

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

Alterações comportamentais em
Geophagus brasiliensis submetidos à ação
do herbicida glifosato.

Botucatu – SP
-2012

Erika Yuri Iguchi

Alterações comportamentais em *Geophagus brasiliensis* submetidos à ação do herbicida glifosato.

Monografia de Iniciação Científica
apresentada ao Instituto de
Biociências de Botucatu da
Universidade Estadual “Júlio de
Mesquita Filho”, para obtenção do
título de Bacharel em Ciências
Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Helton Carlos Delicio

**Botucatu - SP
2012**

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1. Comportamento agonístico.....	4
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1. Espécie estudada.....	5
2.2. Aclimatação.....	6
2.3. CL ₅₀	6
2.4. Interações agonísticas.....	7
2.5. Análise estatística.....	8
3. RESULTADO.....	8
3.1. CL ₅₀	8
3.2. Interações agonísticas.....	9
4. DISCUSSÃO.....	12
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO

DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: **ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE**

Iguchi, Erika Yuri.

Alterações comportamentais em *Geophagus brasiliensis* submetidos a ação do herbicida glifosato / Erika Yuri Iguchi. – Botucatu : [s.n.], 2012

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Helton Carlos Delicio

Capes: 20704003

1. Acará (Peixe). 2. Peixe - Comportamento. 3. Herbicidas. 4. Peixe – Pesquisa. 5. Comportamento animal.

Palavras-chave: *Geophagus brasiliensis*; Glifosato; Interações agonísticas.

Resumo

Os herbicidas a base de glifosato, como a formulação comercial Roundup®, tem sido amplamente utilizado para o controle de ervas daninhas na agricultura brasileira. O uso desses herbicidas podem resultar no rompimento do equilíbrio ecológico, podendo causar danos a organismos não- alvo, como os peixes. Para testar se o glifosato altera comportamento de peixes, utilizamos o *Geophagus brasiliensis*, nativo de várias regiões do Brasil, espécie territorialista e que se utiliza de confrontos agonísticos para estabelecer hierarquia de dominância.

Neste estudo, encontramos o valor da concentração letal capaz de promover a morte de 50% da população em 96 horas ($CL_{50,96h} = 1,8 \text{ mgL}^{-1}$). No entanto, nos testes de interações agonísticas foi utilizado uma dosagem subletal de $0,72 \text{ mgL}^{-1}$, afim de avaliar possíveis alterações na agressividade de *Geophagus brasiliensis*.

Testamos o efeito de glifosato em um grupo experimental, e um grupo controle com peixes que não foram expostos ao herbicida glifosato. Um etograma foi elaborado para quantificar as interações agonísticas.

Ao comparar os dois tratamentos, foi possível observar um aumento no número de interações agonísticas no grupo exposto ao glifosato em relação ao grupo controle. No pareamento entre peixes tratados versus peixes não tratados, a média de interações foi maior para o peixe não tratado (controle) e a latência para os confrontos desse grupo foi menor, indicando que a exposição ao herbicida Roundup® promove, possivelmente, alterações físicas e/ou químicas nos animais e esses sinalizam de alguma forma para o seu oponente.

Palavra-chave: *Geophagus brasiliensis*; Glifosato; Interações agonísticas.

1. Introdução

O atual sistema de produção agrícola é baseado na utilização de variedades vegetais geneticamente melhoradas, muito exigentes em fertilizantes químicos de alta solubilidade, no uso de máquinas e irrigação e no emprego sistemático de agrotóxicos para o controle de pragas. Este último tem sido amplamente utilizado no Brasil, em todos os setores da agricultura, pois contribuem para a maior produtividade e rendimento nas lavouras (Moragas, 2003). A FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação) apontou o Brasil como um dos países que mais excedem na aplicação de agrotóxicos nas lavouras (BRASIL, 1998).

Segundo Zambrone (1986), agrotóxicos são “substâncias químicas, naturais ou sintéticas, destinadas a matar, controlar ou combater de algum modo às pragas, no sentido mais amplo: tudo aquilo que ataca, lesa ou transmite enfermidades às plantas, aos animais e ao homem”.

