III Simpósio de Biomonitoramento Ambiental – Ecotoxicologia – Vitória – ES

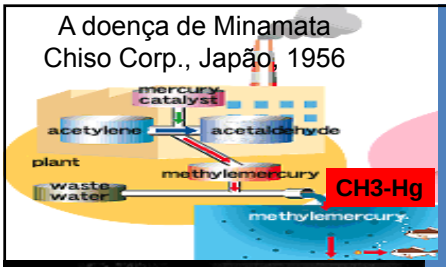
"O potencial dos parâmetros comportamentais e sua relevância ecológica na Ecotoxicologia"

Paulo S. M. Carvalho
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Toxicologia Aquática – INCT-TA - CNPq

Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências Biológicas
Departamento de zoologia

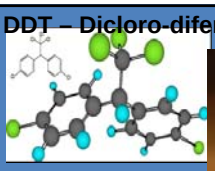
LABECOTOX
LABORATÓRIO DE ECOTOXICOLOGIA AQUÁTICA

A doença de Minamata
Chiso Corp., Japão, 1956



Tomoko Uemura, Exposta in utero a metilmercúrio

DDT – Dicloro-difenil-tricloro-etano



DDT apresenta perigo relativamente pequeno para humanos

TOXICOLOGIA HUMANA	VERSUS	ECOTOXICOLOGIA
INDIVÍDUOS	VERSUS	POPULAÇÕES

ECOTOXICOLOGIA
Truhaut, 1969

DEFINIÇÃO E CONCEITOS FUNDAMENTAIS

→ Efeitos **deletérios não intencionais** de compostos químicos nos ecossistemas e organismos constituintes
(→ organismos não são o "alvo" dos compostos)

→ Toxicologia forênsica: aspectos médicos e legais dos efeitos, humanos

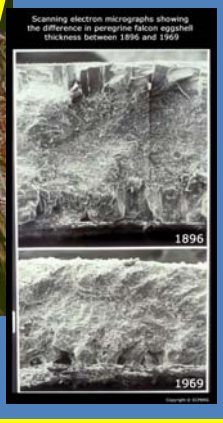
→ Toxicologia humana: voltada para os problemas de saúde humana, mamíferos são usados como modelos básicos

→ Toxicologia econômica: efeitos tóxicos intencionais para o benefício de uma espécie sobre a outra

→ EVIDÊNCIAS QUE LIGAM O "CRIMINOSO" AO "CRIME INACEITÁVEL"
→ CAUSA AO EFEITO

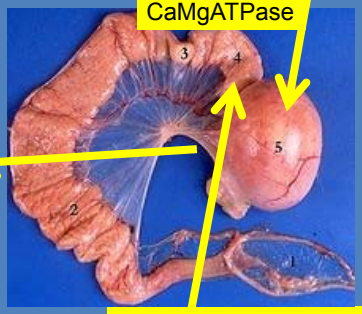
→fecundidade baixa

Ovos de casca fina



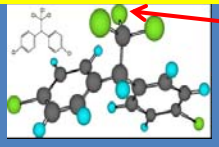
Ca+2

CaMgATPase



DDE – Dicloro-difenil -dicloro-etano

DDT – Dicloro-difenil -tricloro-etano



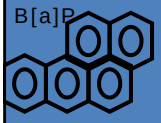
→ Quase extinção da água americana em alguns locais

Biomarcadores e bioindicadores →ferramentas da ecotoxicologia

→ DESVENDANDO O QUE OCORRE NA "CAIXA PRETA" A NIVEL DE INDIVIDUOS

Exposição química

B[a]P



ORGANISMO

EFEITO BIOLÓGICO

Biomarcadores versus Bioindicadores
→Todos são
Parâmetros mensurados de efeito biológico

- Biomarcadores → Efeitos moleculares, bioquímicos, genéticos, fisiológicos, morfológicos e comportamentais (Walker et al., 2005)
- Bioindicadores → Efeitos ao nível de populações, comunidades e ecossistemas

CONTAMINANTE QUÍMICO

Um desafio conceitual dentro da Ecotoxicologia

Bioquímica Molecular
↓
Célula
↓
Órgão/Tecido
↓
Indivíduo
↓
População
↓
Comunidade
↓
Ecossistema

Integração da Bioquímica /fisiologia ?
↓
Sistemas Sensoriais e Repertório comportamental
↓
Interface funcional para efeitos populacionais e superiores

Parâmetros suborganísmicos (biomarcadores)

PODEM SER USADOS PARA PREVER ?

