

RESISTÊNCIA DE PLANTAS A INSETOS

Prof. José Djair Vendramim
jdvendra@usp.br

1. INTRODUÇÃO

O que é RPI?

Método de controle de pragas

Alternativo ao controle químico

Vantagens e limitações da RPI

Filoxera-da-videira

• Controle?

• Variedades americanas x Variedades européias

• Uso de porta-enxertos

Variedades americanas: porta-enxerto

Variedades européias: enxerto

Controle de praga através de RPI

Caso clássico de sucesso: filoxera-da-videira



Evolução das pesquisas com RPI

1. Evolução dos conhecimentos sobre genética: Leis de Mendel (1865)

2. Surgimento dos inseticidas modernos: DDT (1939) e BHC (1942)

3. Ocorrência dos primeiros problemas pelo uso de inseticidas: Primavera Silenciosa (Rachel Carson, 1962)

4. Surgimento dos transgênicos

Filoxera-da-videira

- Nativa dos EUA (leste das Montanhas Rochosas)
- Introduzida na França (provavelmente antes de 1863; descrita em 1868)
- Europa - enormes prejuízos
- Até 1884 (França):
 - Destruição de 1.200.000 ha de videira
 - Prejuízo > US\$ 2 bilhões
- Grupos de estudo - prêmios

Exemplos de pragas controladas por variedades resistentes

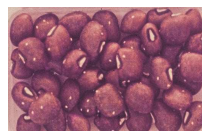
- *Daktulosphaira vitifoliae* (filoxera) em videira
- *Empoasca fascialis* (cigarrinha-verde) em algodoeiro (África)
- *Eriosoma lanigerum* (pulgão-lanífero) em maçã
- *Mayetiola destructor* (mosca-de-Hesse) em trigo (diversas cultivares)
- *Ostrinia nubilalis* (broca-do-colmo) em milho

"Lucros" resultantes do uso de variedades resistentes nos EUA

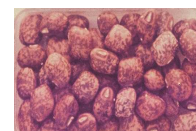
Cultura	Praga controlada	Ano	"Lucro" (milhões de US\$)
Trigo	<i>Mayetiola destructor</i> (Mosca de Hesse)	1969	238
Alfafa	<i>Terioaphis maculata</i> (pulgão)	1963	70
Milho	<i>Ostrinia nubilalis</i> (broca-do-colmo)	1962/69	150/ano
Sorgo	<i>Schizaphis graminum</i> (pulgão)	-	20/ano*

* Relativo apenas ao Estado do Texas

Corujão



Brabham



Resistência de genótipos de caupi ao caruncho *Callosobruchus maculatus*

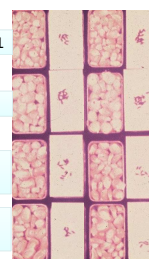
Exemplos de variedades resistentes no Brasil

ESALQ HV 1

Cristal

Sementec
6T 42

Sementec
8H 25

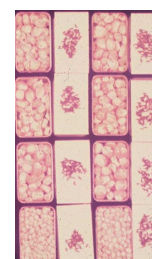


Canário de Ocho

Xavier Roxo

AGR 206

Pipoca Redonda



Resistência de genótipos de milho ao gorgulho *Sitophilus zeamais*

Oscarote

Brabham

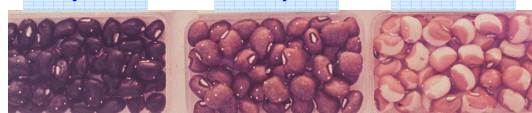
Victor



Early-Black

Corujão

Potomac



Resistência de genótipos de caupi ao caruncho *Callosobruchus maculatus*

B. humicola

B. decumbens



Resistência de *Brachiaria* spp. a cigarrinhas

Variedade Resistente

Definição:

“Variedade resistente: aquela que, devido as suas características genéticas, é menos danificada que outras variedades em geral, numa mesma condição para o ataque de uma praga”

- Relativa

Comportamento de genótipos de alfafa em relação a duas espécies de pulgões nos EUA

Genótipos	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Therioaphis maculata</i>
Búfalo	Suscetível	Suscetível
Ladak	Resistente	Suscetível
Cody	Suscetível	Resistente
KS 10	Resistente	Resistente

Variedade Resistente

- Relativa

A = 7% de dano → R ou S?

