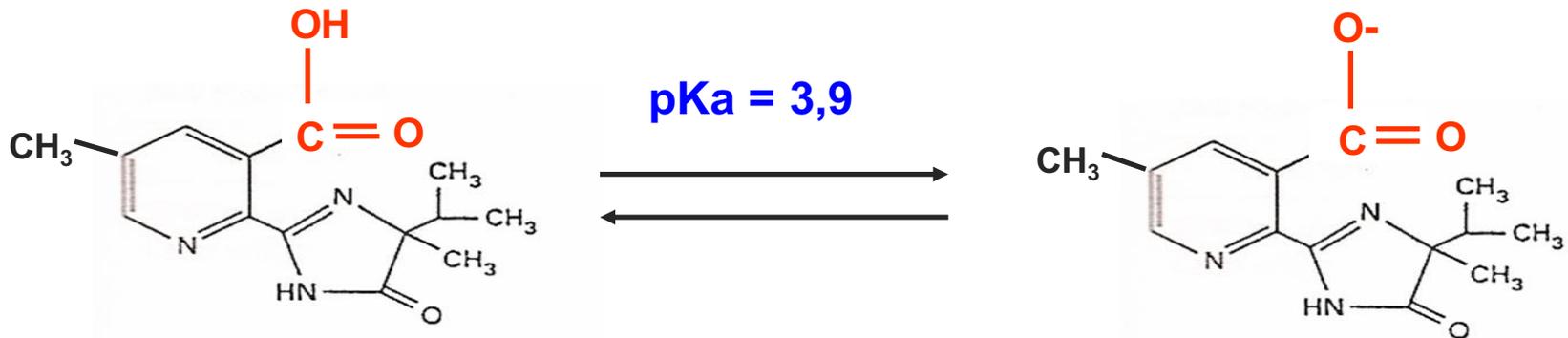
Balanço de cargas do solo é função do pH



B) Altera o grau de ionização dos herbicidas ácidos fracos



- pKa = pH onde metade das moléculas estão protonadas e metade ionizadas

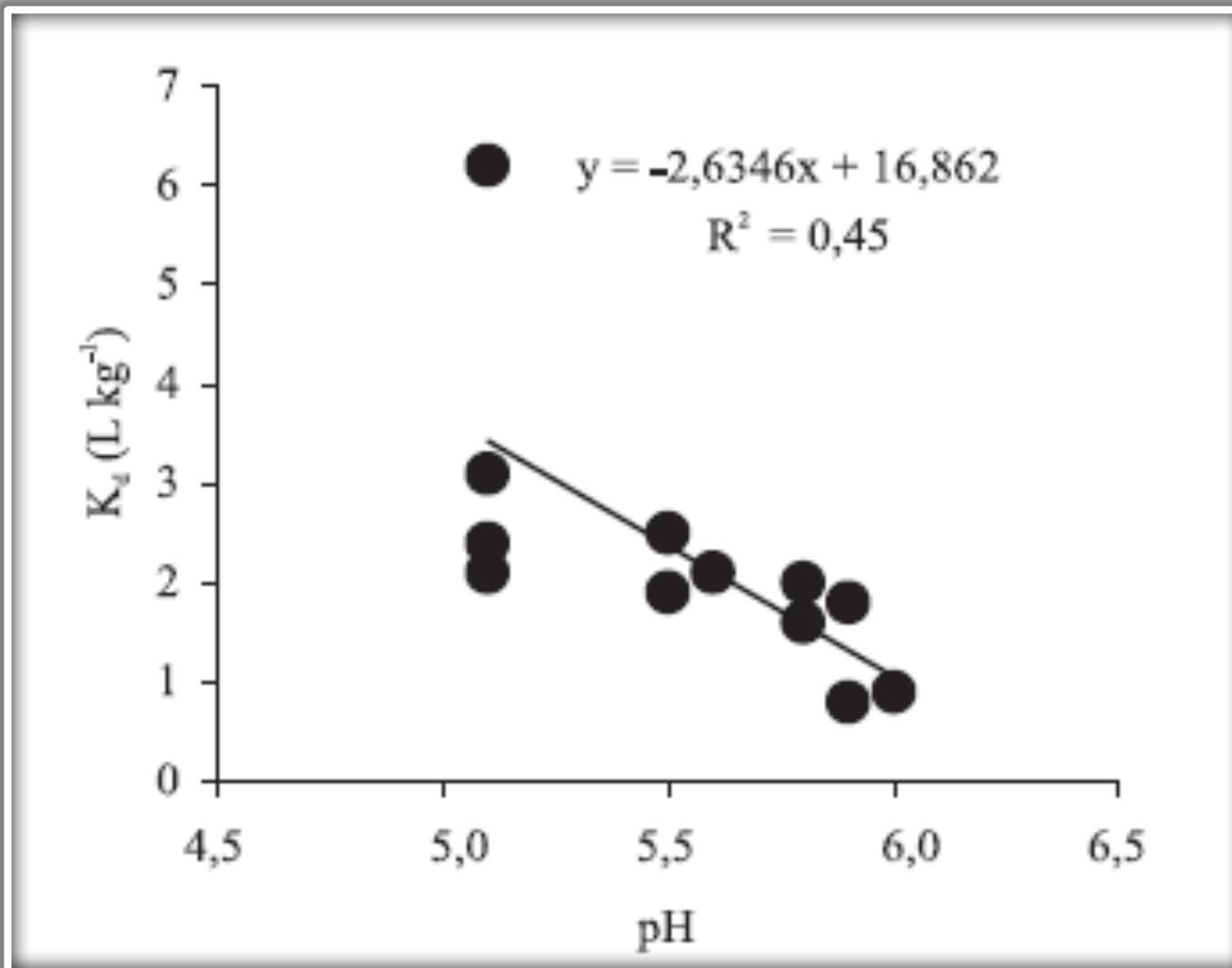


pH = 3,9

50%

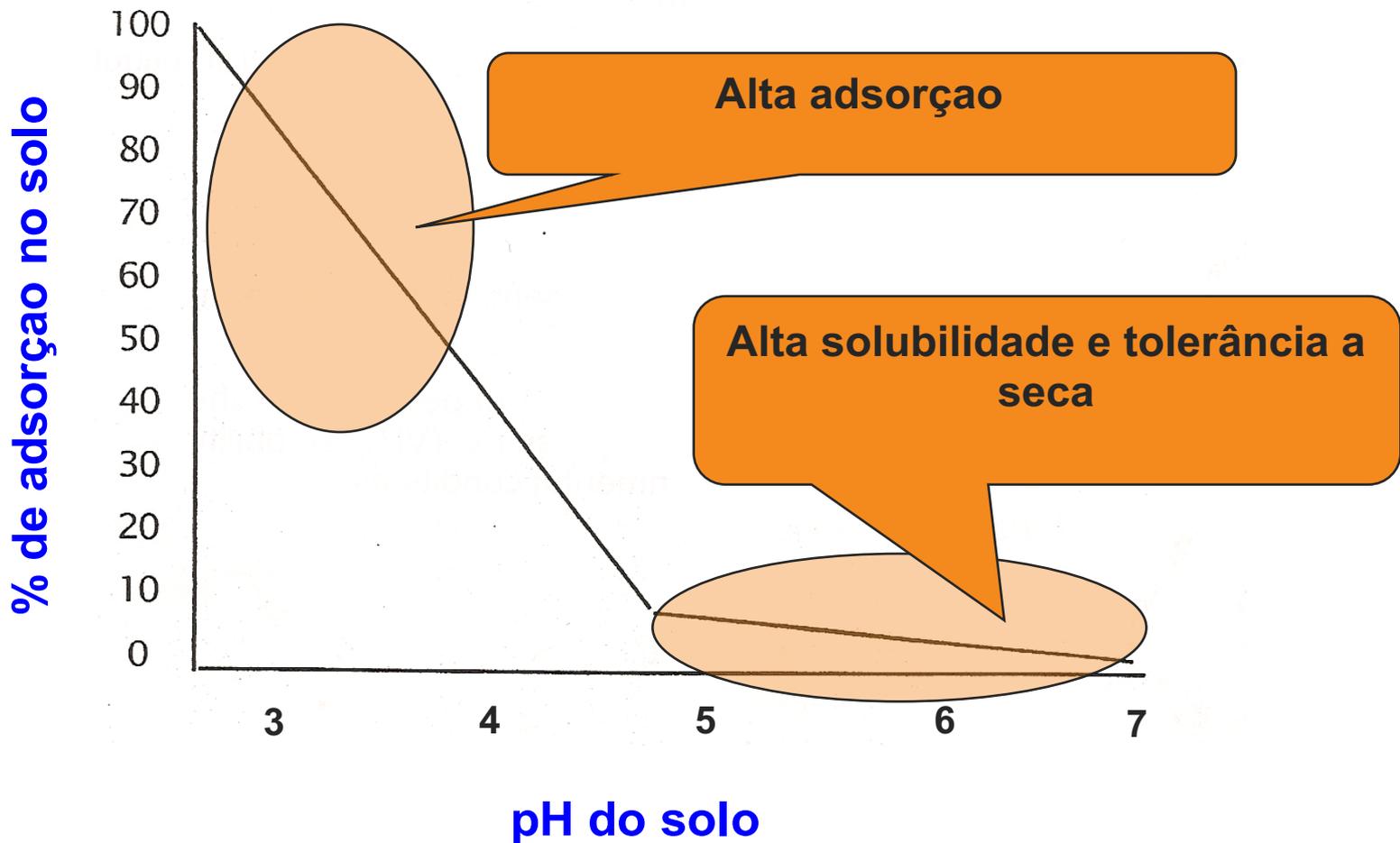
50%

Efeito do pH no Kd do imazaquin



(Oliveira et al. 2004)

Efeito do pH do solo na adsorção do Contain



Efeito do pH do solo na adsorção do Contain

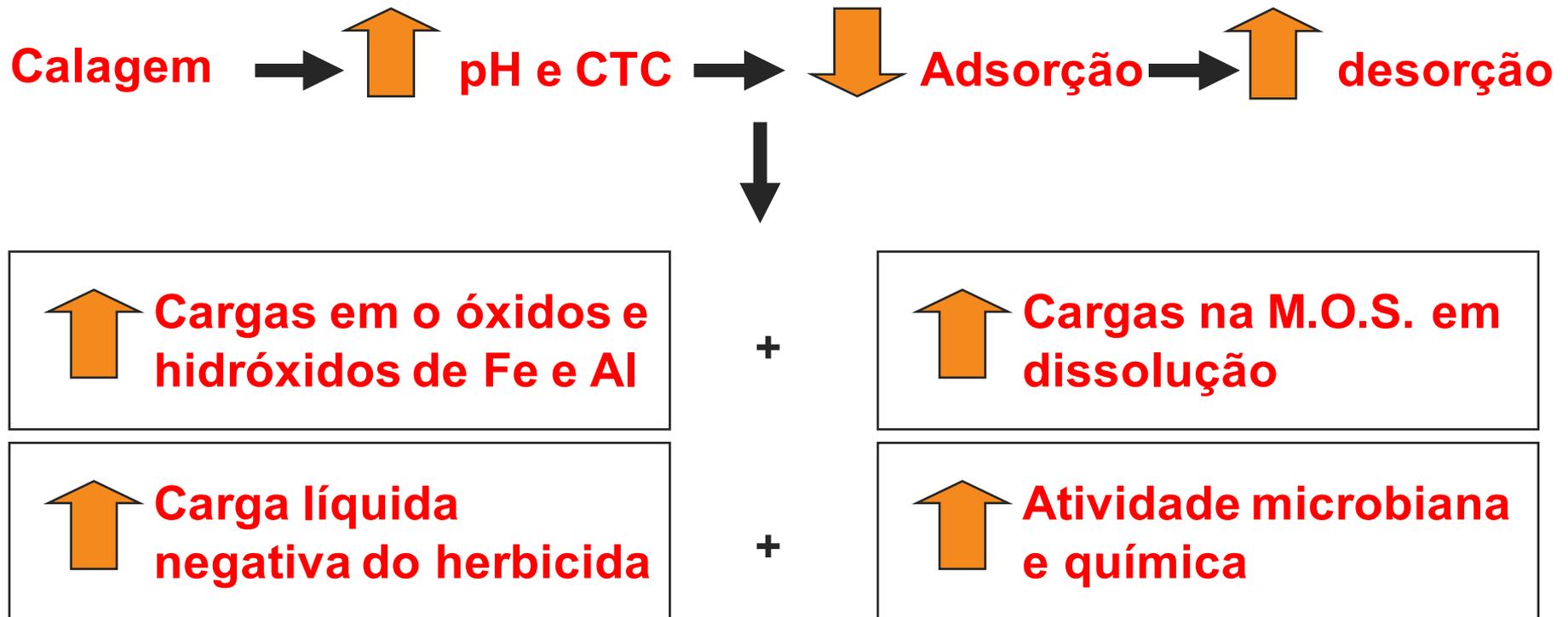
pH do solo	% de herbicida na solução do solo
4,7	38
5,2	60
5,5	75

pKa dos principais herbicidas de cana-de-açúcar

Herbicidas		pKa
Ingrediente ativo	Produto comercial	
Imazapic	Plateau	3,9
Imazapyr	Contain	1,9 e 2,6
Oxyfluorfen	Goal	0,0
Sulfentrazone	Boral	6,56
Ametrina	Gesapax	4,1
Diuron	Karmex	0,0
Metribuzin	Sencor	-
Tebuthiuron	Combine	0,0
Isoxaflutole/IFT	Provence	4,3/1,1
Clomazone	Gamit	0,0
Pendimethalin	Herbadox	0,0

Resumo da relação pH do solo x sorção dos herbicidas ácidos

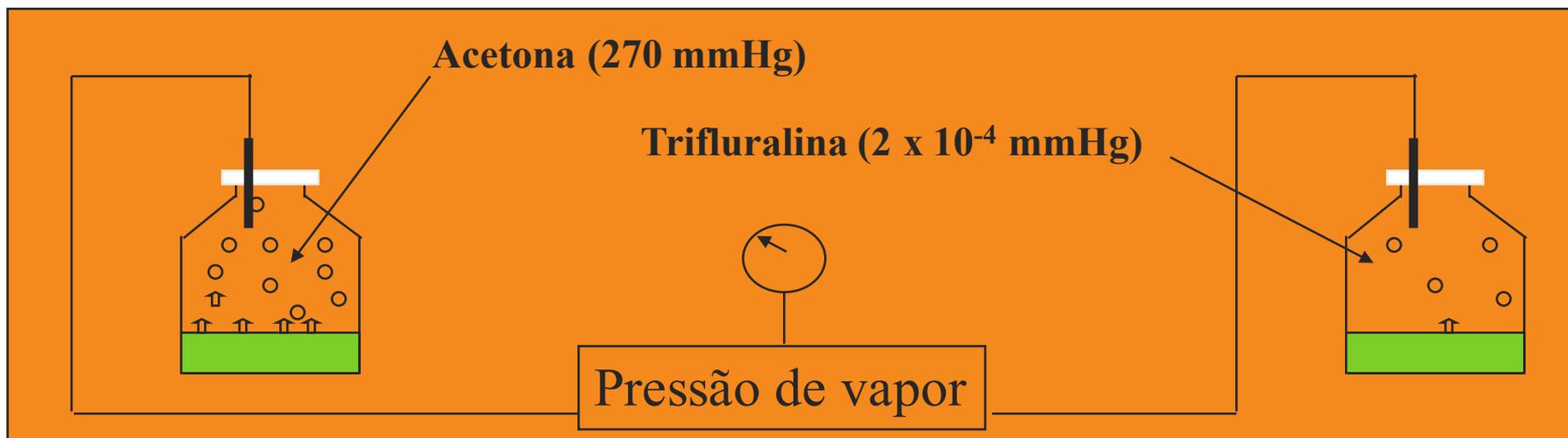
Jonge & Jonge, 1999:



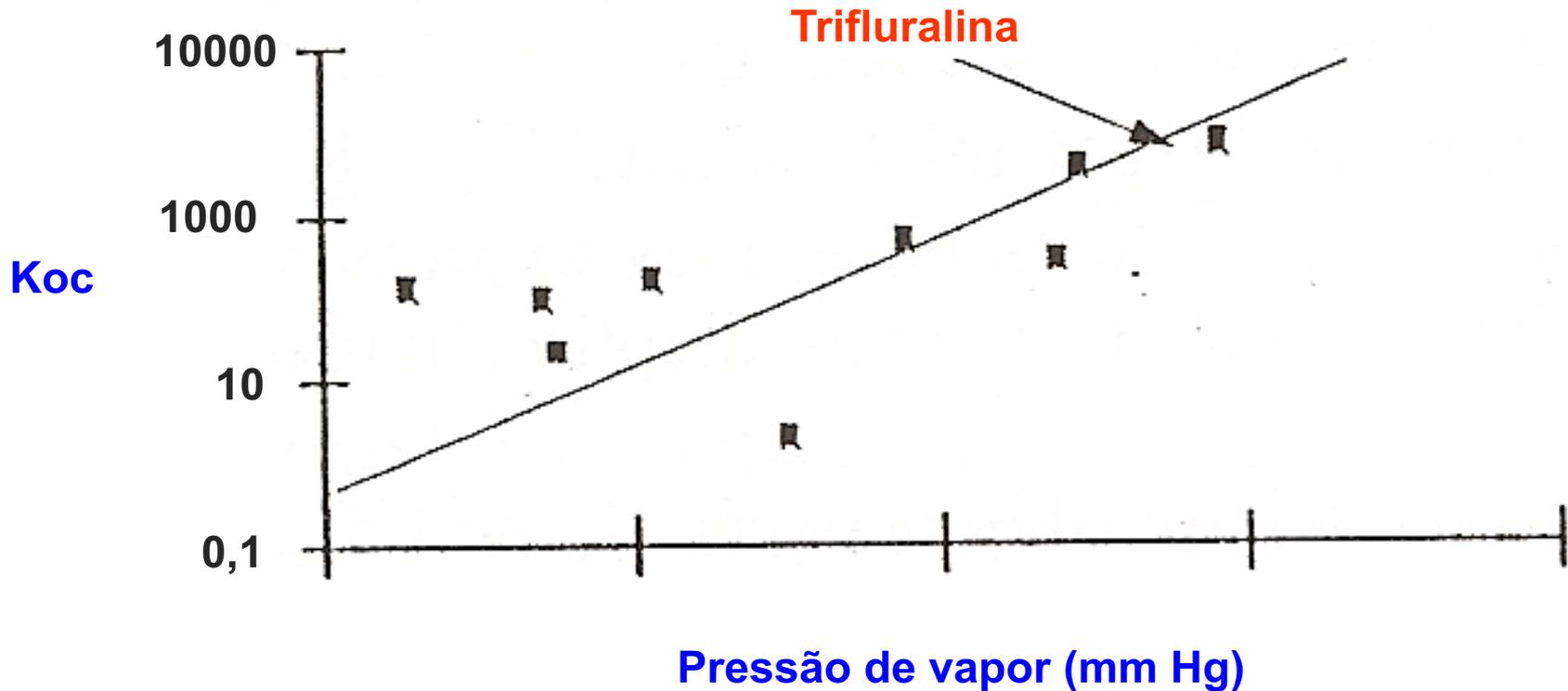
Perdas do herbicida por volatilidade

Pressão de vapor (P) – potencial de volatilização do herbicida

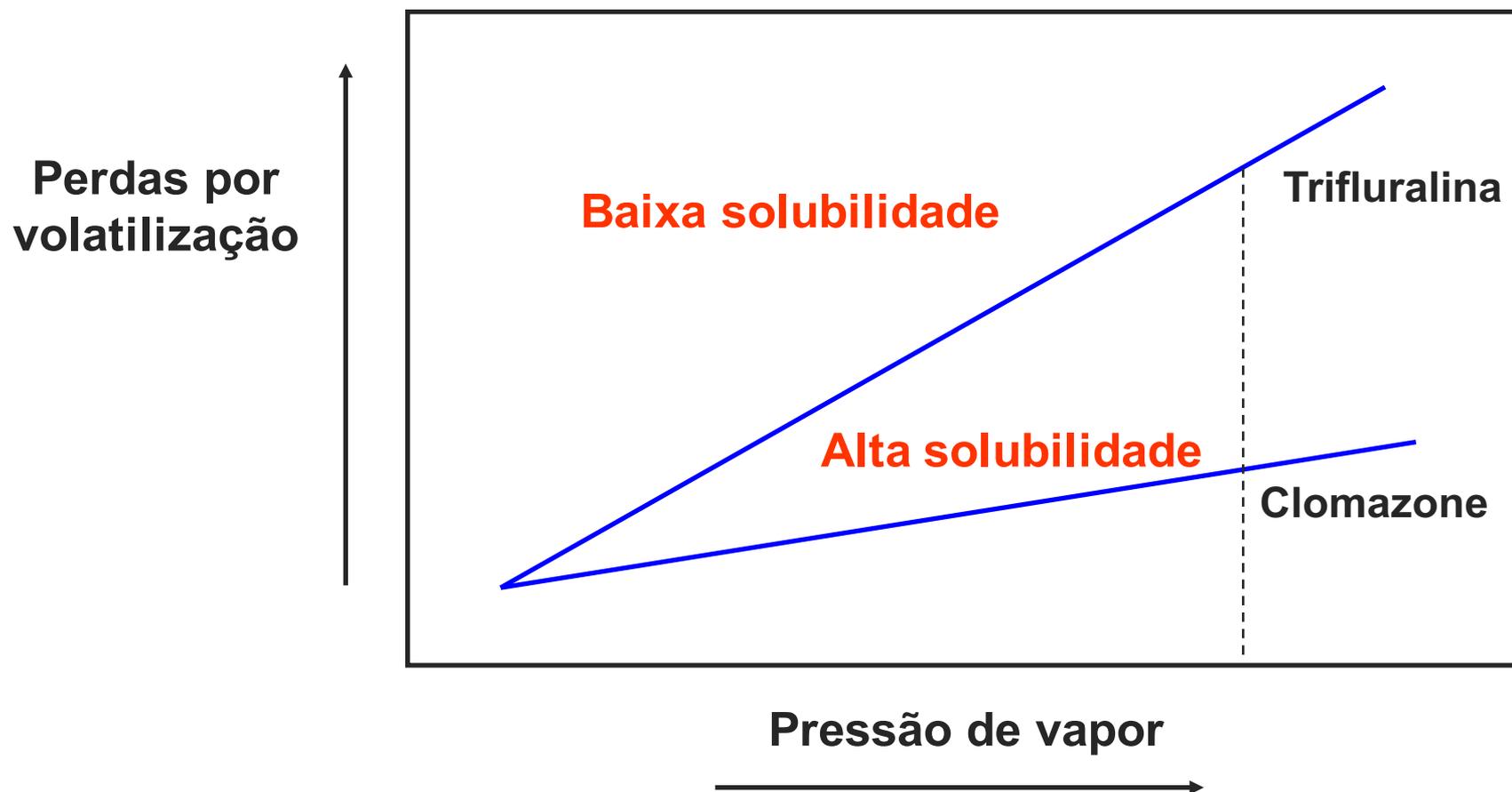
- P = pressão exercida por um vapor em equilíbrio com um líquido, a uma determinada temperatura
- A P do herbicida é normalmente expressa em mmHg a 25°C
- A volatilidade dos herbicidas aumenta em condições de alta temperatura e em baixa umidade relativa do ar



Relação entre o Koc e a Volatilização



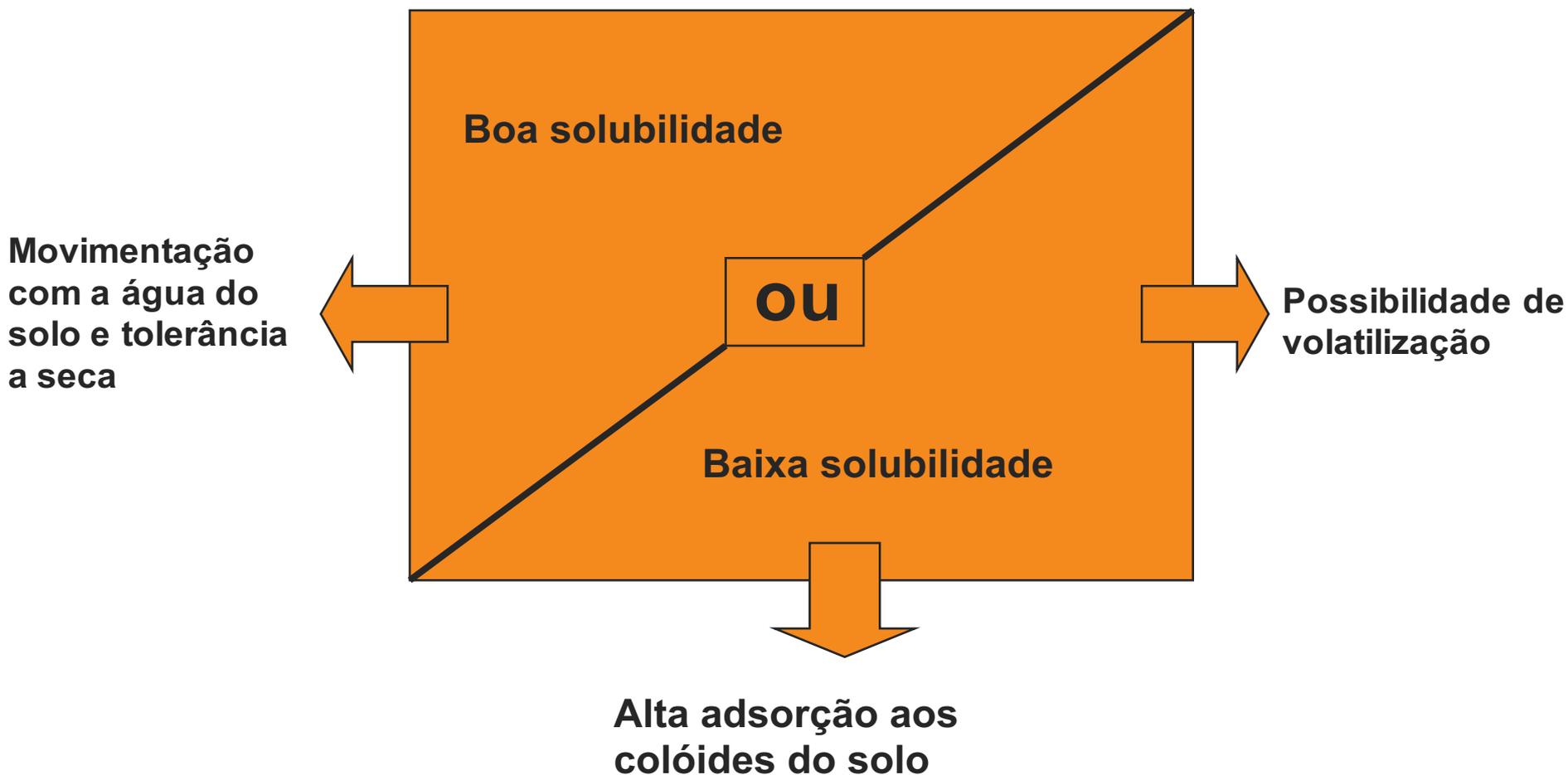
Pressão de Vapor e solubilidade afetam a volatilização

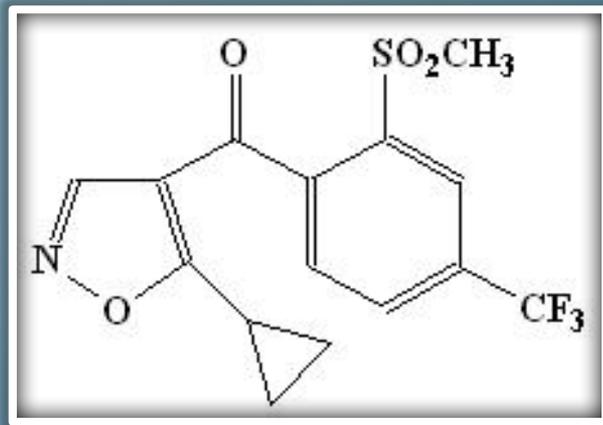


Relação entre pressão de vapor e solubilidade

Herbicidas	Solubilidade	Pressão de vapor
Imazapic	2.200	$<1,0 \times 10^{-7}$
Imazapyr	11.272	$<1,0 \times 10^{-7}$
Oxyfluorfen	$<0,1$	$2,0 \times 10^{-6}$
Sulfentrazone	490	$1,0 \times 10^{-6}$
Ametrina	200	$8,4 \times 10^{-7}$
Diuron	42	$6,9 \times 10^{-8}$
Metribuzin	1100	$1,2 \times 10^{-7}$
Tebuthiuron	2500	$1,0 \times 10^{-7}$
Isoxaflutole	6/362	$7,5 \times 10^{-9}$
Clomazone	1100	$1,4 \times 10^{-4}$
Pendimethalin	0,3	$3,0 \times 10^{-5}$

Resumo do destino final do herbicida no solo





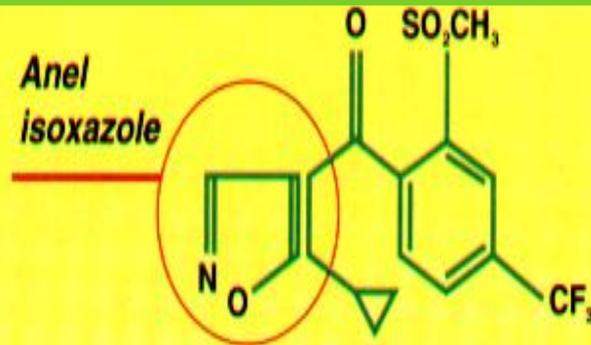
Isoxaflutole – um exemplo



ISOXAFLUTOLE

Aplicação

Anel
isoxazole



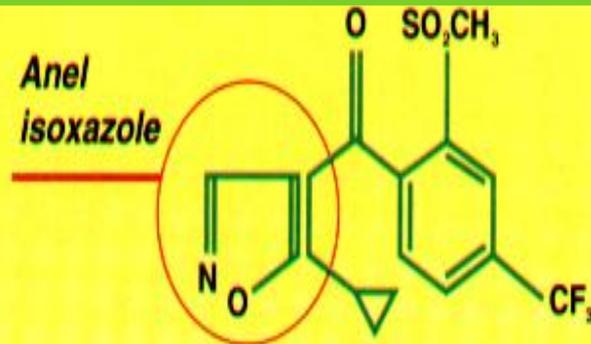
No solo seco
Pró-herbicida

isoxaflutole

ISOXAFLUTOLE

Aplicação

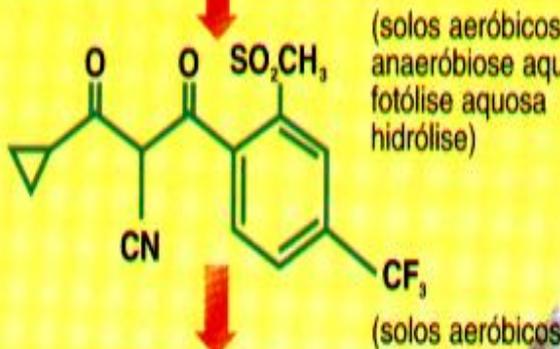
Anel
isoxazole



No solo seco
Pró-herbicida

isoxaflutole

Absorção
Translocação
Ação
Adsorção



(solos aeróbicos
anaeróbiose aquática
fotólise aquosa
hidrólise)