Efeitos ecologicamente relevantes

CONTAMINANTE QUÍMICO

COMPORTAMENTO

- ATIVIDADES OBSERVÁVEIS
- BEM DEFINIDAS
- SISTEMA NERVOSO CENTRAL
- QUANTIFICÁVEIS

→base dos Mecanismos ecológicos

→ Diretamente relacionadas à parâmetros ecológicos populacionais fundamentais

- SOBREVIVÊNCIA, CRESCIMENTO E REPRODUÇÃO
- FUGIR COMER e PROCRIAR…

MUDANÇA MAL-ADAPTATIVA

MEDIDAS COMPORTAMENTAIS EM ECOTOXICOLOGIA

SELEÇÃO DE HABITATS
ALIMENTAÇÃO
COMPETIÇÃO
PREDADOR-PRESA
REPRODUÇÃO

FUNÇÕES ESSENCIAIS

→ SUBLETALIDADE

→ SENSIBILIDADE pode ser alta
EFEITO DETECTADO A DOSES BEM ABAIXO DA CL50

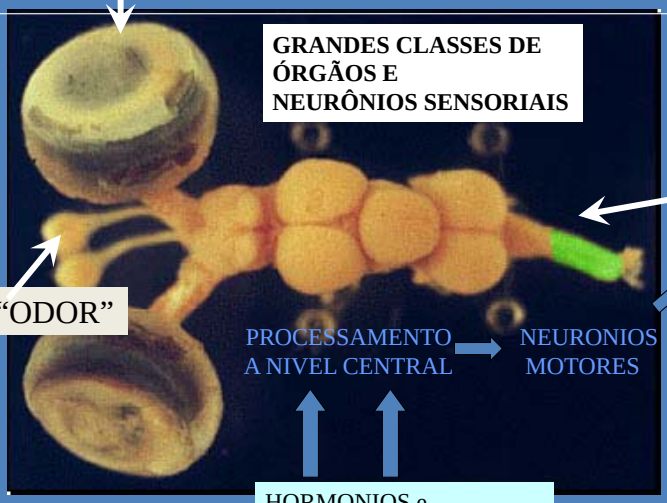
REVISÃO DE EFEITOS MEDIDOS EM TRUTA ARCO-ÍRIS – Little et al., 1993

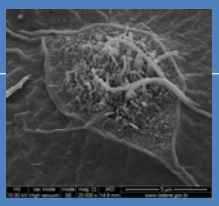
ALIMENTAÇÃO	% CL50	PREDAÇÃO	% CL50	NATAÇÃO	% CL50
Alumínio	2	Carbaryl	2	Carbaryl	2
Chlordane	2.5	Chlordane	5	Chlordane	5
Pentachlorophenol	2.5	Pentachlorophenol	0.5	Pentachlorophenol	0.5
Mehyl-parathion	20	Mehyl-parathion	2.7	Mehyl-parathion	2.7