Comparação com outra(s) variedade(s):

B = 20% de dano → A é R

C = 1% de dano → A é S

Comportamento de genótipos de alfafa em relação a duas espécies de pulgões nos EUA

Genótipos	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Therioaphis maculata</i>
Búfalo	Suscetível	Suscetível
Ladak	Resistente	Suscetível
Cody	Suscetível	Resistente
KS 10	Resistente	Resistente

Variedade Resistente

“Variedade resistente: aquela que, devido as suas características genéticas, é menos danificada que outras variedades em geral, numa mesma condição para o ataque de uma praga”

- Relativa
- Hereditária
- Específica

Variedade Resistente

“Variedade resistente: aquela que, devido as suas características genéticas, é menos danificada que outras variedades em geral, numa mesma condição para o ataque de uma praga”

- Relativa
- Hereditária
- Específica
- Dano x Ataque
- Determinada condição

Graus de Resistência

Imunidade: variedade não sofre dano (não consumida e nem injuriada) sob nenhuma condição. Conceito teórico.

Alta resistência: variedade sofre pequeno dano em relação ao dano médio sofrido pelas variedades em geral.

Resistência moderada: variedade sofre dano pouco menor que o dano médio sofrido pelas variedades em geral.

Suscetibilidade: variedade sofre dano semelhante ao dano médio sofrido pelas variedades em geral.

Alta suscetibilidade: variedade sofre dano maior que o dano médio sofrido pelas variedades em geral.

Evasão Hospedeira ou Assincronia Fenológica

E.H. ou A.F. – fase de maior suscetibilidade coincide com época de baixa densidade populacional da praga.

Ex.: Lagartas em soja. Plantio tardio (final de novembro): fase suscetível ocorre em período com infestação relativamente baixa.

PSEUDORRESISTÊNCIA

Ocorre quando, sob determinadas condições, uma variedade ou planta se apresenta pouco danificada, embora não seja resistente.

- Escape
- Evasão Hospedeira ou Assincronia Fenológica
- Resistência Induzida ou Adquirida

Resistência Induzida

Manifestação temporária da resistência resultante de condições do ambiente, cessadas as quais, a planta retorna à condição de suscetibilidade

Escape

Escape: variedade ou planta não é infestada por mero acaso.

- Mais comum em condições de baixa infestação da praga
- Detecção:
 - Repetição do ensaio
 - Testes de progênie

Resistência de Plantas a Insetos



Resistência Constitutiva

X

Resistência Induzida

Resistência Constitutiva

(Resistência Genética)



Fatores de Resistência



Constitutivos ou pré-formados
(Expressão independente de fatores externos)

Resistência Induzida a Insetos

Tipos de elicitores ou indutores?

- **Bióticos:** microrganismos e insetos
- **Abióticos:** nutrientes, temperatura, umidade, luz, danos mecânicos, agrotóxicos etc.

Resistência Induzida

(Resistência Adquirida ou Ecológica)



Fatores de Resistência

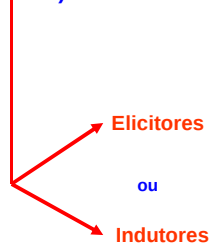


Induzidos ou pós-formados
(Expressão depende de fatores externos)

Importância do conhecimento
da pseudoresistência

Resistência Induzida

Fenômeno resultante da ativação[?] das vias de defesa da planta que provoca a formação de compostos químicos (fitoalexinas)



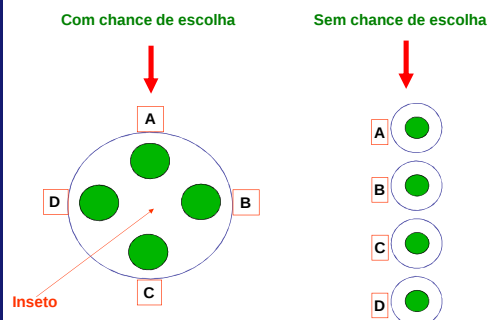
2. PARÂMETROS E TÉCNICAS PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA

2.1. PARÂMETROS RELATIVOS AO INSETO

2.2. PARÂMETROS RELATIVOS À PLANTA

2.1. PARÂMETROS RELATIVOS AO INSETO

- 2.1.1. Diferença na população
- 2.1.2. Diferença na oviposição
- 2.1.3. Diferença na alimentação
- 2.1.4. Diferença no peso
- 2.1.5. Diferença na duração do ciclo
 - Fase imatura (desenvolvimento)
 - Fase adulta (longevidade)
- 2.1.6. Diferença na sobrevivência
- 2.1.7. Diferença na fecundidade