Com umidade
herbicida

diketonitrile

Isoxaflutole – Superfície do solo

Seco – Isoxaflutole (IFT)
(+ Lipofílico)

Solubilidade média = 6,2 mg/l

Koc = 134 mg/L

Maior adsorção aos colóides

Úmido – Diketonitrilo (DKN)
(+ Hidrofílico)

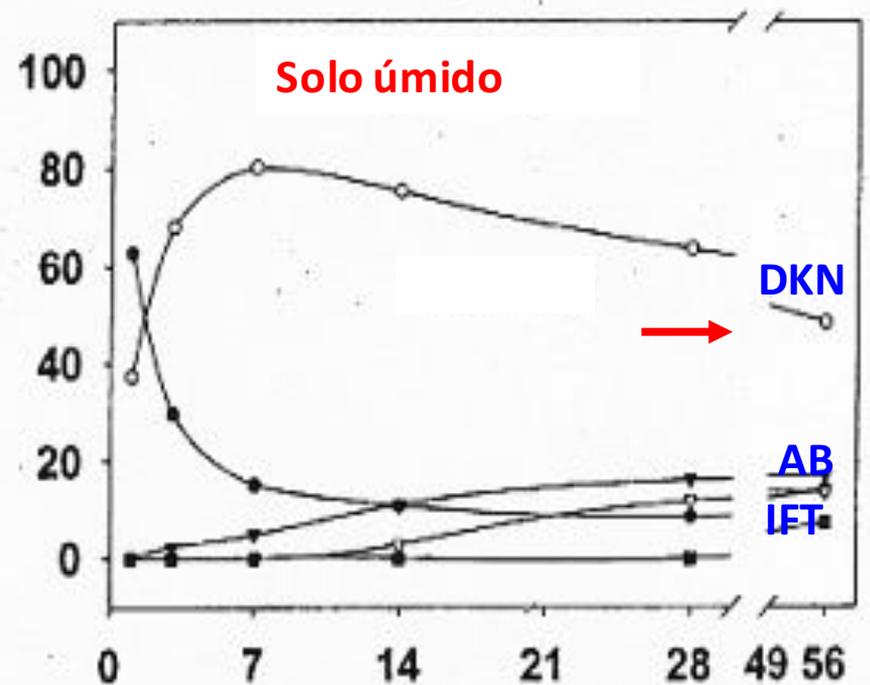
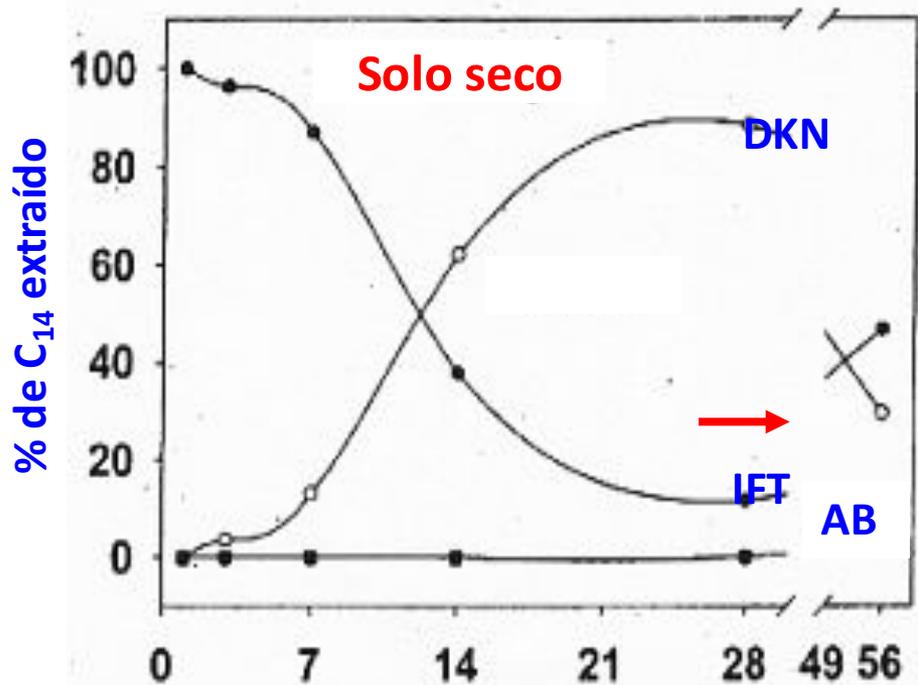
Solubilidade média = 326 mg/l

Koc = 17 mg/L

Menor adsorção aos colóides

50 x
maior

Transformação do IFT em DKN, ácido benzóico e outros produtos em função dos regimes de umidade no solo



Tempo em dias

ISOXAFLUTOLE

Testemunha



Área tratada com
isoxaflutole
60 DAT



Efeito recarregável



Comportamento dos herbicidas em área de palha (cana-crua)



A adoção da colheita mecanizada crua cresceu e trouxe muitas vantagens:



No entanto, a palhada influencia negativamente:



Por que utilizar o pré emergente sobre a palha?



Possibilita o uso de diferentes mecanismos de ação



Muitos são eficazes em plantas daninhas de difícil controle



Possibilita o controle em fases precoces, controla fluxos múltiplos de emergência



Não há muitos casos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas residuais

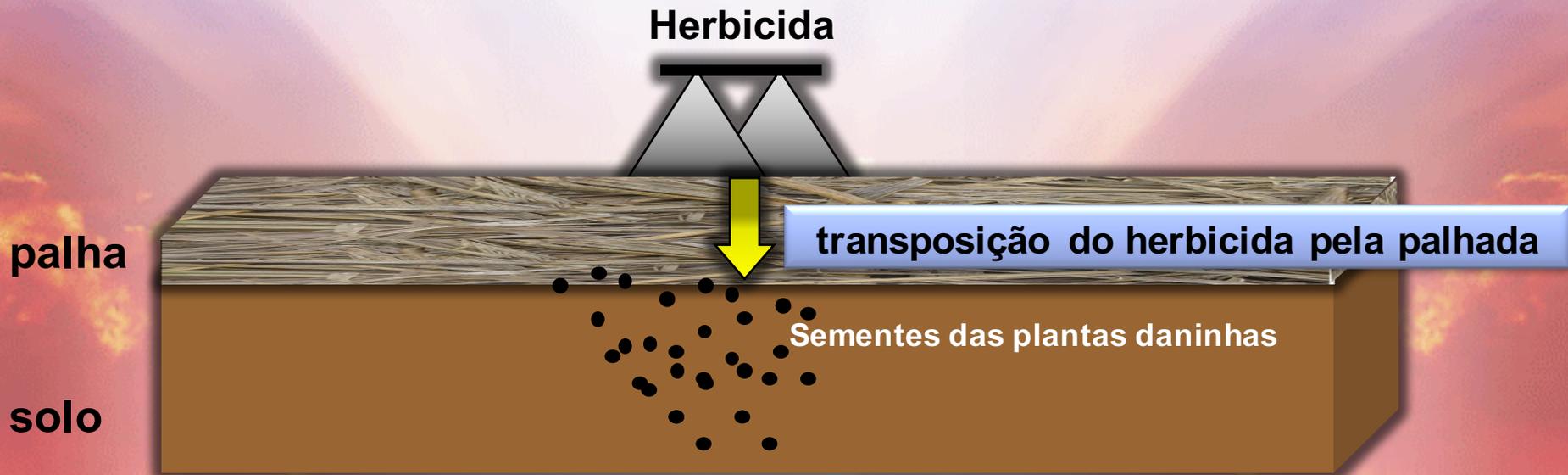


Pode ser economicamente viável

Principais dicas para o uso de pré-emergentes em áreas com palha

- ✓ Usar como parte de um plano de manejo integrado
- ✓ Maximizar a uniformidade de distribuição da palhada
- ✓ Minimizar a movimentação de solo nas adubações e cultivo
- ✓ Banco de sementes deve permanecer superficialmente
- ✓ Evitar o cultivo da entrelinha
- ✓ Conhecer as propriedades físico-químicas dos herbicidas
- ✓ Escolher o herbicida e doses corretas para cada talhão
- ✓ Selecionar herbicidas de melhor comportamento na palha
- ✓ Maiores doses do herbicida

Representação esquemática da transposição do herbicida pela palha



Herbicida x palha de cana de açúcar

O herbicida na palha pode ser:

- ✓ Volatilizado/foto-degradado
- ✓ Retido pela palha
- ✓ Lixiviado para o solo

O transporte de herbicidas da palha para o solo depende:

- ✓ Características físico-químicas de cada herbicida
- ✓ Tempo entre a aplicação do herbicida e a 1ª chuva
- ✓ Intensidade da chuva

Sorção e dessorção ^{14}C -Diuron e ^{14}C -Metribuzin pela palha da cana de açúcar

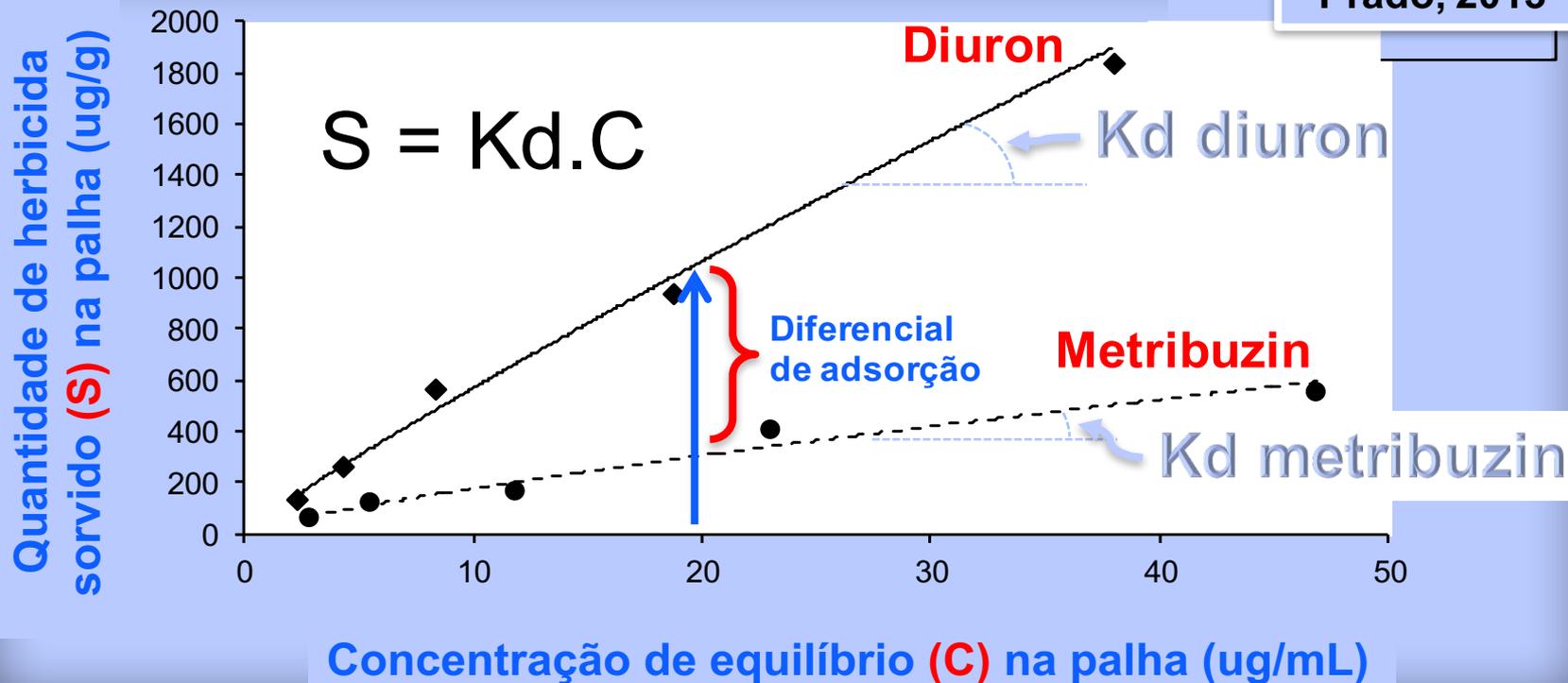
Prado, 2013

- ✓ Laboratório Ecotoxicologia, CENA/USP
- ✓ Estudo de dessorção realizado 7 dias após o estudo de sorção de diuron e metribuzin;
- ✓ Tubos de teflon 10 ml solução e 0,1 g de palha;
- ✓ Agitação por 24 horas (180 rpm) até atingir concentração de equilíbrio (C_i);
- ✓ Em seguida foram tiradas duas alíquotas



Adsorção do herbicida pela palha

Prado, 2013

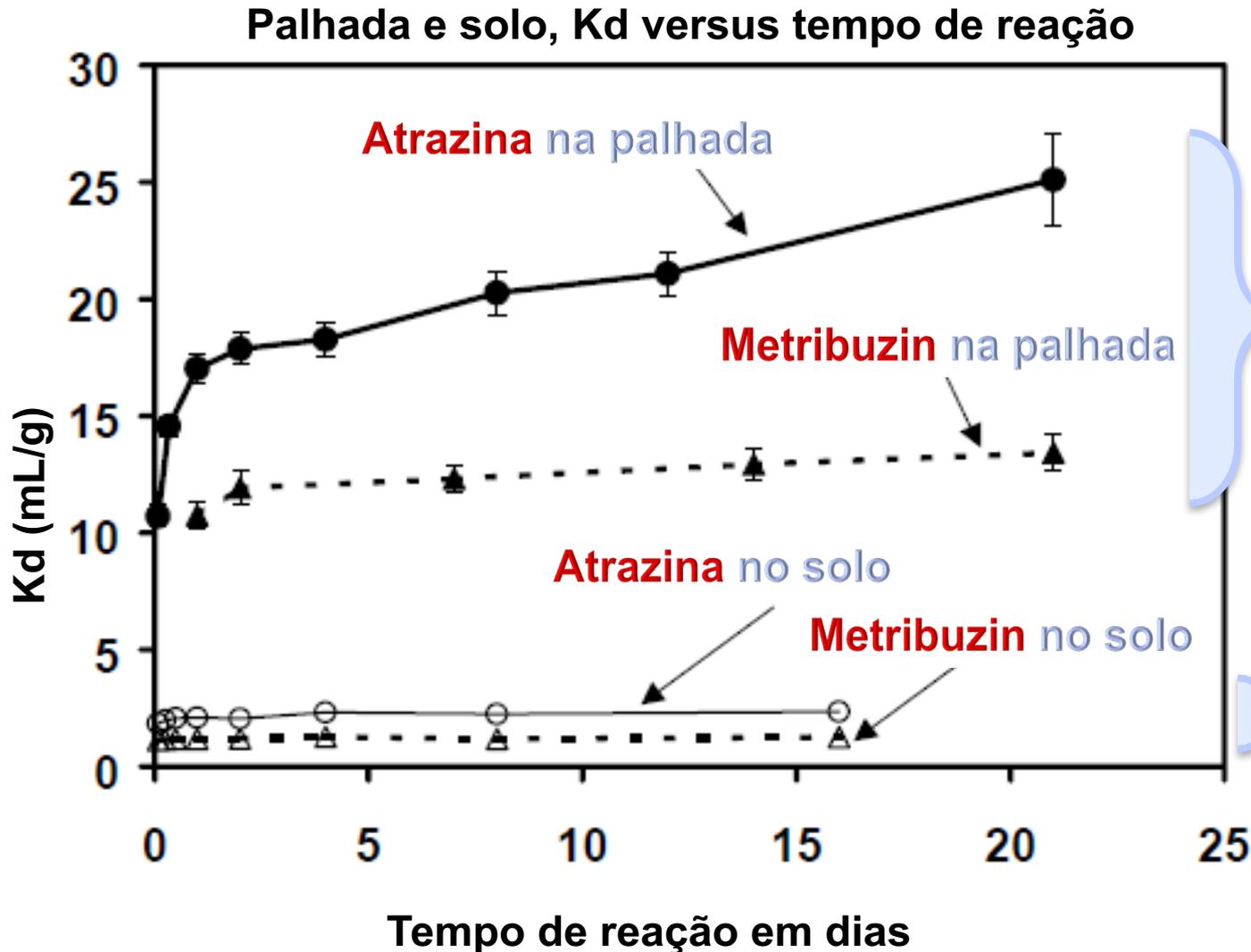


A retenção do herbicida na palha é proporcional a capacidade adsortiva do herbicida no solo e sua solubilidade em água.