CONTAMINANTES → EFEITOS SUBORGANISMICOS → FUNÇÕES SENSORIAIS

→ COMPORTAMENTOS ESSENCIAIS PARA MANUTENÇÃO DO INDIVÍDUO
E
→ POPULAÇÃO

LUZ



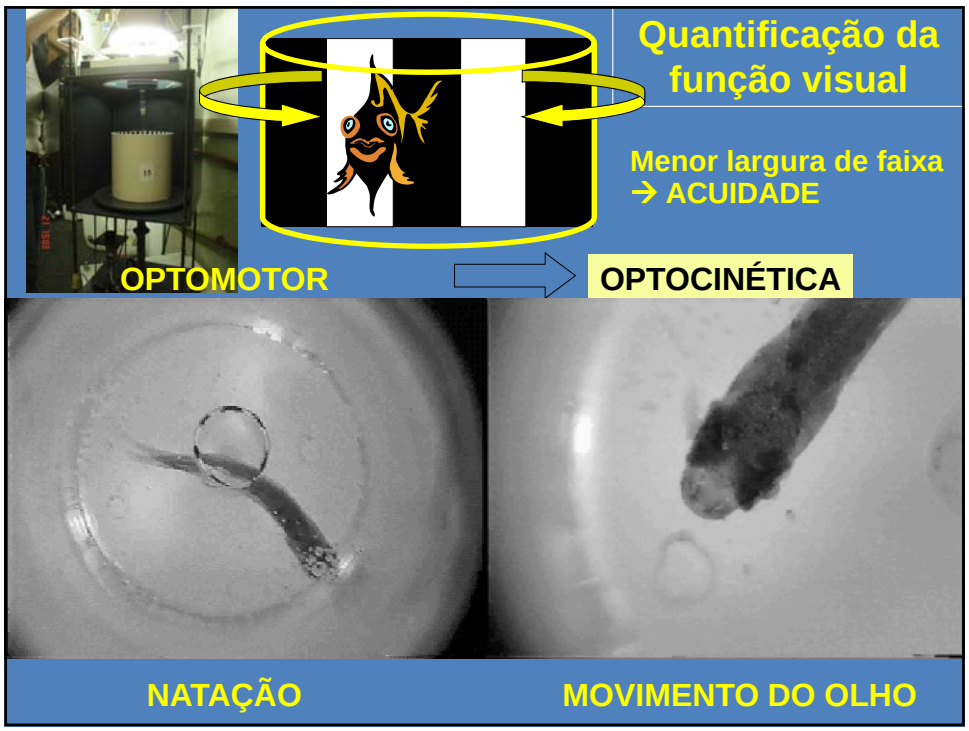


"mecanorrecepção"
→linha lateral

MUSCULATURA

RESPOSTA MOTORA

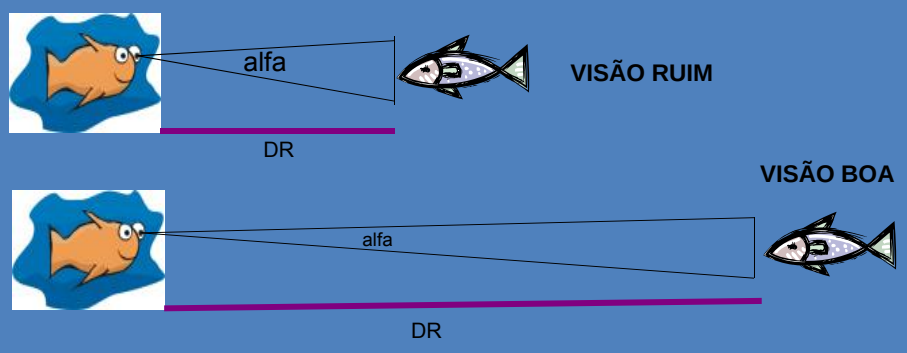
REPERTORIO COMPORTAMENTAL DO ORGANISMO



• → Parâmetros para medir a função visual

Ângulo de acuidade ⇔ Distância de Reação

Distância máxima em que um objeto (de tamanho específico) pode estar do observador e ainda ser detectável.

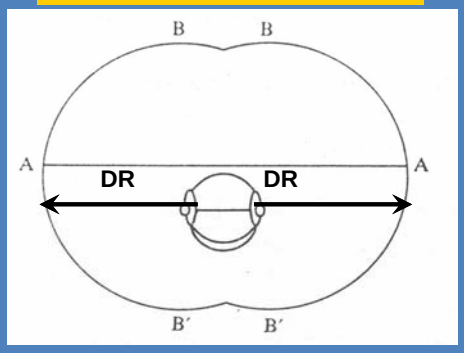


$DR = D/2*TAN(\alpha/2)*\pi/180$

Distância de reação → ÁREA DE REAÇÃO:
Seção transversal do campo visual na direção vertical e horizontal.

AR (mm^2) = 2/3*π (DR)2

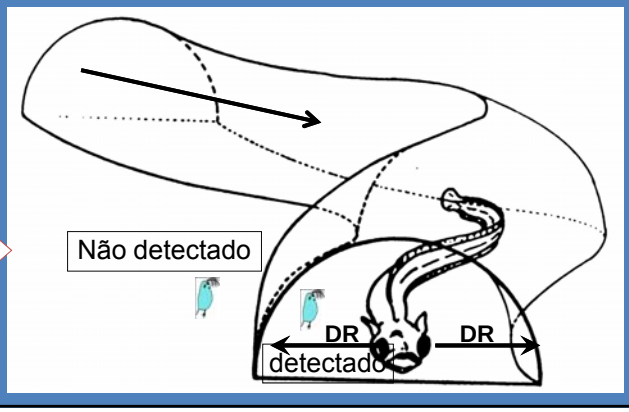
Área de Reação



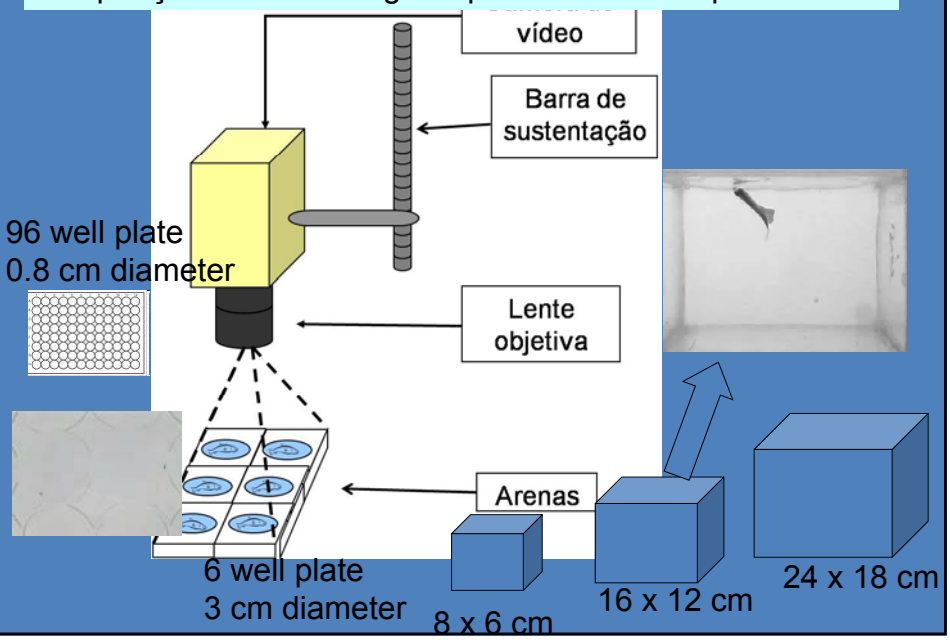
→ Um MECANISMO ECOLÓGICO
Modelo de Alimentação "VOLUME SEARCHED"
(Blaxter & Staines, 1971)