Entre os agrotóxicos utilizados em larga escala, destaca-se o glifosato, quimicamente conhecido como sal de isopropilamina de N-(fosfonometil)-glicina (Rodrigues e Almeida, 1998), utilizado como herbicida pela primeira vez em 1970, por pesquisadores da Companhia Monsanto. É um herbicida não seletivo que age pela inibição na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos essenciais, fenilalanina, tirosina e triptofano, os quais são precursores de outros produtos, como lignina, alcaloides, flavonoides e ácidos benzoicos (Williams et al., 2000). Em 1974 a formulação do Roundup®, produto utilizado neste trabalho, foi modificada a fim de aumentar a sua eficiência através da adição do POEA (polioxietilenoamino), um surfactante não iônico que aumenta o poder de penetração do herbicida pela cutícula da planta (Brausch e Smith, 2007) e é considerado mais tóxico que o glifosato puro (Tsui e Chu, 2003).

Em diversos tipos de cultivo, glifosato costuma ser pulverizado sendo, em geral, absorvido na planta através de suas folhas e dos caulículos novos. O herbicida é, então, transportado por toda a planta, agindo nos vários sistemas enzimáticos e inibindo o metabolismo de aminoácidos. As plantas tratadas com glifosato morrem lentamente, em poucos dias ou semanas e, devido ao transporte por todo o sistema, nenhuma parte da planta sobrevive (Amarante et al., 2002).

O glifosato é indicado no controle de ervas daninhas anuais e perenes, monocotiledôneas ou dicotiledôneas, em culturas de arroz irrigado, cana-de-açúcar, café, citros, maçã, milho, pastagens, soja (plantio direto ou indireto), fumo e uva. Também é indicado para as culturas de banana, cacau, pêra, nectarina, pêssego, seringueira e plantio direto do algodão. Ele ainda pode ser aplicado na água para o controle de ervas aquáticas (Amarante et al., 2002).

O uso indiscriminado do Roundup® nos cultivos pode causar problemas ambientais com impacto negativo sobre a vida selvagem. Embora a aplicação desse agrotóxico esta concentrada em áreas terrestres, ele pode atingir o ambiente aquático por deriva, escoamento, drenagem e/ou lixiviação (Cerejeira, 2003) resultando num sério problema de envenenamento para peixes e outras formas de vida aquática, além de causar efeitos ambientais a longo prazo.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO, 1994), o glifosato é considerado pouco tóxico para espécies aquáticas e com baixo potencial bioacumulativo. Entretanto, estudos recentes mostram efeitos potencialmente negativos do Roundup® e seus componentes, glifosato e POEA, em peixes (Lushchaket al., 2009). Por exemplo, a exposição ao Roundup® induz alterações histológicas nas brânquias, no fígado e nos rins em tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus* (Jiraungkoorskul et al., 2002). Em espécies neotropicais, *Leporinus obtusidens* e *Rhamdia quelen* expostos ao Roundup®, houve inibição da atividade da acetilcolinesterase no cérebro induzindo alterações metabólicas (Gluszcak et al., 2006, 2007). Em *Prochilodus lineatus*, Roundup® induziu danos genotóxicos em eritrócitos e células branquiais (Cavalcante et al., 2008). Çavas e Könen (2007) descobriram que *Carassius auratus* expostos ao herbicida apresentam um aumento dose-dependente da frequência de micronúcleos, anormalidades nucleares e quebra do DNA. Dependendo de sua concentração, Roundup® induz comportamento de preferência ou evitação em *rainbow trout* (Tierney et al., 2007).

Considerando que o Roundup® é um dos herbicidas mais utilizados no Brasil, os peixes vivem em constante risco de contaminação e podem ser expostos a doses cumulativas do herbicida, pois diferentes cultivos na mesma região usam o herbicida em tempos diferentes, submetendo os rios a essa contaminação mais de uma vez.

O estudo visa contribuir para o entendimento da toxicidade do herbicida glifosato em uma espécie nativa do Brasil.

Os objetivos desse estudo foram determinar a concentração letal (CL₅₀) do glifosato e investigar possíveis efeitos à exposição ao Roundup® no comportamento agonístico em *Geophagus brasiliensis*.