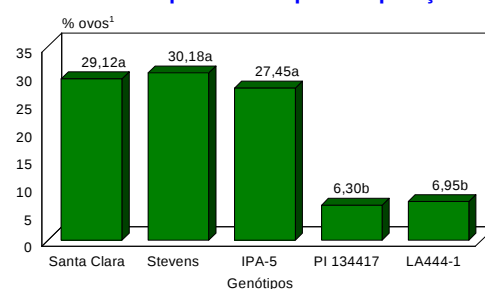


2.2. PARÂMETROS RELATIVOS À PLANTA

- 2.2.1. Diferença na sobrevivência
- 2.2.2. Diferença na destruição de órgãos vegetais
- 2.2.3. Diferença na redução de produção
- 2.2.4. Diferença na redução da qualidade do produto

3.1. NÃO PREFERÊNCIA OU ANTIXENOSE

3.1.1. Não preferência para oviposição

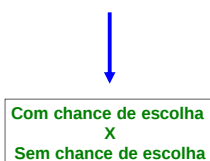


Oviposição de *Tuta absoluta* em genótipos de tomateiro em teste com chance de escolha (Thomazini et al., 2000)

3. TIPOS DE RESISTÊNCIA

3.1. NÃO PREFERÊNCIA ou ANTIXENOSE

N.P.: variedade é menos utilizada pelo inseto para alimentação, oviposição ou abrigo que as outras variedades em geral.



3.1. NÃO PREFERÊNCIA OU ANTIXENOSE

3.1.2. Não preferência para alimentação

a) N° de insetos que procuram (se dirigem) a cada variedade

Número de pulgões¹ (*Schizaphis graminum*) em plantas de genótipos de sorgo em teste com livre escolha (Cruz & Vendramim, 1989)

Genótipo	N.º médio de pulgões/planta
GR	0,5
TX 2567	3,4
TX 2568	3,9
IS 3422	4,1
IS 3236	4,1
IS 2293	4,8
BR 602	5,8
BR 601	6,3
TX 430	8,0

¹Liberção de 45 pulgões adultos por vaso contendo os 9 genótipos. Avaliação após 4 dias.

3.1. NÃO PREFERÊNCIA OU ANTIXENOSE

3.1.2. Não preferência para alimentação

b) Consumo

Área foliar de feijoeiro consumida, durante 24 h, por 2 adultos de *Epilachna varivestis*, em teste sem chance de escolha (Raina et al., 1978)

Cultivar	Área consumida (cm ²)*
Regal	3,65 a
Baby Fordhook	3,81 a
Baby White	3,99 a
Dixie Butterpea	5,03 ab
Blach Turtle	6,32 bc
H-9 Green Beans	6,86 bc
Gold Crop Yellow	7,08 bc
Resistant Valentine	7,19 bc
Contender	7,86 cd
Jackson Wonder	9,46 d
Spartan Arrow	11,74 e
Golden Wax	12,69 e

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (Duncan, 5%).

Parâmetros que melhor caracterizam a antibiose

- ✓ Aumento do período de desenvolvimento;
- ✓ Redução do tamanho e peso dos indivíduos;
- ✓ Ocorrência de adultos ou pupas defeituosas;
- ✓ Mortalidade na fase imatura e adulta;
- ✓ Redução da fecundidade (Menor nº de ovos/fêmea);

3. TIPOS DE RESISTÊNCIA

3.2. ANTIBIOSE

Antibiose: variedade, embora normalmente consumida pelo inseto, provoca efeito adverso na sua biologia.

Resistência de genótipos de sorgo a *Schizaphis graminum* (Schuster & Starks, 1973)

Genótipos	Peso do pulgão * (mg)	Período pré-reprodutivo * (dias)	Período reprodutivo* (dias)	N.º de ninfas/fêmea*
BOK-8	0,161 a	6,7 a	23,5 a	55,0 a
PI 302178	0,069 b	10,6 c	15,4 ab	7,8 b
PI 302231	0,067 b	10,6 c	13,5 b	16,3 b
PI 226096	0,049 b	9,1 b	9,3 b	6,9 b

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (P= 5%).

Caracterização da antibiose

- ✓ Aumento do período de desenvolvimento;
- ✓ Redução do tamanho e peso dos indivíduos;
- ✓ Ocorrência de adultos ou pupas defeituosas;
- ✓ Mortalidade na fase imatura e adulta;
- ✓ Redução da fecundidade (Menor nº de ovos/fêmea);

3. TIPOS DE RESISTÊNCIA

3.3. TOLERÂNCIA

Tolerância: variedade menos danificada que as demais, sob um mesmo nível de infestação da praga e sem efeito no comportamento e biologia desta.