Volume de busca da presa =

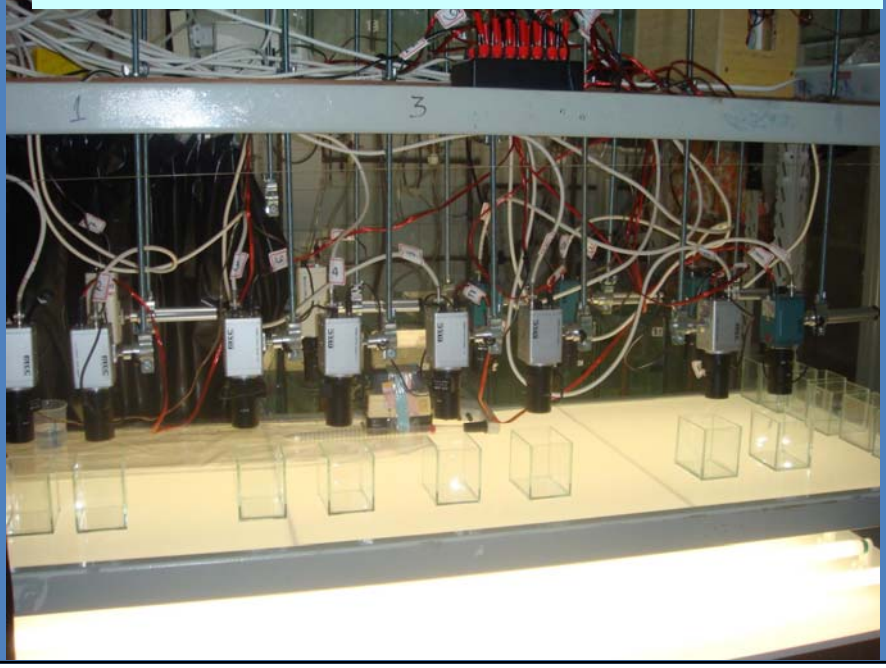
Área de Reação a presa x velocidade de natação



→Como quantificar Natação e interações predador-presa?
→Aquisição de videos digitais para análise comportamental

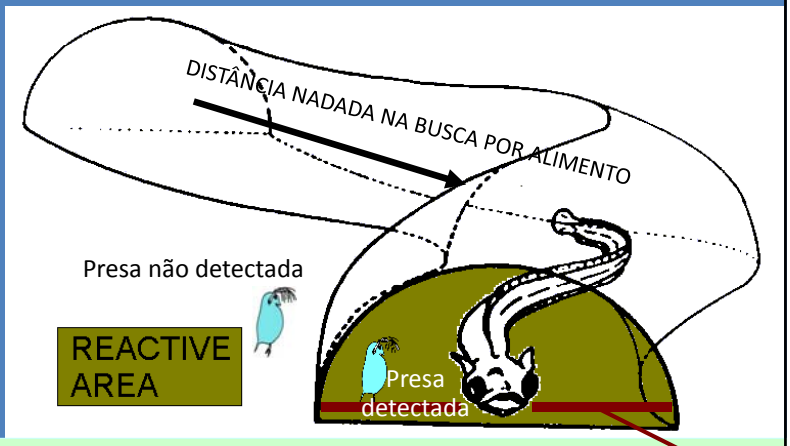


"Sistema de monitoramento com câmeras CFTV"



→ UMA QUESTÃO ECOLOGICAMENTE RELEVANTE

Contaminantes podem afetar habilidades natatórias e Sensoriais (visão, linha lateral, olfato) e afetar negativamente a capacidade de captura de presas?

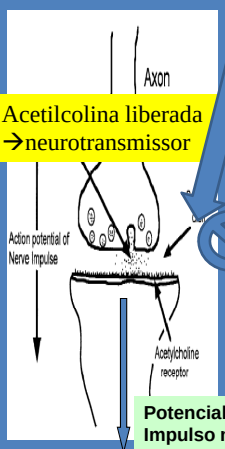


Campo visual baseado na acuidade visual e no tamanho da presa ou predador

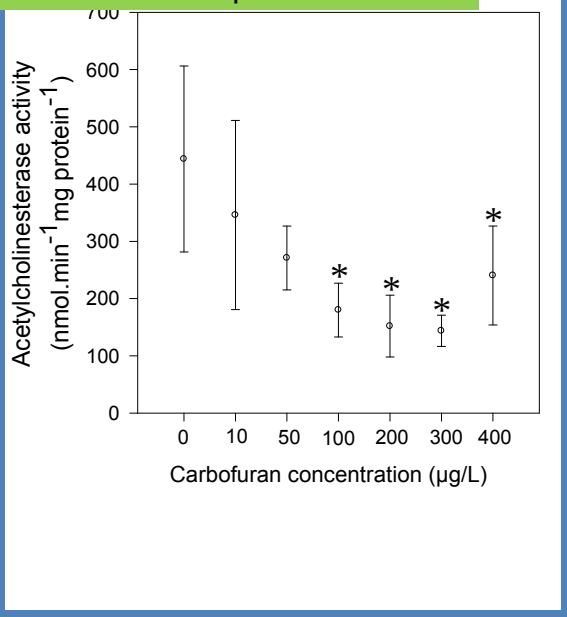
Biomarcador suborganísmico
→inibição da Colinesterase

Previsão de efeitos comportamentais ecologicamente relevantes ?