$K_d \text{ diuron} > K_d \text{ metribuzin}$

Coeficiente de distribuição (Kd) para atrazina e metribuzin para palhada e dois tipos de solos versus tempos de reação

Naquin, 2001



Kd
palhada

Kd
solo

A palhada tem maior capacidade de adsorção que o solo...

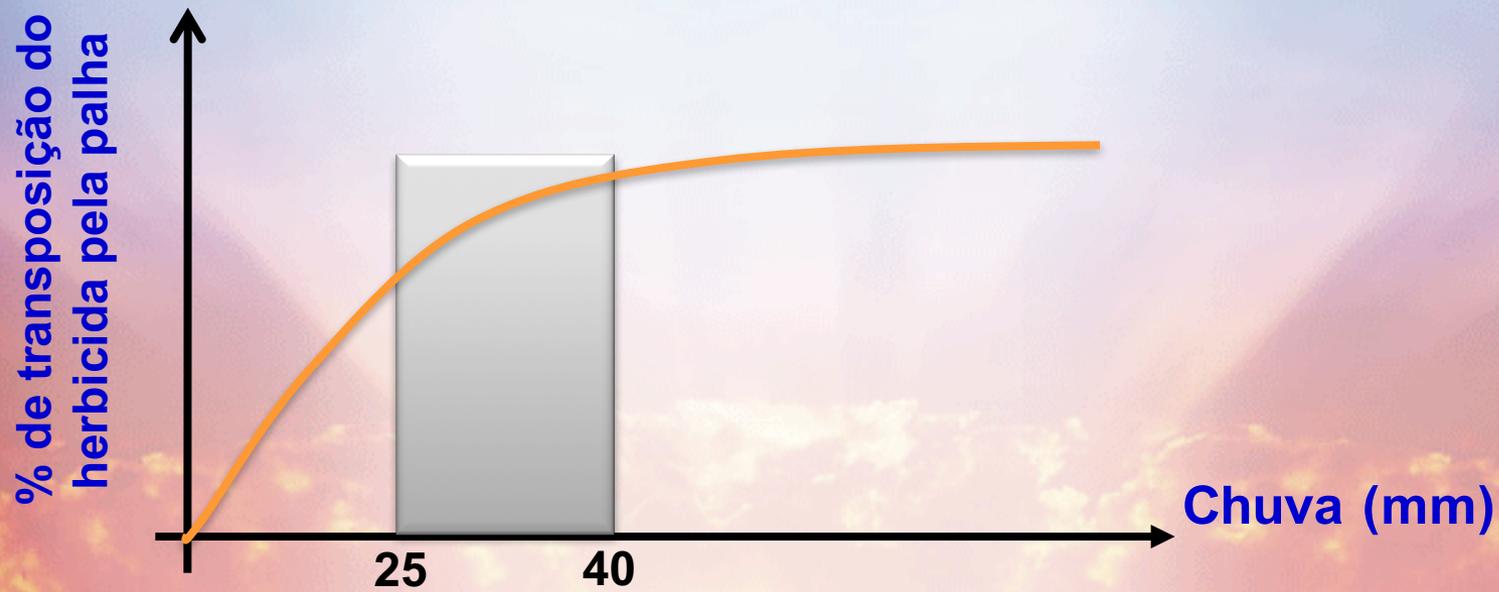
Balanço de massa da atrazina e metribuzin depois de 21 dias da aplicação dos herbicidas e seis desorções.

Naquin, 2001

Herbicida	Concentração Inicial (ug/mL)	Quantidade total absorvida (ug/g)	Quantidade total desorvida (ug/g)	Quantidade total desorvida (% da adsorvida)	Quantidade total retida (% da inserida)
Metribuzin	40.00	406.38	273.99	67.46	11.03
	70.00	663.88	457.61	68.95	9.82
	100.00	920.65	625.17	67.91	9.85
Atrazine	17.90	220.11	154.45	70.19	9.70
	23.90	307.34	198.37	65.95	14.56
	29.00	384.93	236.39	61.92	17.07

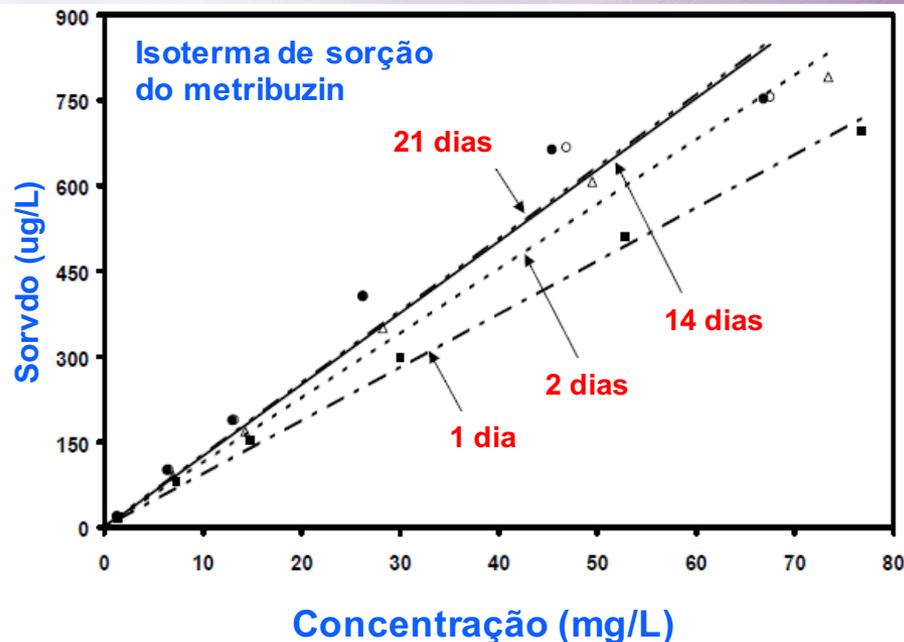
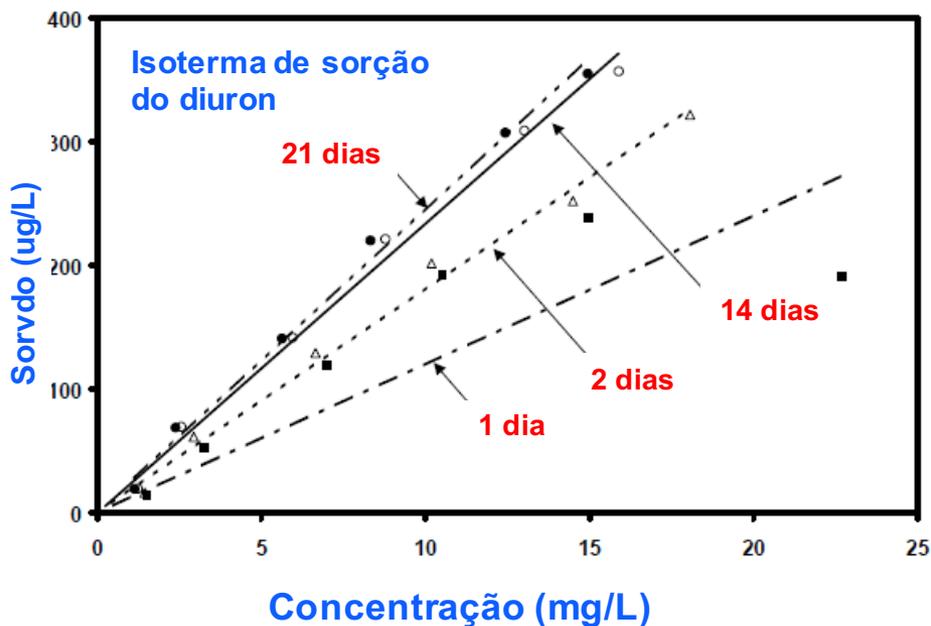
A maior parte do herbicida pode ser desorvido para a solução do solo. Há maior histerese do diuron quando comparado com o metribuzin

Quantidade mínima de chuva ou irrigação para transposição do herbicida?



A quantidade mínima de chuva para a transposição do herbicida pela palha é de 25 a 40 mm.

Parâmetros do modelo linear e Freundlich para adsorção de atrazina e metribuzin versus o tempo de retenção pela palhada



Naquin, 2001

A retenção do herbicida na palhada aumenta com o tempo de permanência do produto na palhada

Parâmetros do modelo linear e Freundlich para adsorção de atrazina e metribuzin versus o tempo de retenção pela palhada

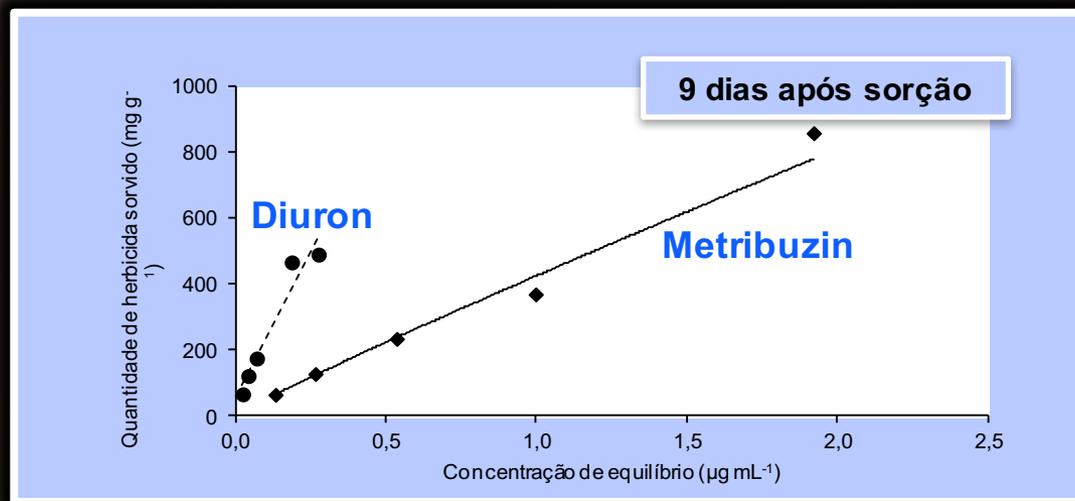
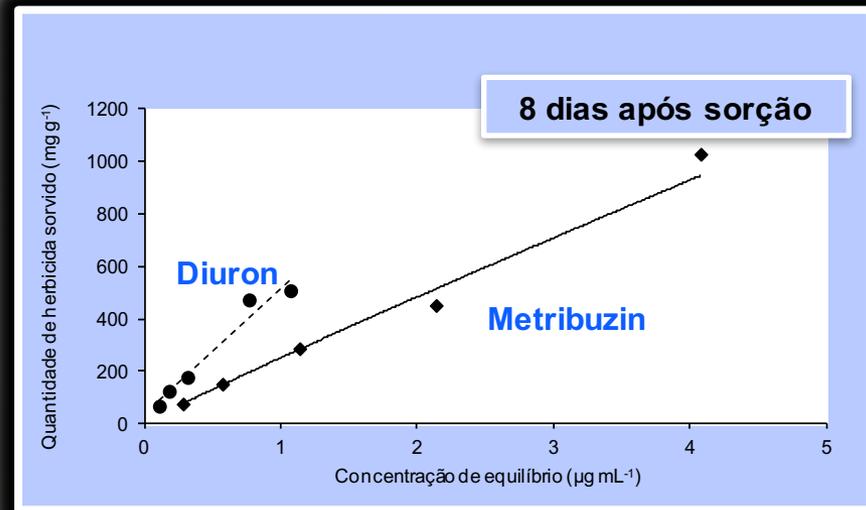
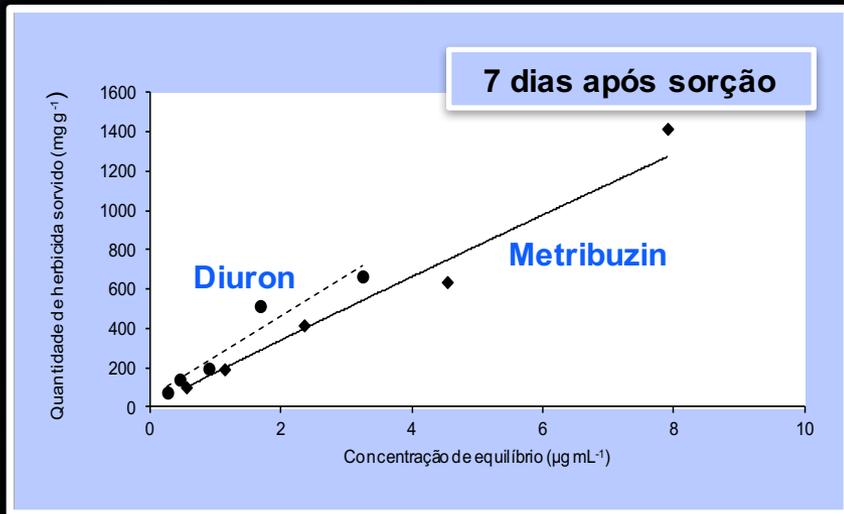
<i>Atrazine</i>					
Tempo de retenção em dias	Modelo de Freundlich			Modelo de Linear	
	Kf (mL g ⁻¹)	N	r ²	Kd (mL g ⁻¹)	r ²
1	20.67 ± 2.26	0.92 ± 0.04	0.996	18.77 ± 0.58	0.935
2	23.76 ± 4.20	0.89 ± 0.06	0.988	18.04 ± 0.49	0.957
7	27.01 ± 7.60	0.95 ± 0.11	0.989	24.02 ± 0.96	0.916
14	25.12 ± 4.54	0.98 ± 0.07	0.989	24.24 ± 0.60	0.967
21	26.32 ± 4.78	0.98 ± 0.07	0.989	25.46 ± 0.64	0.966

<i>Metribuzin</i>					
Tempo de retenção em dias	Modelo de Freundlich			Modelo de Linear	
	Kf (mL g ⁻¹)	N	r ²	Kd (mL g ⁻¹)	r ²
1	13.82 ± 0.65	0.91 ± 0.01	0.994	10.58 ± 0.26	0.971
2	18.02 ± 2.49	0.88 ± 0.03	0.993	11.37 ± 0.22	0.985
7	19.28 ± 1.40	0.92 ± 0.01	0.994	13.87 ± 0.15	0.995
14	19.31 ± 1.30	0.92 ± 0.01	0.994	14.03 ± 0.15	0.995
21	19.55 ± 1.29	0.92 ± 0.02	0.994	14.20 ± 0.15	0.995

Naquin, 2001

A retenção do herbicida na palhada aumenta com o tempo de permanência do produto na palhada