Menor redução na quantidade e/ou qualidade da produção

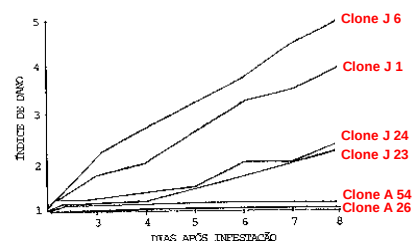
3.3. TOLERÂNCIA

Caracterização:

Plantas infestadas x Plantas não infestadas



- Altura da planta
- Peso da planta ou dos órgãos atacados
- Sintomas de danos (sugadores)
- Redução de produção



Dano em clones de alfafa não tolerantes, moderadamente tolerantes e altamente tolerantes infestados com 25 ninfas do pulgão *Therioaphis maculata* por folíolo (Jones et al., 1968)

CAUSAS DA TOLERÂNCIA

- ✓ Regeneração ou formação (mais rápida que nas não tolerantes) de folhas, de perfilhos ou de raízes
- ✓ Plantas mais vigorosas
- ✓ Maior nº de folhas ou de frutos

4. CAUSAS DA RESISTÊNCIA

4.1 CAUSAS FÍSICAS

- Cor do substrato vegetal



Crescimento de genótipos de sorgo sujeitos à infestação por 25 pulgões adultos (*Schizaphis graminum*) em relação a plantas não infestadas (Cruz, 1986)

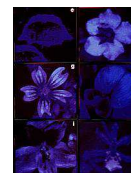
Genótipos	Crescimento (%)*
E Redlan A	88,2 a
Tx 430 x (GR 1.1.1.) 3.1	62,1 ab
GSBT x 399	47,3 bc
KS 42	43,8 bc
IS 10317 B	42,3 bc
IS 10317 A	35,5 c
KS 41	33,2 c
BR 601	9,8 d

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (Duncan, 5%).

Diferença na visualização das cores pelo homem e pelas abelhas



Homem

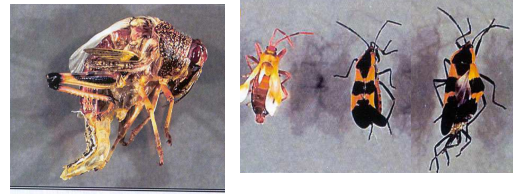
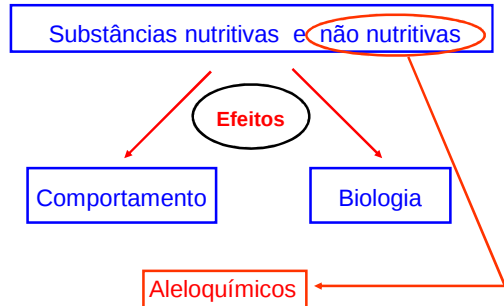


Abelhas

<http://gears.tucson.ars.ag.gov/ic/vision/bee-vision.html>

4. CAUSAS DA RESISTÊNCIA

4.2 CAUSAS QUÍMICAS



Efeito do aleloquímico azadiractina sobre insetos

Principais classes de aleloquímicos e os respectivos efeitos sobre os insetos (Kogan, 1986)

ALELOQUÍMICOS	EFEITOS NO COMPORTAMENTO OU BIOLOGIA DO INSETO
CAIOMÔNIOS	FAVORÁVEIS
Atraentes	Orientam o inseto em direção a planta
Arrestantes	Param ou tornam vagaroso o movimento do inseto
Incitantes	Induzem o inseto a iniciar a alimentação ou oviposição
Estimulantes	Mantêm a alimentação ou oviposição do inseto
ALOMÔNIOS	DESFAVORÁVEIS
ANTIXENÓTICOS	AFETAM O COMPORTAMENTO DO INSETO
Repelentes	Orientam o inseto em direção contrária da planta
Estimulantes de locomoção	Iniciam ou aceleram o movimento do inseto
Supressantes	Inibem o início da alimentação ou oviposição do inseto
Deterrentes	Impedem a manutenção da alimentação ou oviposição do inseto