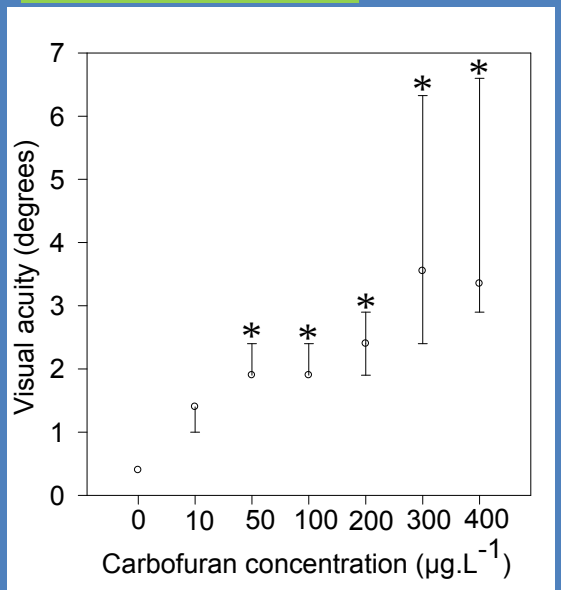
→Inibição da Atividade da Acetilcolinesterase por carbofuran em larvas de tilápia do nilo



Potencial de ação Impulso nervoso Gerado

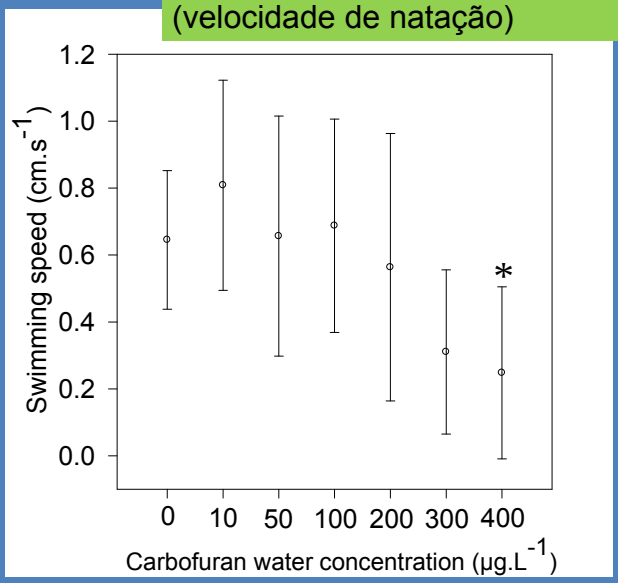


→ Acuidade visual

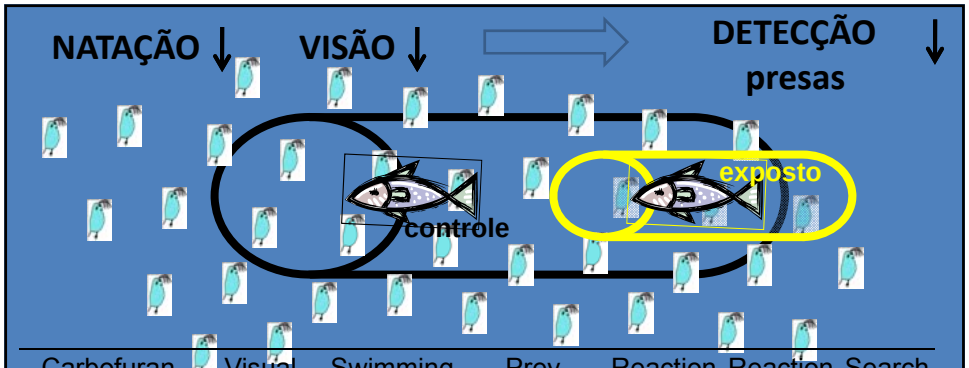


Effects of carbofuran exposure on tilapia *Oreochromis niloticus* larvae visual acuity (median, 25% and 75% quartiles)

→ Atividade natatória
(velocidade de natação)

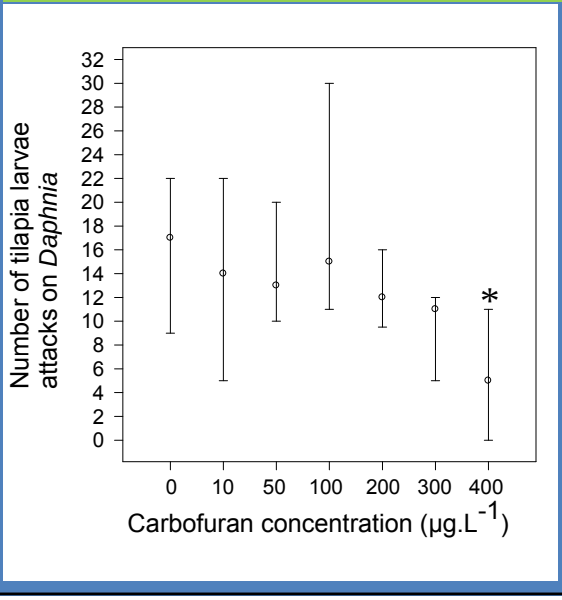


Effects of carbofuran exposure on tilapia *Oreochromis niloticus* larvae swimming speed (mean ± standard deviation).