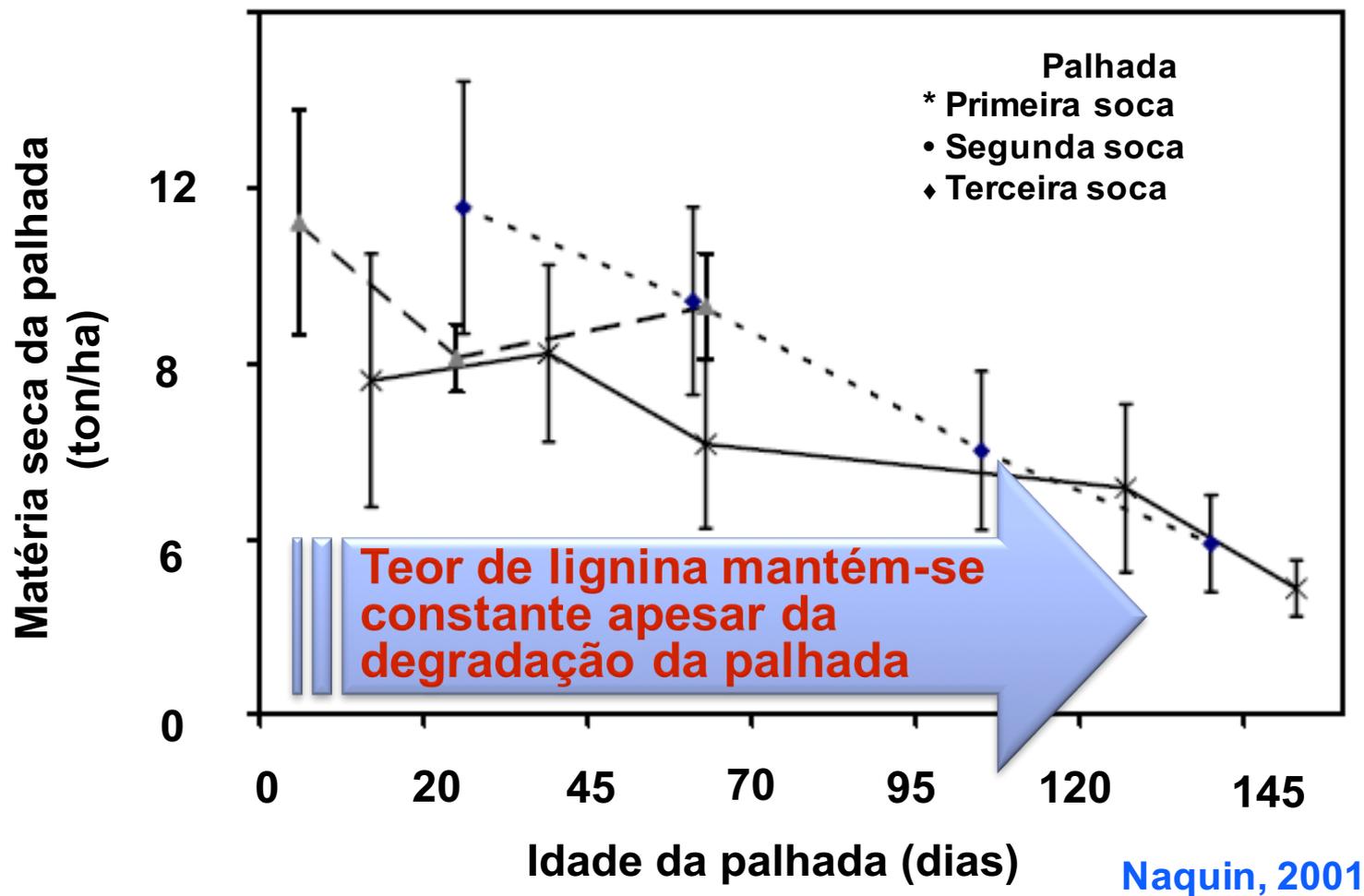
Adsorção do herbicida da palhada em função do tempo de retenção na palhada



Prado, 2013

A retenção do herbicida na palhada aumenta com tempo de permanência do produto na palhada

Degradação da palhada de cana após a colheita da cana.



Meia vida da palhada - 126 - 171 dias

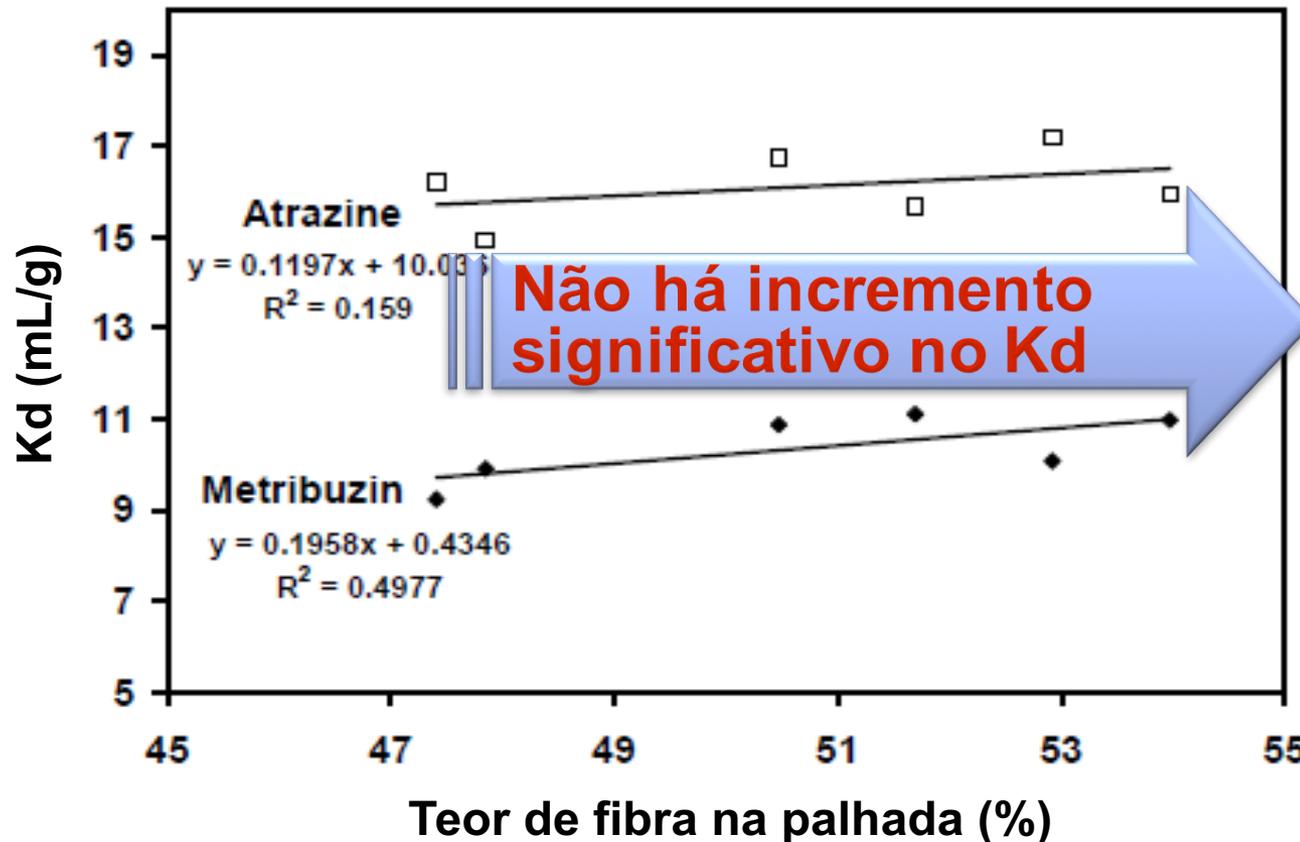
Parâmetros estimados dos modelos linear e Freundlich (com intervalo de confiança de 95%) para atrazina e metribuzin na palhada em função da idade da palhada

Idade do resíduo	Modelo linear Kd (mg/g)	Modelo Freundlich Kf (mL/g)	Naquin, 2001
			N
Atrazine			
1	20.82 ± 1.38	22.62 ± 3.10	0.87 ± 0.05
25	15.81 ± 1.49	18.28 ± 3.51	0.92 ± 0.07
63	18.77 ± 0.58	20.67 ± 2.26	0.92 ± 0.04
Metribuzin			
1	8.52 ± 0.29	9.26 ± 2.39	0.98 ± 0.09
25	10.63 ± 0.19	11.04 ± 2.21	0.99 ± 0.06
63	10.58 ± 0.26	13.82 ± 0.65	0.91 ± 0.05

A idade da palha não interfere na retenção do herbicida pela palhada.

Coeficiente de distribuição (Kd) para atrazina e metribuzin para palhada e dois tipos de solos versus tempos de reação

Valores de Kd do resíduo x teor de fibra na palhada Naquin, 2001

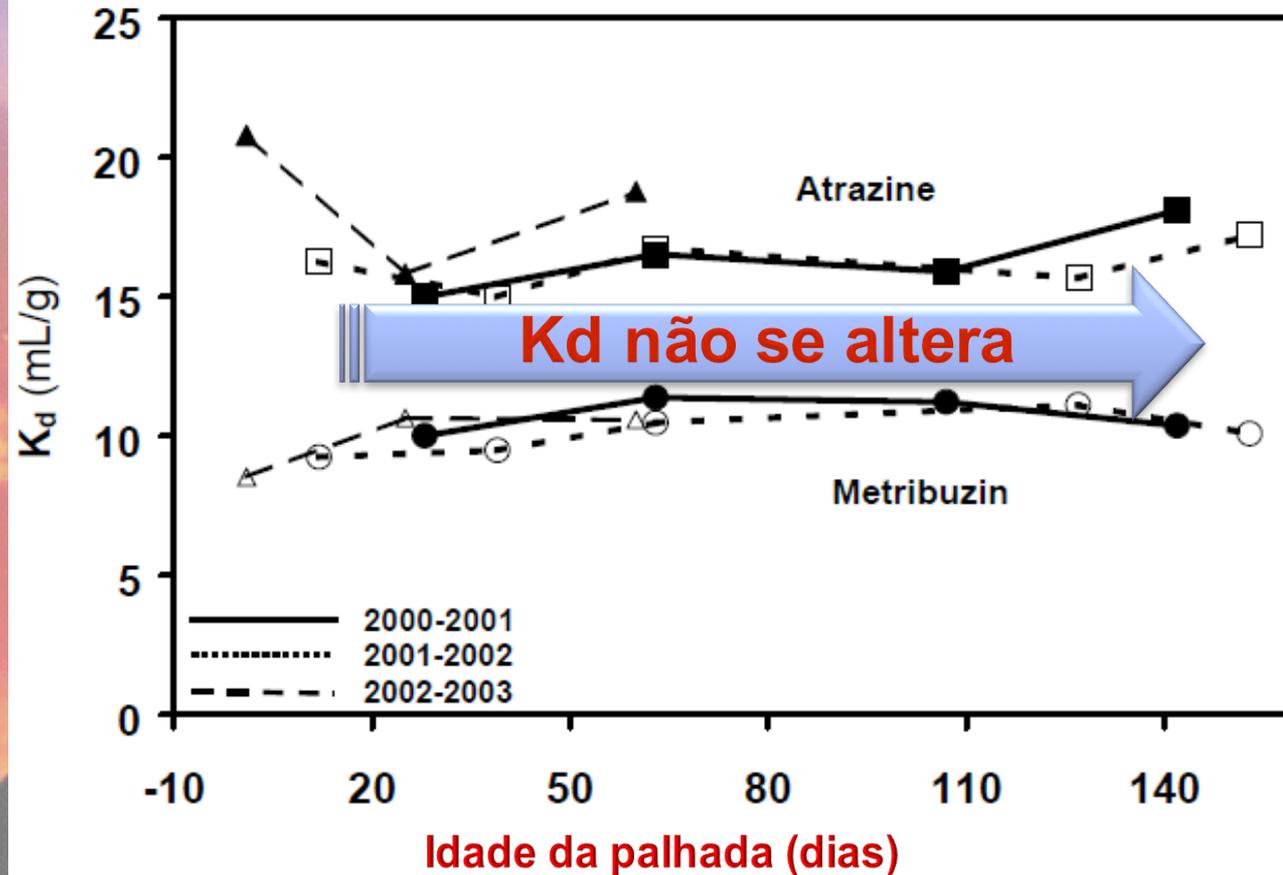


O teor de fibra não interfere na retenção do herbicida pela palha da cana de açúcar.

Parâmetros do modelo linear e Freundlich para adsorção de atrazina e metribuzin versus o tempo de retenção pela palhada

Valores de K_d da palhada em função do envelhecimento da palhada

Naquin, 2001



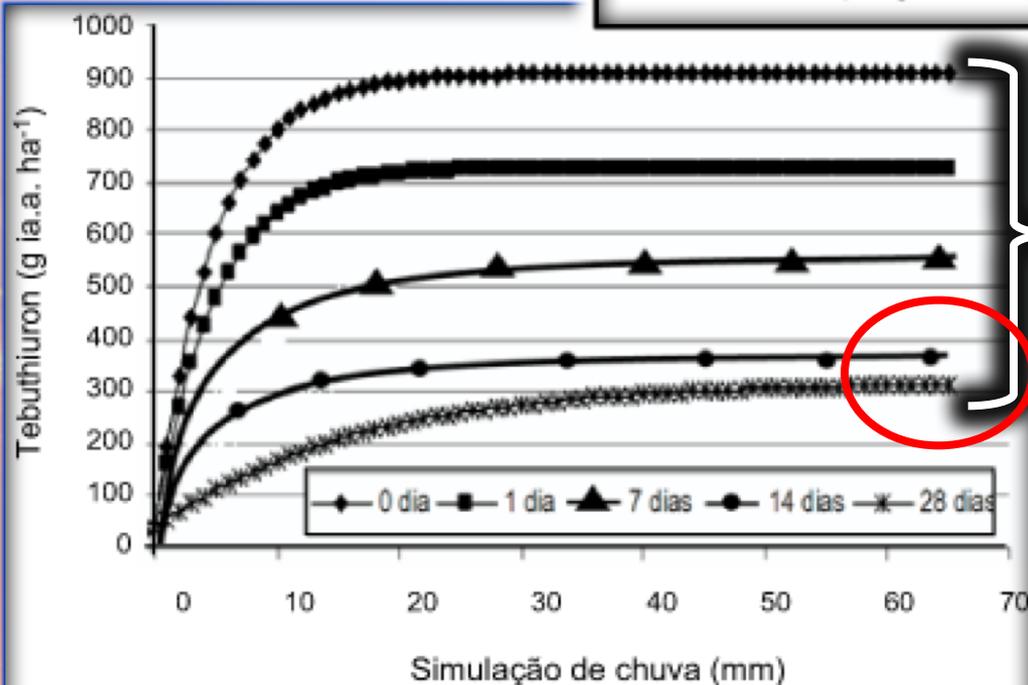
A idade da palhada não interfere na retenção do herbicida pela palha

DINÂMICA DO TEBUTHIURON EM PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR¹

Performance of Tebuthiuron Applied on Sugarcane Straw

TOFOLI, G.R.², VELINI, E.D.³, NEGRISOLI, E.⁴, CAVENAGHI, A.L.⁵ e MARTINS, D.⁶

Planta Daninha, Viçosa-MG v. 27, n. 4, p. 815-821, 2009



30 dias sem
chuva

$$\frac{g}{dia} = \frac{600g}{28 dias} = 21,4 g/dia$$

Figura 3 - Lixiviação do tebuthiuron com diferentes intervalos de tempo entre a aplicação e a simulação de chuva (dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich).