4. CAUSAS DA RESISTÊNCIA

4.3. CAUSAS MORFOLÓGICAS

4.3.1. Fatores estruturais

4.3.2. Fatores da epiderme

Principais classes de aleloquímicos e os respectivos efeitos sobre os insetos (Kogan, 1986)

ALELOQUÍMICOS	EFEITOS NO COMPORTAMENTO OU BIOLOGIA DO INSETO
CAIOMÔNIOS	FAVORÁVEIS
Atraentes	Orientam o inseto em direção a planta
Arrestantes	Param ou tornam vagaroso o movimento do inseto
Incitantes	Induzem o inseto a iniciar a alimentação ou oviposição
Estimulantes	Mantêm a alimentação ou oviposição do inseto
ALOMÔNIOS	DESFAVORÁVEIS
ANTIXENÓTICOS	AFETAM O COMPORTAMENTO DO INSETO
Repelentes	Orientam o inseto em direção contrária da planta
Estimulantes de locomoção	Iniciam ou aceleram o movimento do inseto
Supressantes	Inibem o início da alimentação ou oviposição do inseto
Deterrentes	Impedem a manutenção da alimentação ou oviposição do inseto
ANTIBIÓTICOS	AFETAM A BIOLOGIA DO INSETO
Toxinas	Provocam intoxicação aguda ou crônica no inseto
Fatores redutores de digestibilidade	Interferem nos processos normais de utilização de alimento pelo inseto

4.3.1. Fatores estruturais

Bráctea tipo frego (algodoeiro)



Bráctea normal



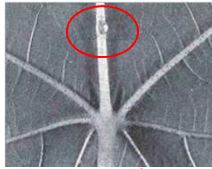
Bráctea frego

Menor ataque de bicudo

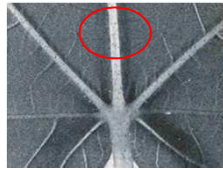


4.3.1. Fatores estruturais

Nectário extrafloral (Algodoeiro)



Com nectário

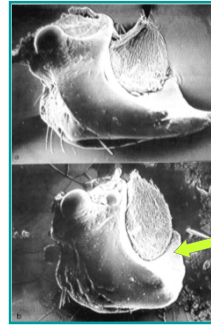


Sem nectário

Menor ataque de lagartas



Dureza



Mandíbula normal

Mandíbula gasta

Mandíbula gasta de besouro *Plagioderia versicolora* devido à maior presença de lignina em plantas de salgueiro (Panda & Khush, 1995)

4. CAUSAS DA RESISTÊNCIA

4.3. CAUSAS MORFOLÓGICAS

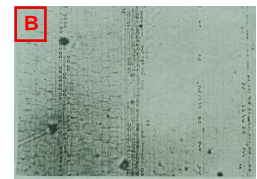
4.3.2. Fatores da epiderme

A. Dureza e Espessura



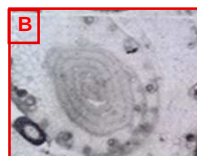
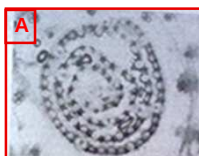
Sílica e lignina

• Dureza: Sílica

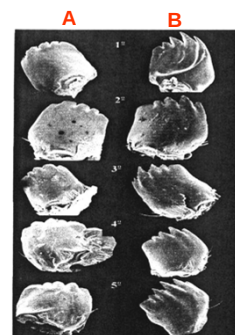


Sílica em plantas de arroz resistente (A) e suscetível (B) à broca *Chilo suppressalis*

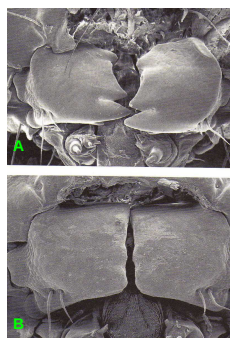
• Dureza: Lignina



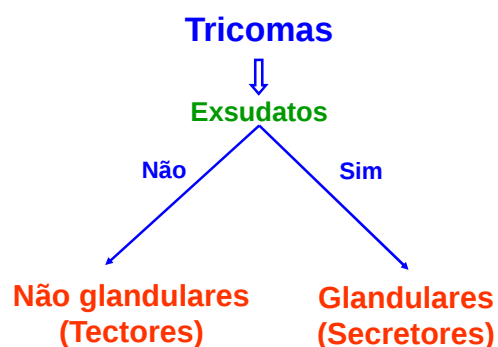
Lignina em plantas de sorgo resistente (A) e suscetível (B) à mosca *Atherigona varia soccata*