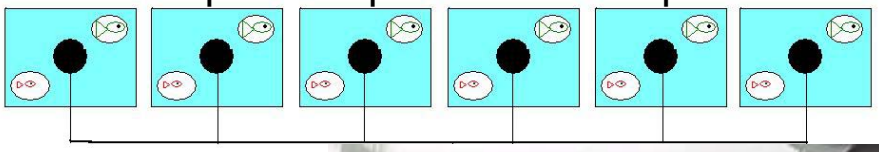
Carbofuran concentration (µg/L)	Visual Acuity (degrees)	Swimming speed (cm/s)	Prey total length (mm)	Reaction distance (cm)	Reaction area (cm^2)	Search volume (L/s)
Control	0.4	0.65	2.0	28.6	1718.9	1.109
10	1.3	0.81	2.0	8.9	165.3	0.134
50	2.1	0.66	2.0	5.6	65.4	0.043
100	2.1	0.69	2.0	5.6	65.4	0.045
200	2.6	0.56	2.0	4.4	41.3	0.023
300	4.7	0.31	2.0	2.5	12.7	0.004
400	4.5	0.25	2.0	2.5	13.3	0.003

→ Iniciativa para se alimentar
Número de ataques das tilapias expostas ao carbofuran em direção a presas modelo



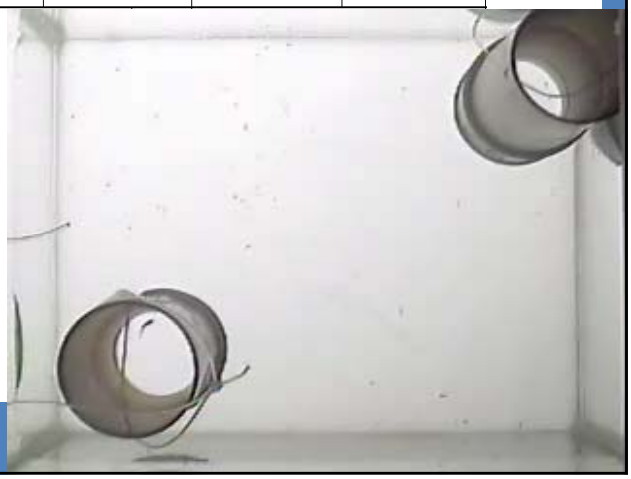
Teste de fuga de predador

1presa exposta Versus 1predador

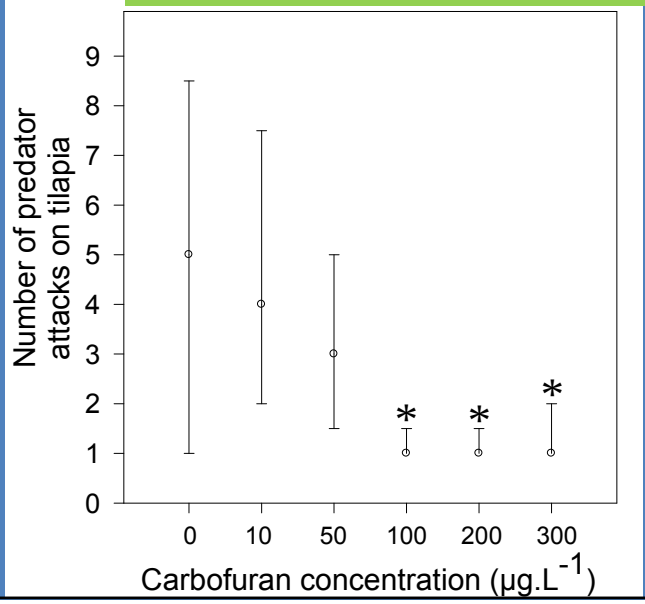


Arenas
Câmeras
Predador confinado no tubo de PVC
Larva confinada no tubo de PVC

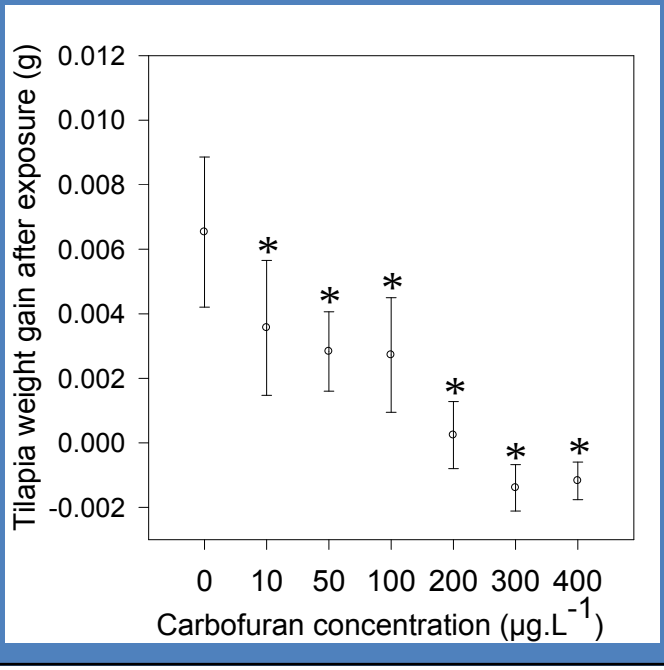
Número de ataques para capturar