O tempo de retenção do tebuthiuron na palha interfere de forma significativa na transposição pela palhada, após os 14 dias estabiliza

Controle de *I. grandifolia* em função de diferentes herbicidas e níveis de palha, 28 dias após a aplicação (Ametrina + Trifloxysulfuron-sodium 1463 + 37 g i.a.ha⁻¹)

Herbicidas	Palha de cana-de-açúcar (t ha ⁻¹)				
	0	5	10	15	20
	%				
Imazapyr	90,42 b	87,50 b	87,50 c	60,00 a	0,00 a
Imazapic	90,00 b	90,00 ab	85,00 c	52,50 a	0,00 a
Ametryn + trifloxysulfuron-sodium	98,75 a	91,25 a	92,50 b	60,00 a	0,00 a
¹ Diuron + hexazinone	100,00 a	97,50 a	96,25 a	58,75 a	0,00 a
² Diuron + hexazinone	100,00 a	91,25 a	22,50 d	0,00 b	0,00 a
CV (%)	2,62	3,37	2,04	10,25	10,21
DMS (5%)	4,81	5,93	2,96	8,89	1,35

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Monqueiro et al, 2007

Os herbicidas trifloxysulfuron + ametrina, imazapyr e imazapic transpõem a palhada até a quantidade de 10 ton/ha. A transposição do diuron + hexazinone depende da dose do herbicida

Lixiviação do Amicarbazone aplicado na palha de cana-de-açúcar

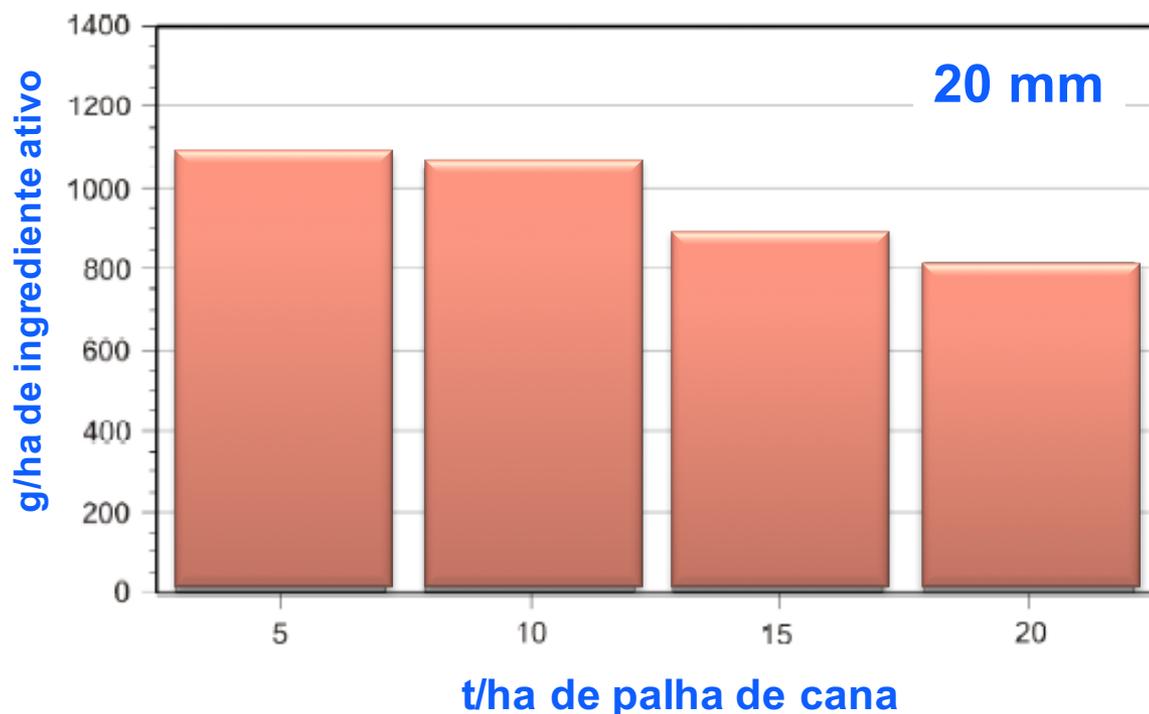


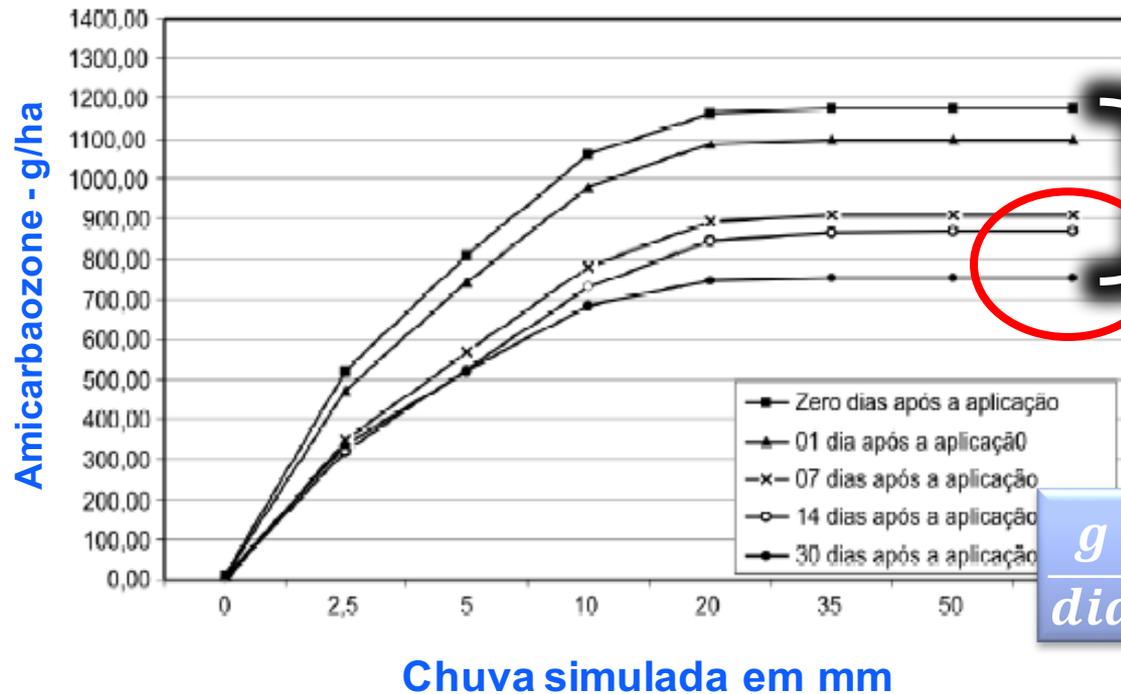
Figura 3 - Quantidade do amicarbazone lixiviada até a lâmina de 20 mm, para as diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar.

Cavenaghi et al, 2007

$$\frac{g}{ton} = \frac{300 g}{15 ton} = 20,4 g/ton$$

Os 20 mm de chuva iniciais são fundamentais para a lixiviação do amicarbazone.

Aplicação do Amicarbazone e a primeira chuva



30 dias sem chuva

$$\frac{g}{dia} = \frac{500 g}{28 dias} = 17,85 g/dia$$

Figura 4 - Lixiviação do amicarbazone com diferentes intervalos de tempo entre a aplicação e a simulação de chuva (dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich).

Cavenaghi et al, 2007

A transposição do amicarbazone é reduzida com o aumento do intervalo entre a aplicação e a primeira chuva

Porcentagem de controle após 42 dias da aplicação do **Flumioxazin** sobre a palha de cana-de-açúcar

Período (Dias)*	<i>B. pilosa</i>	<i>S.rhombifolia</i>	<i>I. Nil</i>	<i>I. grandifolia</i>	<i>B. decumbens</i>	<i>D. horizontalis</i>
1	98,0	100	96	98,5	98,3	100
15	98,0	98,3	96,3	97,3	98,0	98,0
30	98,3	99,3	92,8	97,3	96,3	99,0
60	96,0	99,5	93,3	91,5	88,8	96,3

* Dias entre a aplicação do flumioxazin e a primeira chuva

Carbonari et al, 2010

O período de retenção do herbicida na palha não interferiu significativamente na eficácia do flumioxazin.

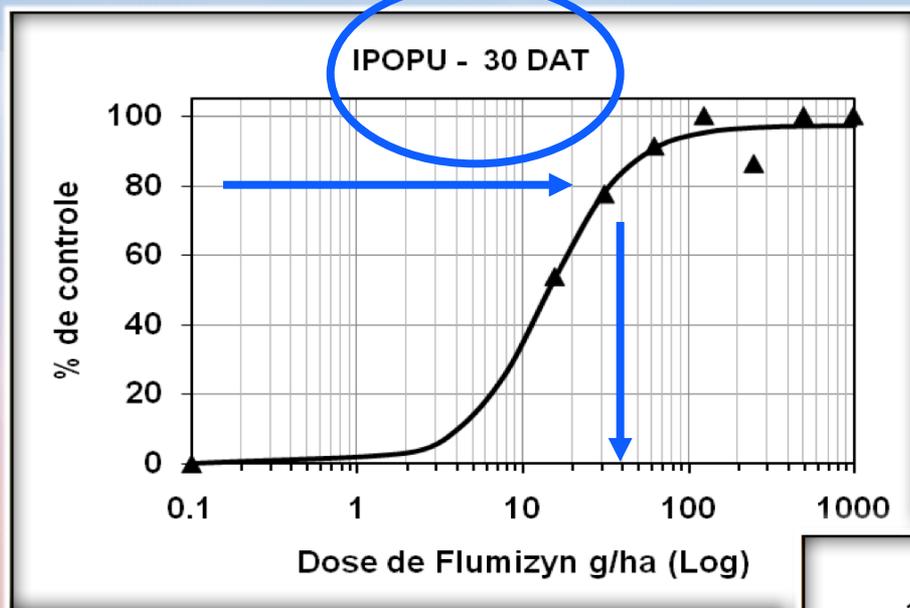
USO EM CANA CRUA

Ipomoea grandifolia



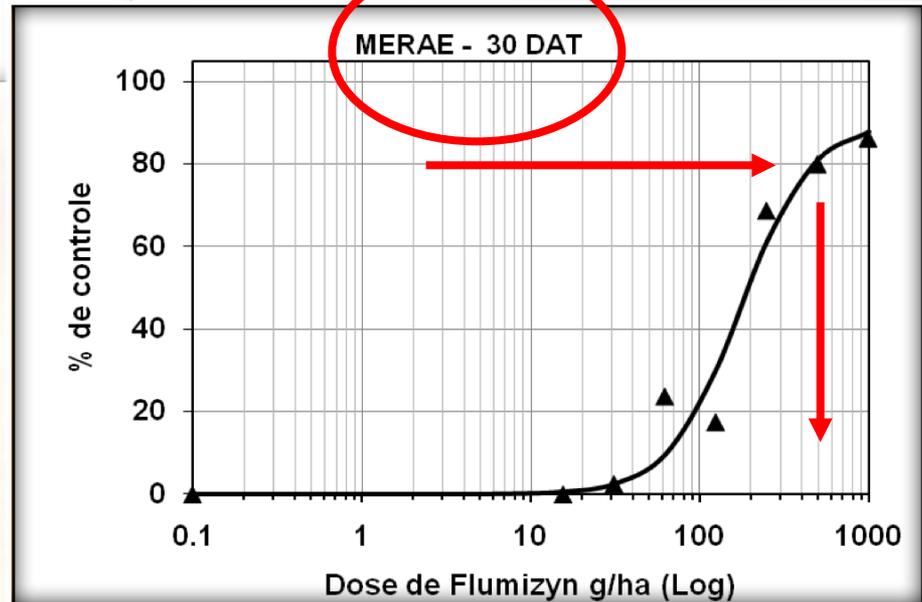
Sequencia: Chuva 30mm / Palha seca (colheita) / Aplicação Dinamic 1,5 kg / ha:

pichrist@usp.br



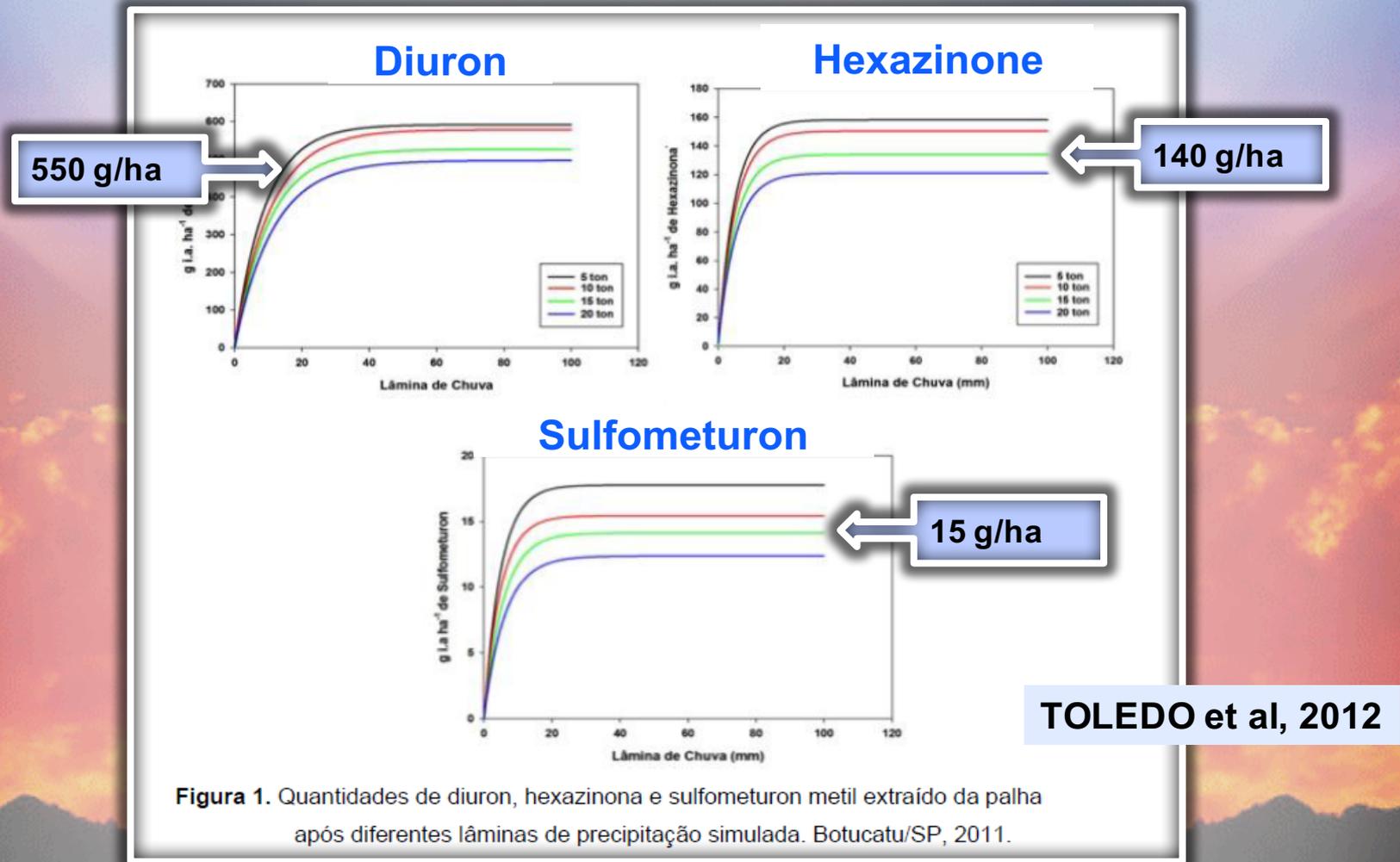
Diferença de suscetibilidade entre as espécies de corda-de-viola ao Flumioxazin