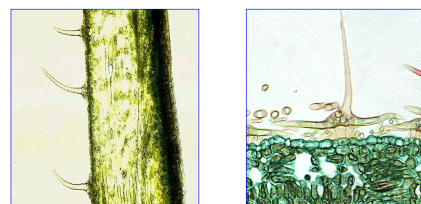
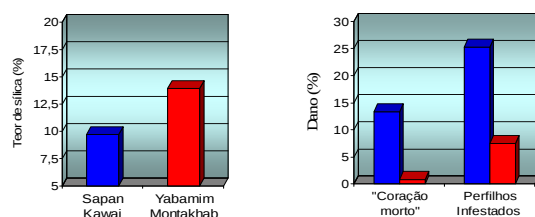
Mandíbulas de lagartas de *Spodoptera frugiperda* em diferentes instares alimentada em folhas de milho com aplicação de sílica (A) e sem aplicação de sílica (B) (Goussain, 2001)



Mandíbulas de lagartas de *Eldana saccharina* alimentadas em colmos de cana-de-açúcar sem (A) e com (B) aplicação de silicato de cálcio.



Teor de sílica x infestação de *Chilo suppressalis* em duas cultivares de arroz (Djamin & Pathak, 1967)



Tricomas tectores aciculares

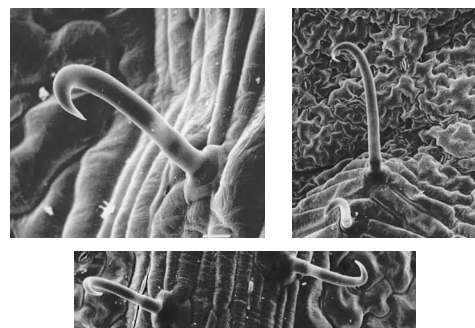
4. CAUSAS DA RESISTÊNCIA

4.3. CAUSAS MORFOLÓGICAS

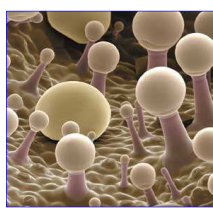
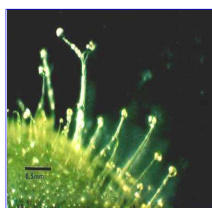
4.3.2. Fatores da epiderme

C. Pilosidade

- Diretos: tamanho e densidade dos tricomas
- Indiretos: produção dos exsudatos



Tricomas tectores unciformes em feijoeiro (Oriani, 2001)



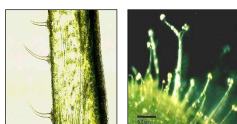
Tricomas glandulares ou secretores

• Tricomas tectores aciculares



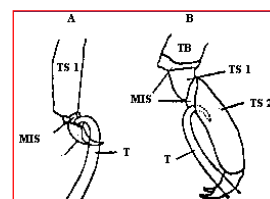
Cigarrinha em capim-andropógon

• Tricomas



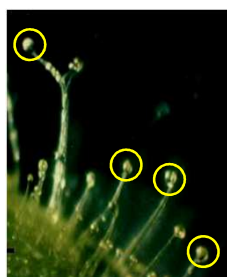
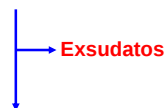
- ✓ Locomoção
- ✓ Oviposição
- ✓ Ingestão e digestão

• Tricomas tectores unciformes (em forma de gancho)



Tricomas tectores unciformes penetrando a região intersegmentar das pernas do pulgão *Aphis craccivora*, entre o tarso e o pré-tarso (A) e entre dois tarsômeros (B); TS = tarsômero; T.B. = tíbia; M.I.S = membrana intersegmentar; T = tricoma

• Tricomas glandulares



- ✓ Repelência
- ✓ Oclusão das peças bucais
- ✓ Aderência das pernas ou corpo

• Tricomas glandulares



Tricomas com exsudatos em capim-gordura

- Tricomas glandulares



Larva de 1º instar de *Hypera postica* aderida a tricomas glandulares de *Medicago disciformes* (x 75x) (Shade *et al.*, 1975)

- Tricomas glandulares



Tricomas glandulares em ramos de *Medicago scutellata* (x 6 em 1; x 9,2 em 2) e larva de 1º instar de *Hypera postica* aderida (x 140) (Kreitner & Sorensen, 1983)

- Tricomas glandulares



Pulgão caminhando sobre folhas de batata contendo tricomas glandulares