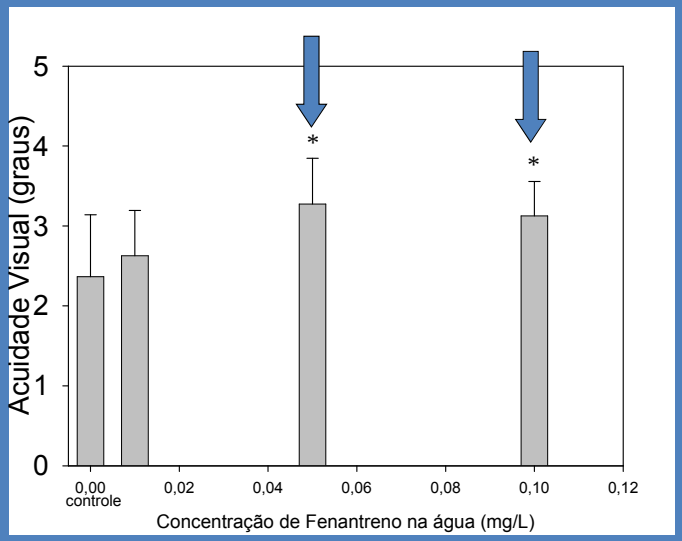
→ Habilidade de fugir do predador
Ataques do predador modelo necessarios para capturar uma tilapia exposta ao carbofuran



→ Incremento em peso (crescimento)



•**Efeitos do Fenantreno na acuidade visual do dourado *Salminus brasiliensis***



*: (Anova I, p=0,005; Dunnett's, p < 0,05)

Efeitos do Fenantreno na área de busca de presas

100 µg/L Phe
2.7 cm^2
57%

=

50 µg/L Phe
2.5 cm^2
52%

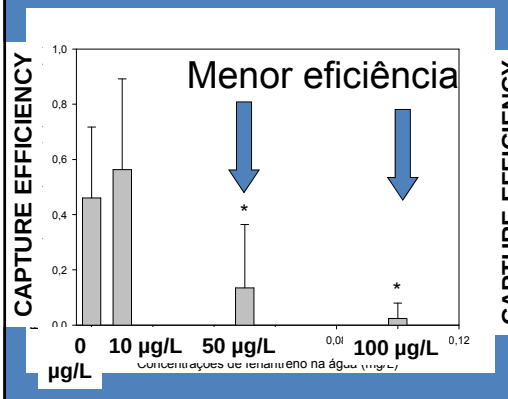
≠

Control
4.7 cm^2
100%

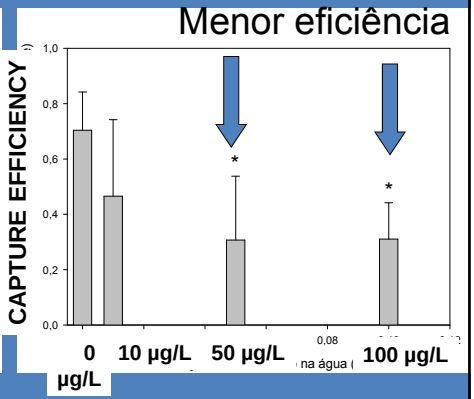
Previsão com base nos efeitos na acuidade: Peixes expostos a 100 e 50 µg/L Phe teriam menor chance de capturar presas

Efeitos do Fenantreno na eficiência de captura de presas

Stage I – 6 DAH



Stage II – 10 DAH

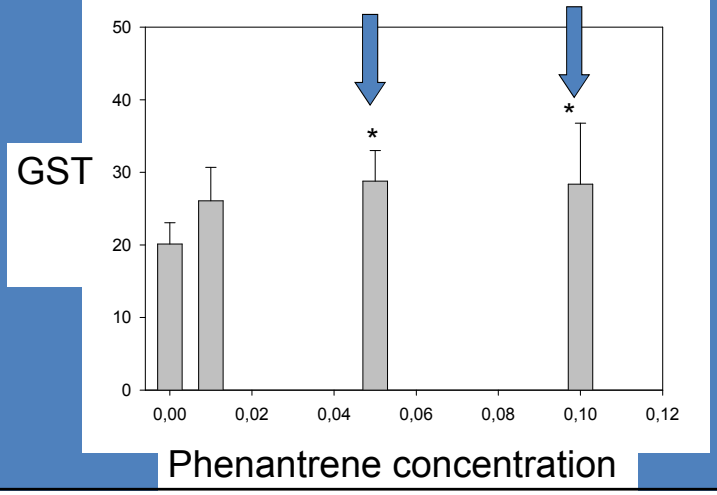


*:(Kruskal-Wallis, p<0,001; Dunn's, p < 0,05) *: (Anova I, p=0,001; Dunnett's, p < 0,05)