Necessidade de caracterização da espécie para escolha do herbicida



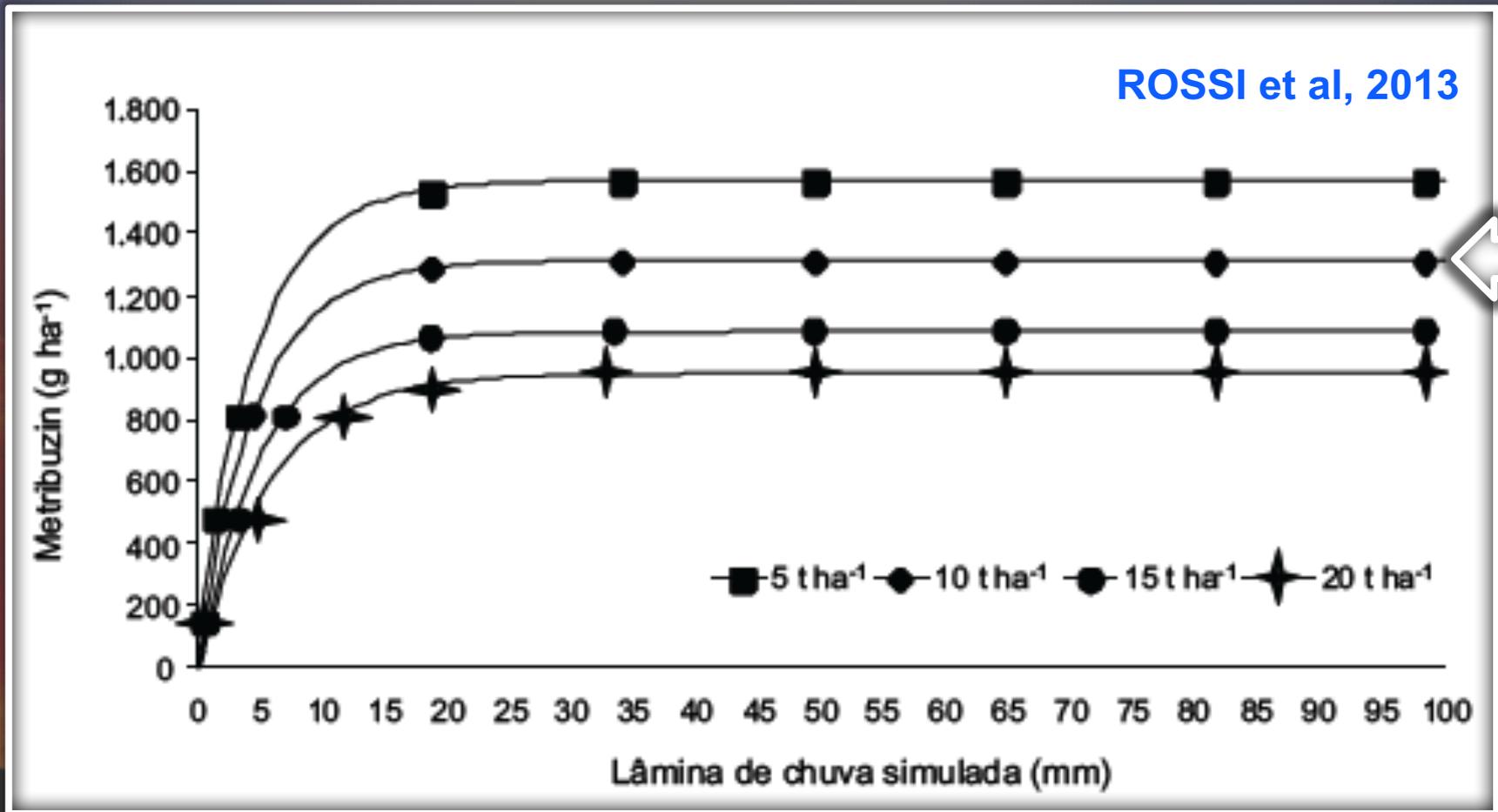
Suscetibilidade diferencial das espécies das cordas de viola ao herbicida flumioxazin.

Efeito da quantidade de palha sobre o comportamento dos herbicidas diuron, hexazinone e sulfometuron na palhada



Uma lâmina 10 mm de água demonstrou ser importante para definir a saída de grande parte do herbicida Front® aplicado em 10 t de palha/ha.

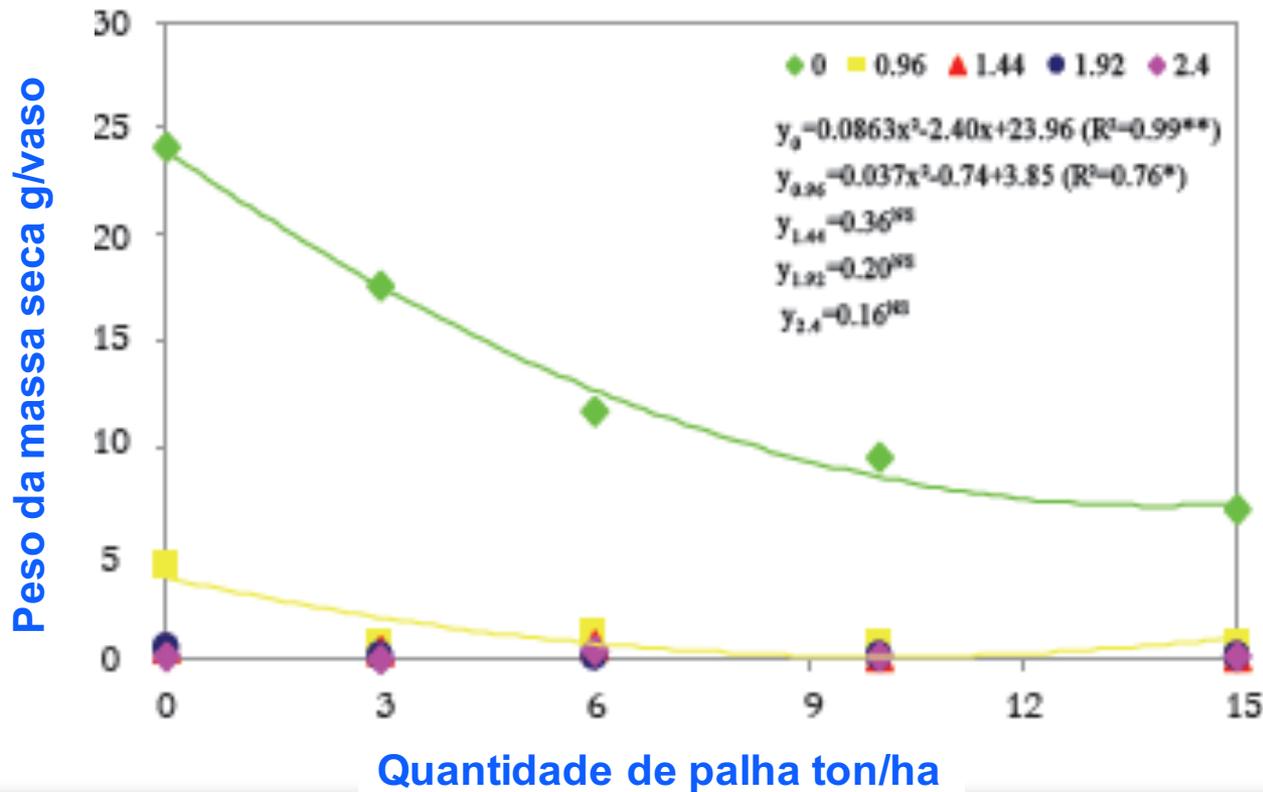
Transposição do metribuzin através da palha após simulação de chuva em diferentes quantidades de palha e lâminas de aplicação



A quantidade de palha não reduziu a eficácia do herbicida metolachlor no controle do capim braquiária

Capim braquiária
35 DAA

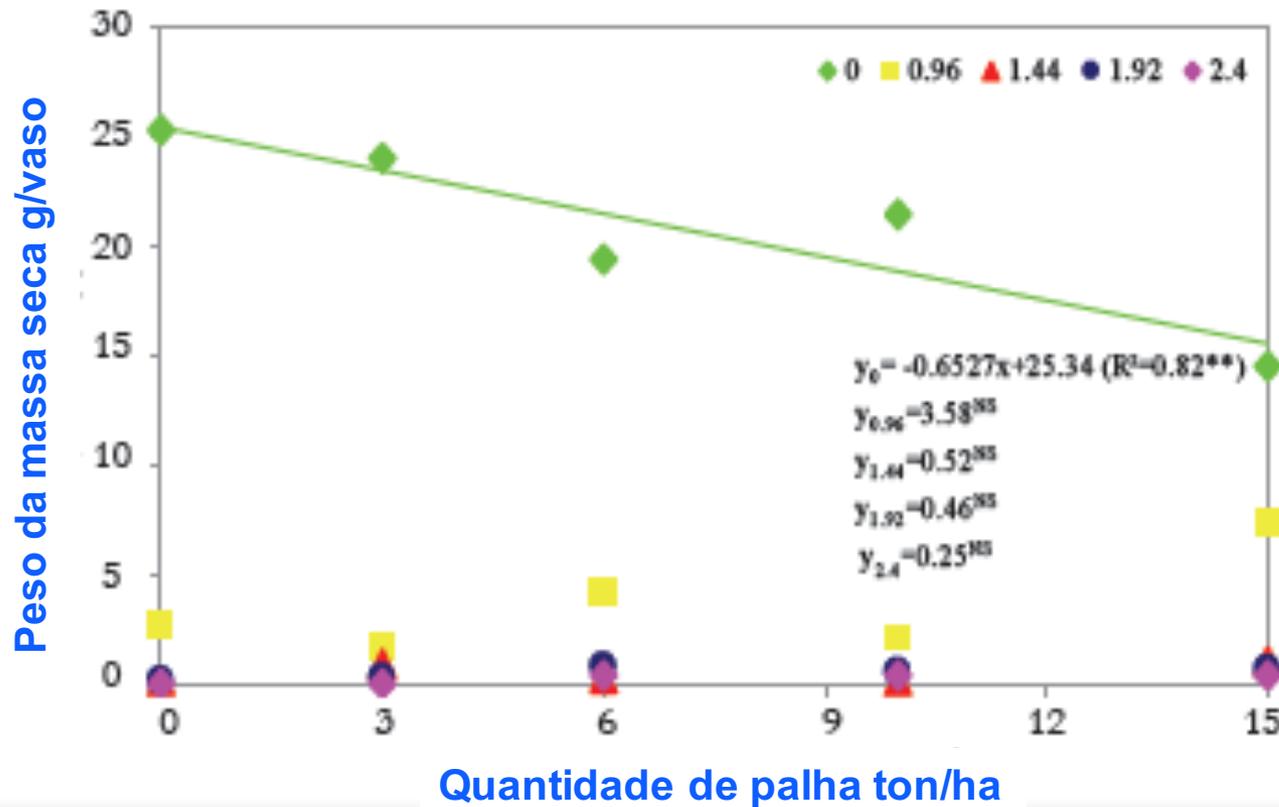
Correia et al, 2012



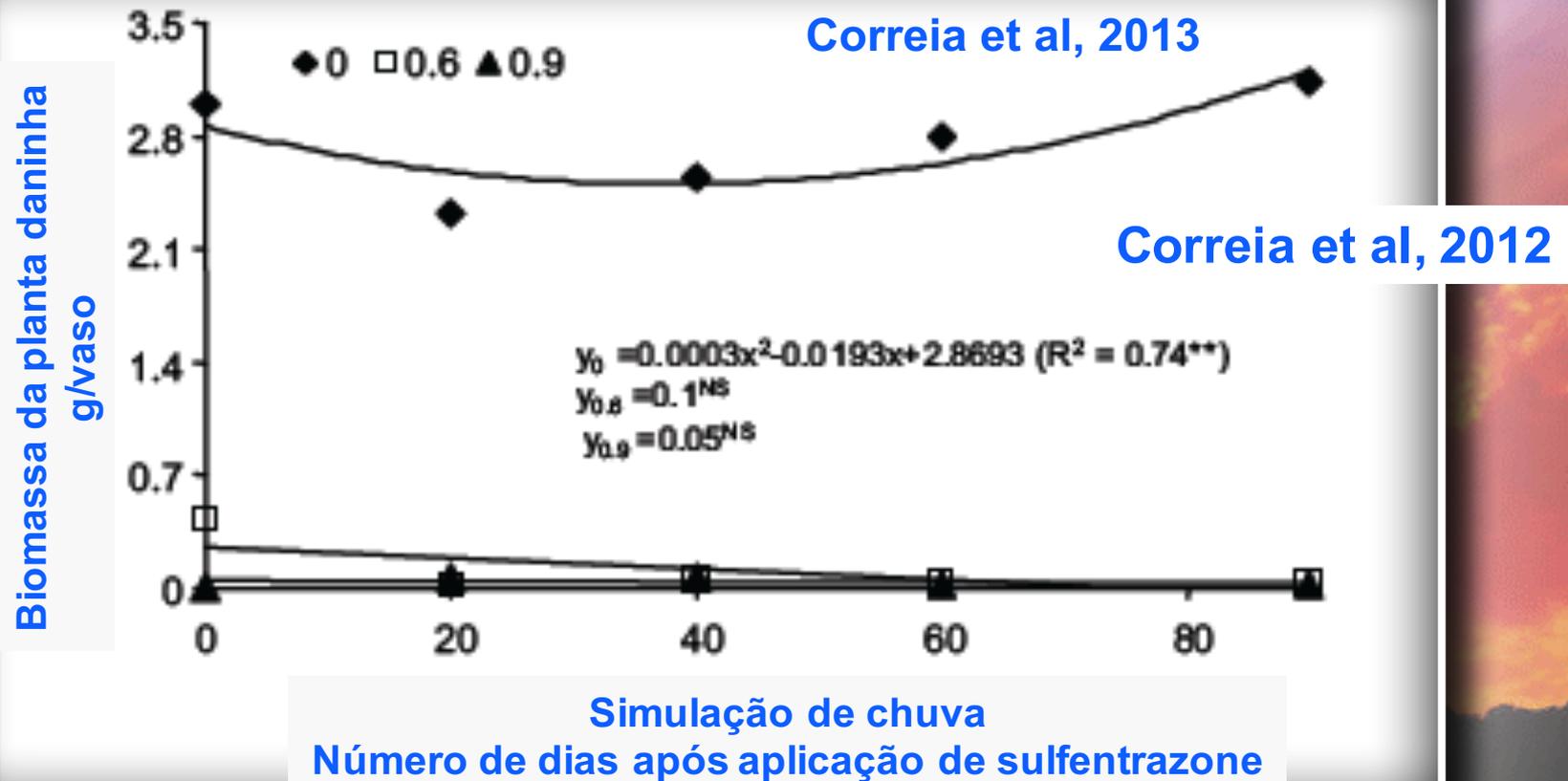
A quantidade de palha não reduziu a eficácia do herbicida metolachlor no controle do capim colônião