1.1. Comportamento agonístico

A importância do comportamento agonístico é evidente nas espécies de peixes da família Cichlidae cuja organização social é baseada na hierarquia de dominância e territorialidade (Baerends e Baerends Van Roon, 1950). A dominância é um tipo de organização social caracterizada pela definição, dentro do grupo, do dominante e submisso, sendo que o dominante possui prioridade de acesso a recursos limitados, como alimento, parceiros para acasalamento, abrigo e território (Ridley, 1995). Esse sistema é estabelecido por meio de interações agressivas e ocorre em vários grupos animais (Huntingford e Turner, 1987; Ridley, 1995). Após o estabelecimento da hierarquia de dominância, as interações agonísticas são reduzidas, prevalecendo exibições de baixa intensidade de agressividade e baixo custo energético (Haller e Wittemberger, 1988; Chellapa et al., 1989; Johnsson et al., 2000).

Neste tipo de organização social, é importante o reconhecimento da posição entre os indivíduos. Em peixes, a posição social pode ser exibida por sinalizações, tais como diferenças na coloração do corpo (Keenleyside e Yamamoto 1962; O'Connor et al., 1999), cor dos olhos (Volpato et al., 2003), comunicação química (Giaquinto e Volpato, 1997; Almeida et al., 2005; Gonçalves-de-Freitas et al., 2008) e som (Amorim et al., 2003).

O desenvolvimento da interação agonística depende da associação entre o estado interno do indivíduo e os estímulos externos que atuam sobre ele (Huntingford, 1991). Assim, em peixes, os fatores que podem afetar a agressividade são: o isolamento social (Gómez-Laplaza & Morgan 2000), o tamanho do grupo (Andries & Nelissen, 1990; Haller, 1992; Quinn et al., 1996), a fase reprodutiva (Holder et al., 1991; Yamamoto et al., 1999; Jaroensutasinee & Jaroensutasinee, 2003), os níveis hormonais (Villars, 1983; Munro & Pitcher, 1985; Pitcher, 1993; Øverli et al., 2002; Summers & Wiberg, 2006; Trainor & Hofman, 2006), a experiência social prévia (Nelissen & Andries, 1988), o sexo do animal (Balshine-Earn & Lotem, 1998; Carvalho & Gonçalves-de-Freitas, 2008) e as condições abióticas (Adams et al., 1998; Nicieza & Metcalfe, 1999; Sloman et al., 2001).

De acordo com Lehner (1996), a formação e a estabilidade hierárquica são influenciadas por diversos fatores, podendo variar dependendo da espécie e das condições as

quais os animais são submetidos. Dentre os fatores ambientais que podem modificar o comportamento agressivo estão a disponibilidade de refúgios (Fischer & Ohl, 2005), variações estruturais do ambiente (Hofmann et al., 1999; Blanchet et al., 2006), o fluxo e o nível de água (Sloman et al., 2001; Sloman et al., 2002; Teresa, 2005), a temperatura (Olla et al., 1978; Fitzgerald et al., 1986), a luminosidade (Sakakura e Tsukamoto, 1997), a turbulência (Sneddon, et al., 2006) e, a concentração de oxigênio (Sneddon e Yerbury, 2004) e de poluentes (Sloman et al., 2003; Scott e Sloman, 2004).

Portanto, alterações na qualidade da água provocada por poluentes (herbicidas, por exemplo) podem exercer efeito sobre a agressividade e, conseqüentemente, aumentar o desafio entre os oponentes. Assim, esse estudo visa determinar se o herbicida glifosato promove alterações na agressividade e no estabelecimento hierárquico em *Geophagus brasiliensis*.

2. Materiais e Métodos

2.1. Espécie estudada

Geophagus brasiliensis (Quoy e Gaimard, 1824), popularmente conhecido como “acará” pertence à família Cichlidae e possui ampla distribuição da Bacia Amazônica até o Rio da Prata (Fowler, 1950; Axelrod e Schultz, 1955), é um habitante natural de ambientes lênticos como lagos e reservatórios, lagoas (Assumpção et al., 2005), lagoas de planície de inundação (Meschiatti, 1995), riachos (Sabino e Castro, 1990; Agostinho e Júlio Jr., 1999) e rios (Barrella et al., 1994; Uieda, 1995). Nestes ambientes ocupa predominantemente regiões remansosas, apresentando atividade diurna e orientação visual (Sabino e Castro, 1990). *G. brasiliensis* apresenta hábito alimentar detritívoro-iliófago (Meschiatti, 1995) ou onívoro (Sabino e Castro, 1990), comendo uma ampla variedade de alimentos no fundo, os quais são triturados em sua boca protáctil.