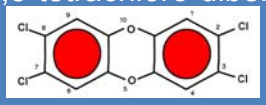
Previsão confirmada: Peixes expostos a 100 e 50 µg/L Phe têm menor chance de capturar presas

→Ocorre indução de GST em tratamentos em que acuidade visual e captura de presas é afetada
→GST pode ser usada numa modelagem para prever estes efeitos ecologicamente relevantes ?

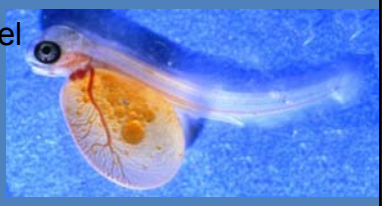
Atividade da Glutathiona S-transferase



2,3,7,8-tetrachloro-dibenzo-dioxin

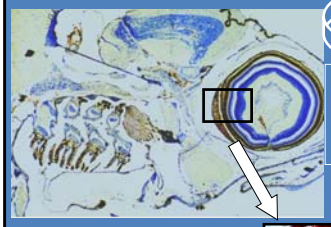


→ Exposição a nível **Letal**



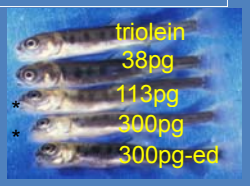
→ Exposição **subletal** (mais relevante)
Biomarcador suborganísmico
→indução da proteína/enzima CYP1A

Pode prever efeitos comportamentais ecologicamente relevantes ?



Déficit Visual (SIM)

Déficit na captura de presas (SIM)



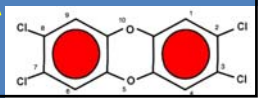
Vasculatura da coróide

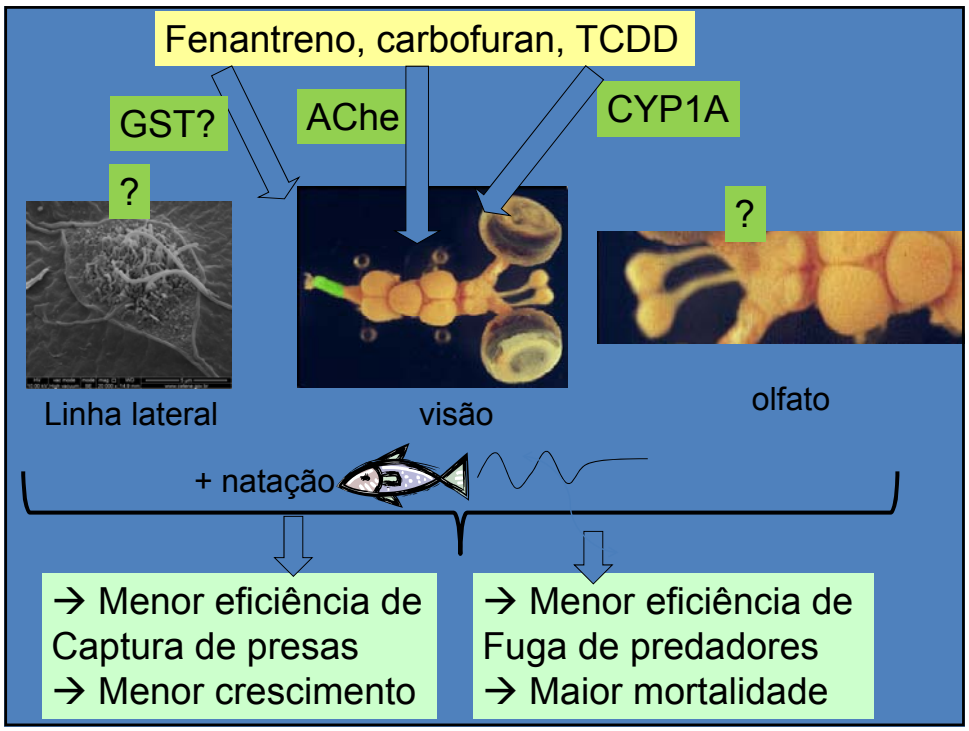
RETINA

Decréscimo de neurônios CGR (SIM)

Quais mecanismos de ação?

Indução CYP1A tecido da coróide SIM




Fenantreno, carbofuran, TCDD
GST?
AChe
CYP1A
?
?
Linha lateral
visão
olfato
+ natação
→ Menor eficiência de Captura de presas
→ Menor crescimento
→ Menor eficiência de Fuga de predadores
→ Maior mortalidade