Capim colônião
35 DAA

Correia et al, 2012

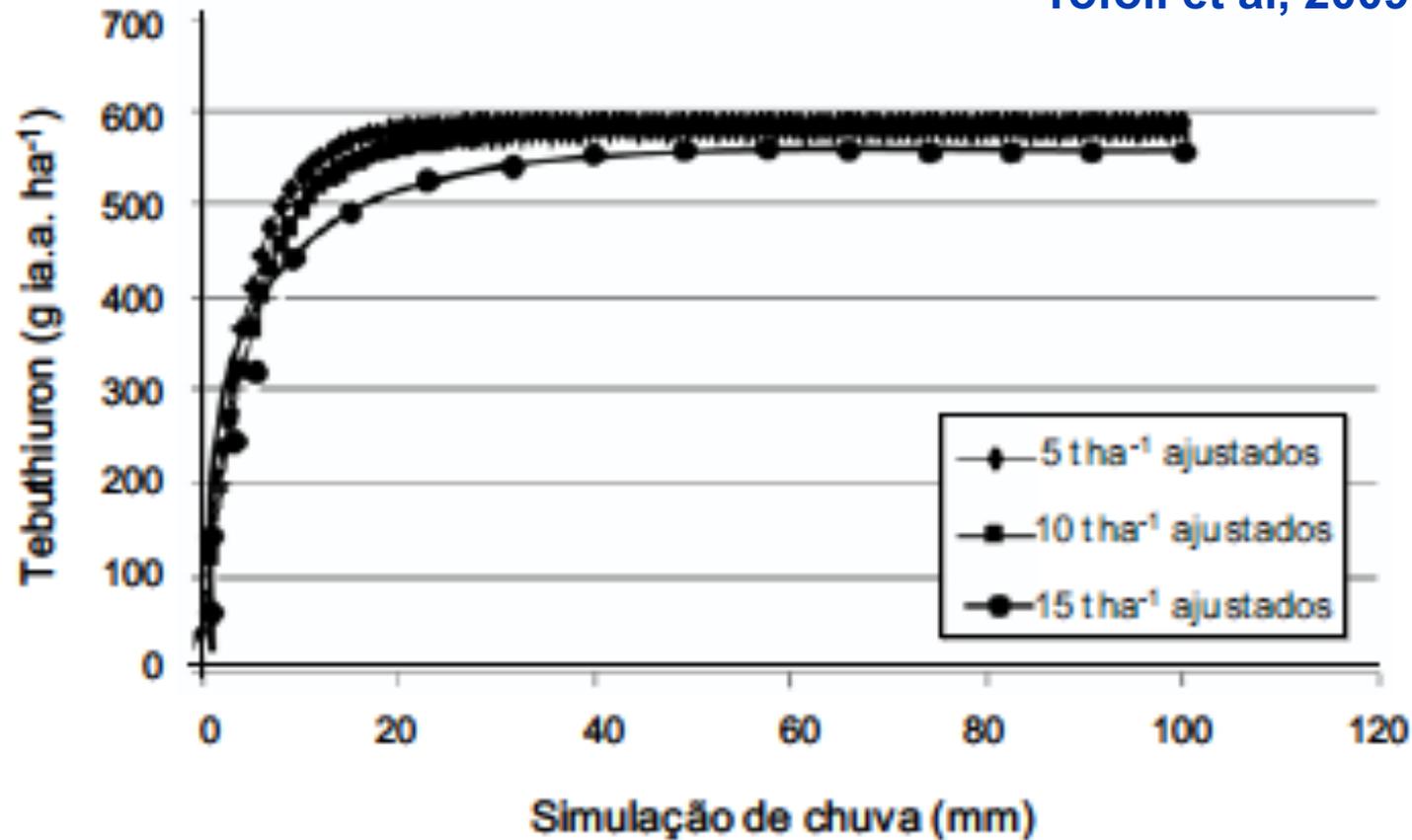


O intervalo entre a aplicação do **sulfentrazone** e a primeira chuva (0, 20, 40, 60 e 90 dias após a aplicação) não reduziram o controle da corda-de-viola

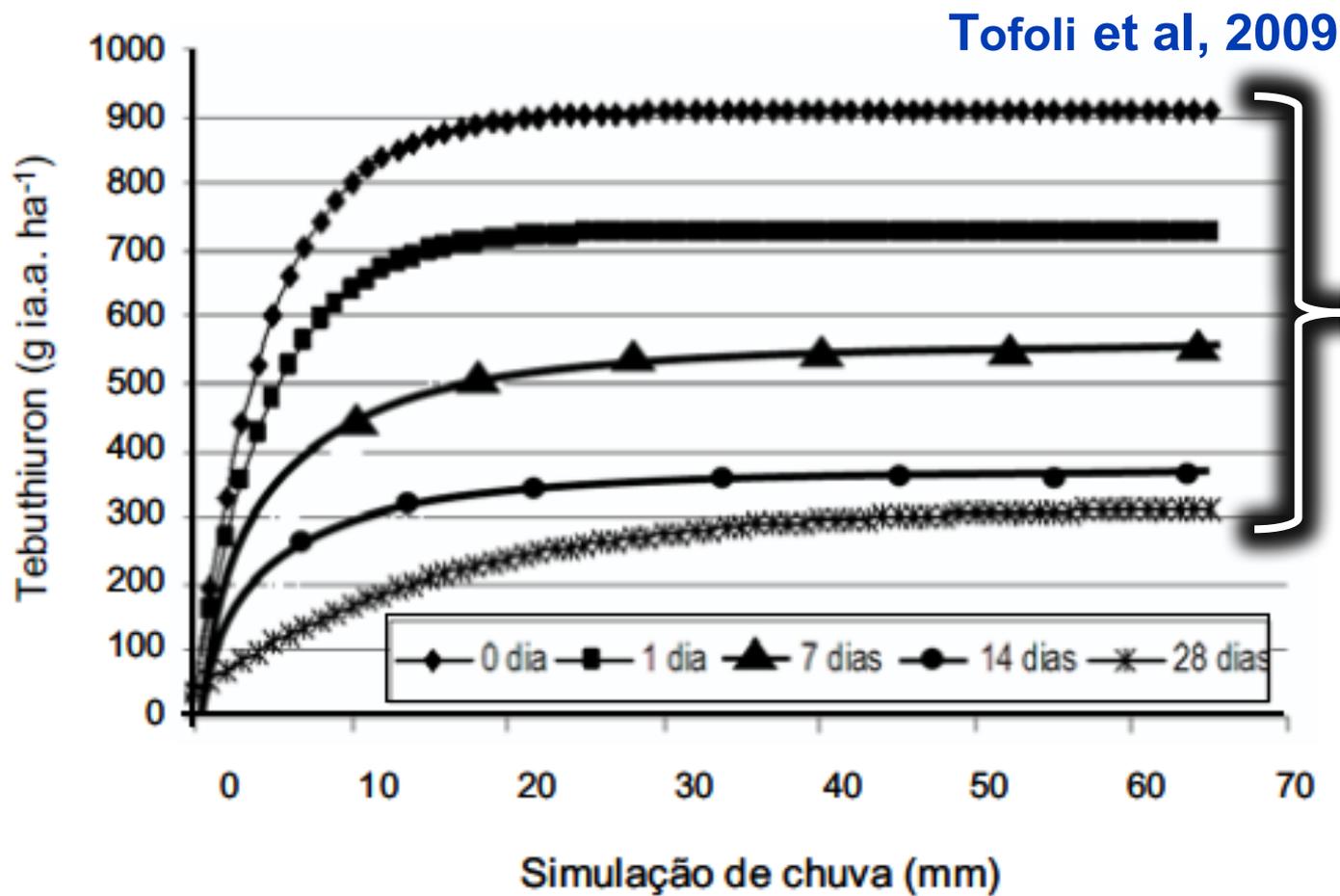


Lixiviação do **tebuthiuron** em função de diferentes volumes de chuva simulada e em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar sobre o solo

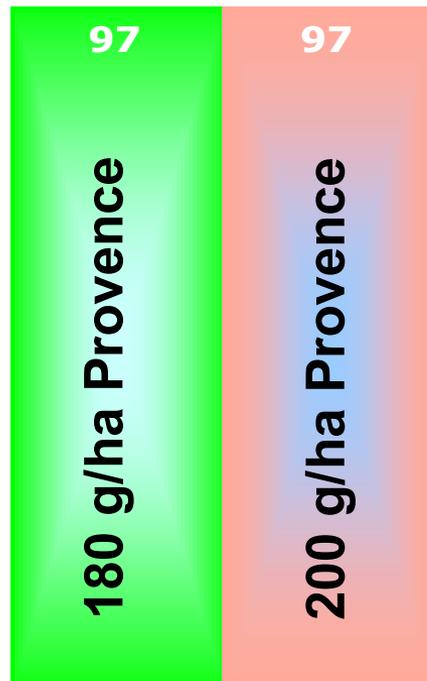
Tofoli et al, 2009



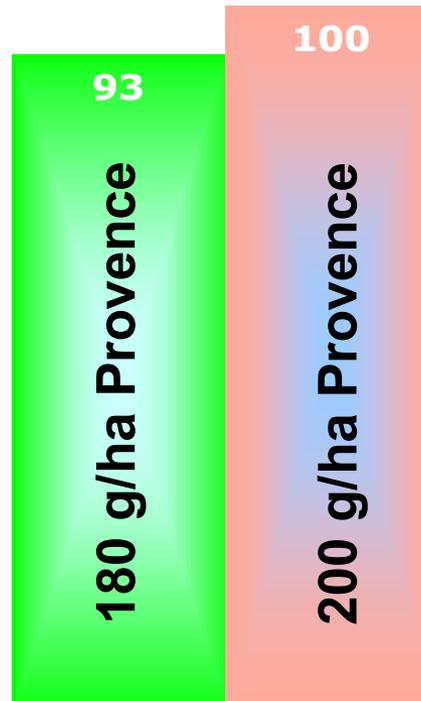
Lixiviação do **tebuthiuron** com diferentes intervalos de tempo entre a aplicação e a simulação de chuva



Controle capim colonião com **Provence** em área com 7,5 ton/ha



% Controle aos **208 DAA**
(7,0 pl. colonião/m²)



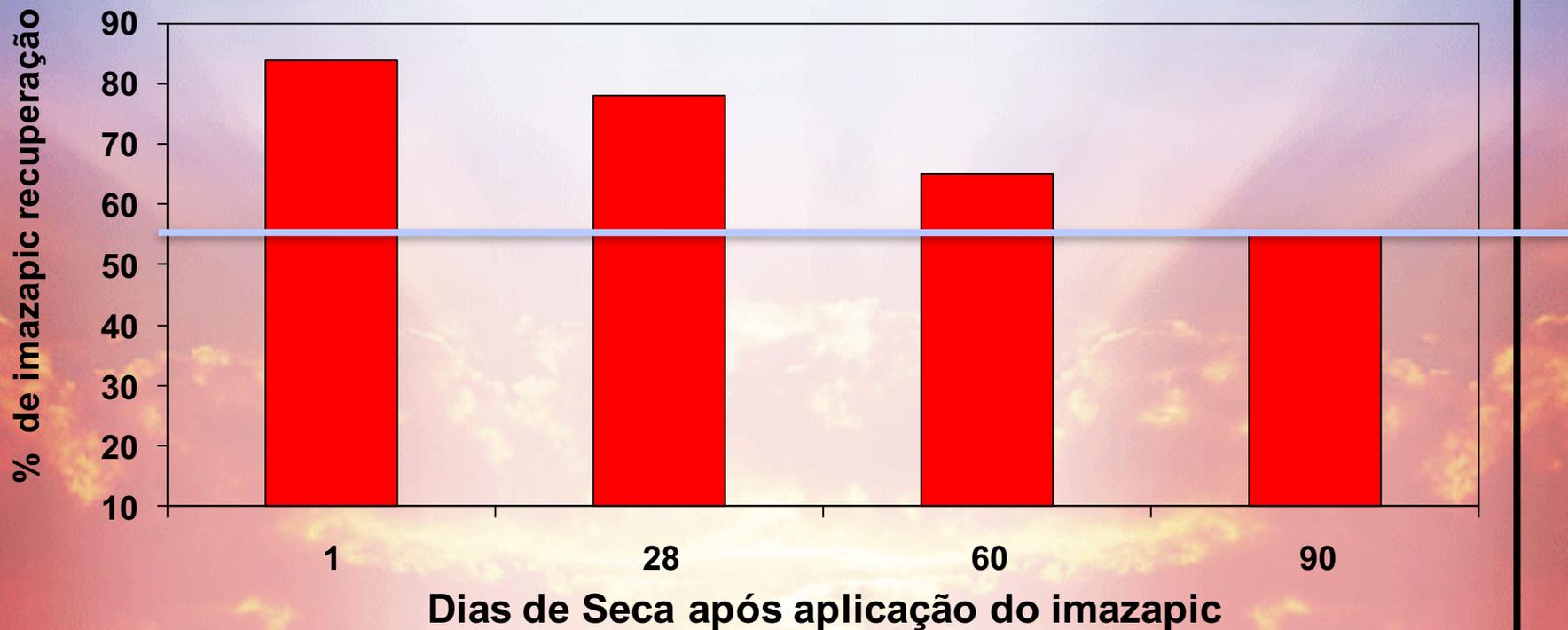
% Controle aos **178 DAA**
(3,0 pl. colonião/m²)



% Controle aos **122 DAA**
(4,0 pl. colonião/m²)

Resultados – Velini –
Unesp/campus Botucatu

Imazapic recuperado (desorvido) após quatro períodos de seca



Adaptado de Tofoli et al (2004)

Desuniformidade da palha deixada após o recolhimento para produção de bioeletriciade



Regiões/épocas/variedades com dificuldades de brotação em temperaturas mais baixas



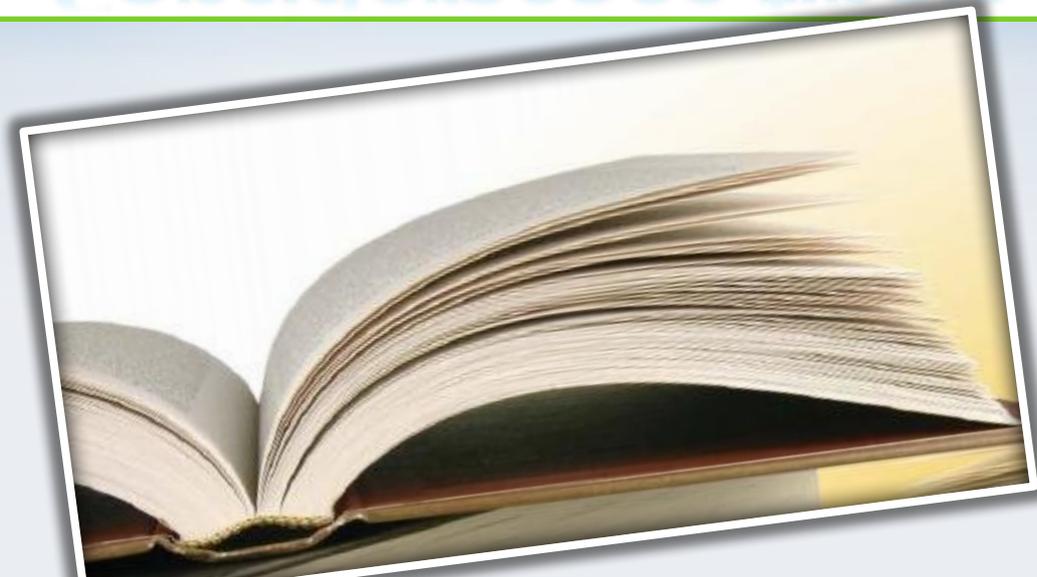
Áreas com manejo da palha ??????

E as gramíneas ???

- ✓ Capim colonião
- ✓ Capim braquiária
- ✓ Capim marmelada
- ✓ Capim colchão



Considerações finais



Considerações Finais

- ✓ **Logística de aplicação em grandes áreas exige herbicida de seca**
- ✓ **A aplicação de herbicidas “de seca” em soqueiras deve estar fundamentada em conhecimento da matologia da área e características físico-química dos herbicidas.**
- ✓ **A transposição dos herbicidas através da palha de cana é dependente de suas características físico-químicas bem como da condição de chuva após sua aplicação.**



Pedro Jacob Christoffoleti
ESALQ/USP - Dep. Produção Vegetal
Piracicaba - SP - C. P. 09
13418-900

Fone - 019 - 3429 4190

E-mail - pjchrist@esalq.usp.br