De acordo com Garcia (2000), o *Geophagus brasiliensis* é um peixe pacífico e territorialista, atingindo comprimento máximo de 25 cm. Na época de reprodução, o casal faz um ninho limpando uma área no fundo arenoso e o defende contra intrusos, podendo também desovar em grutas ou pedras. Tanto o macho como a fêmea toma conta dos filhotes, recolhendo-os em sua cavidade bucal. O Acará é de natureza plástica e flexível e por este motivo é uma das poucas espécies que se adaptam muito bem as condições de reservatórios.

2.2. Aclimação

Geophagus brasiliensis de ambos os sexos foram coletados em uma lagoa do clube de campo da Duratex – Unidade Botucatu-SP. Esta lagoa é alimentada pelo Rio das Bicas, afluente do Rio Pardo e pertencente à Bacia do Paranapanema.

Após a coleta, os peixes foram transportados até o biotério de peixes do Departamento de Fisiologia e aclimatados durante 30 dias em tanques plásticos de 500 litros com aeração contínua e com fotoperíodo natural (12h de luz e 12h de escuro). Posteriormente, os peixes foram selecionados por proximidade de tamanho e peso e transferidos para o laboratório de Fisiologia Digestória e Comportamento em Peixes e acondicionados em aquários de vidro com capacidade de 23 litros (40 x 23 x 25 cm) durante 15 dias antes de serem utilizados nos experimentos.

Os parâmetros físico-químicos de qualidade da água durante o período de aclimação e experimentação foram: temperatura $22 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$, pH $7,4 \pm 0,2$, OD $6.8 \pm 1.3 \text{ mg L}^{-1}$, amônia $0.009 \pm 0.004 \text{ mg L}^{-1}$, nitrito 0.02 ± 0.01 , e nitrato 0.63 mg L^{-1} . Durante o período de aclimação os peixes foram alimentados diariamente com pellets comercial (nível de proteína) e as fezes e resíduos sólidos foram removidos por sucção a cada 72h. Durante os testes experimentais, os animais não foram alimentados e não houve renovação da água.

O herbicida utilizado nos experimentos foi o produto comercial Roundup® (360g de glifosato L ou 41% de glifosato, Monsanto do Brasil LTDA).

Para cada experimento foram utilizados diferentes grupos de animais.

2.3. CL₅₀

Após o período de aclimação os peixes foram submetidos a testes de toxicidade aguda e concentração letal (CL₅₀) para o glifosato. O experimento foi composto por nove grupos com seis indivíduos cada e, a quantidade de glifosato aplicado variou de 0,01 ml a 0,27 ml (0,01; 0,03; 0,09; 0,10; 0,12; 0,14; 0,20; 0,27) e um grupo controle, sem o uso de glifosato. Os peixes foram observados em intervalos de 12h, por 96h.

A CL₅₀ em 96h foi calculada com base nos dados de mortalidade, registrados a cada 12h, utilizando-se a análise de regressão- Probit. A quantidade média de glifosato utilizado para matar 50% da população teste em 96 horas foi de $0,103 \pm 0,0418 \text{ ml}$, ou seja, uma concentração de $1,8 \text{ mg L}^{-1}$ de glifosato.

"Alterações comportamentais em *Geophagus brasiliensis* submetidos a ação do herbicida glifosato" Iguchi, E. Y., Delicio, H.C. 2012.

Considerando que a taxa de concentração utilizada na agricultura varia de 0,36 a 2,16 mg L⁻¹ (Rodrigues e Almeida 1998), optamos por utilizar uma dose subletal 60% do valor médio do CL₅₀, ou seja 0,04 ml do produto original ou uma concentração de 0,72 mg L⁻¹ para os estudos de comportamento agressivo.

2.4. Interações agonísticas

Foram utilizados 36 animais (peso: 11,37 ± 3,19 g; comprimento: 7,12 ± 0,64 cm), metade dos animais foi exposto somente à água, sem o contaminante, enquanto a outra metade foi exposta a dosagem de 0,72 mgL⁻¹ do herbicida durante 120 horas.

Os animais foram distribuídos em dois grupos experimentais: Grupo 1 (n=24) peixes glifosato x controle (marcado), Grupo 2 (n=12) peixes controle x controle (marcado). A marcação foi feita através de um pequeno corte na nadadeira caudal do peixe para diferenciação dos animais durante o confronto.

Peixes que apresentavam tamanhos e pesos aproximados foram selecionados e pareados em um aquário neutro com água desclorificada e aeração constante. Os peixes permaneciam nesta situação de pareamento por 30 minutos, sendo os 10 minutos iniciais para adaptação ao novo ambiente e os 20 minutos seguintes para observação dos confrontos agonísticos. Em seguida os animais retornavam aos seus respectivos aquários.

Esse procedimento foi repetido por cinco dias consecutivos sempre no mesmo horário, visando determinar o estabelecimento da hierarquia de dominância.

As interações agonísticas foram quantificadas baseado no etograma descrito por Teresa & Gonçalves-de-Freitas (2003). Os critérios adotados para descrever os níveis de agressividade foram: ameaça (o peixe se aproxima lateralmente de outro e abre a boca sem encostá-la no corpo do oponente); confronto frontal (dois peixes justapõem suas mandíbulas e um dele empurra o outro, ou ambos empurram mutuamente); confronto lateral (o peixe abre a boca e percute com ela o corpo do oponente, fechando-a no momento do contato, pode ocorrer nas laterais medianas do corpo, no ventre, no dorso, mas nadadeiras ou cabeça do peixe agredido); confronto paralelo (dois peixes ficam lado a lado com as cabeças voltadas no mesmo sentido ou em sentido oposto, ondulando o corpo vigorosamente) e perseguição (o peixe segue o oponente enquanto este foge)

A partir disso, foram registrados o número de confrontos totais emitidos e a média de confrontos ao longo dos cinco dias, a latência dos confrontos entre os pares e, o índice de dominância. A hierarquia será definida pelo Índice de Dominância (ID= número de ataques emitidos/número total de ataques no grupo), previamente utilizado por Gomez-LaPlaza e Morgan (1993), Oliveira e Almada (1996) e Bailey et al. (2000). ID varia de 0 a 1,0 é esperado que o ID dos dominantes seja superior ao ID dos subordinados.

As observações foram feitas através do método focal contínuo e a frequência de ocorrências dos comportamentos foi registrada utilizando-se folhas de registro elaboradas para este teste. O registro da duração dos comportamentos observados foi realizado utilizando-se cronômetro.

2.5. Análise estatística

Programa SigmaStat foi utilizado para fazer a análise estatística. Para todos os parâmetros analisados, as diferenças entre o grupo controle e experimental foi analisado pelo teste t –Students ou Mann- Whitney, dependendo da distribuição dos dados e da homogeneidade das variações. Valor de $p < 0,05$ foi considerado significativo.

3. Resultados

3.1. CL₅₀

As características físicas e químicas da água durante os testes de toxicidade (96h) não diferiram significativamente daquelas do período de aclimação. A concentração do herbicida glifosato (Roundup®) capaz de promover a morte de 50% da população de *Geophagus brasiliensis* em 96 horas foi de 1,8 mg L⁻¹. Quando expostos a valores de 0,12 ml a 0,27 ml de glifosato, os peixes tornaram-se mais agitados, apresentaram uma coloração mais escura e observou-se subida frequente dos animais para a superfície da água.

Visando mimetizar as condições do meio ambiente em relação à aplicação do glifosato na agricultura, optamos por utilizar uma dosagem subletal do herbicida, equivalente a 60% do valor obtido na CL₅₀, ou seja, 0,72 mg L⁻¹ ou 0,04 ml do produto original. Essa dosagem esta dentro da faixa de concentração utilizada na agricultura que varia de 0,36 a 2,16 mg L⁻¹, segundo Rodrigues e Almeida (1998).

3.2. Interações agonísticas

A partir dos registros elaborados para quantificar as interações agonísticas, foi possível contabilizar o valor total dessas interações. A soma dos confrontos entre o pareamento do Grupo 1, que compreende os animais tratados com glifosato versus não tratados (controle), foi de 1847 interações contra apenas 467 entre o pareamento do Grupo 2, controle versus controle (Figura 1).

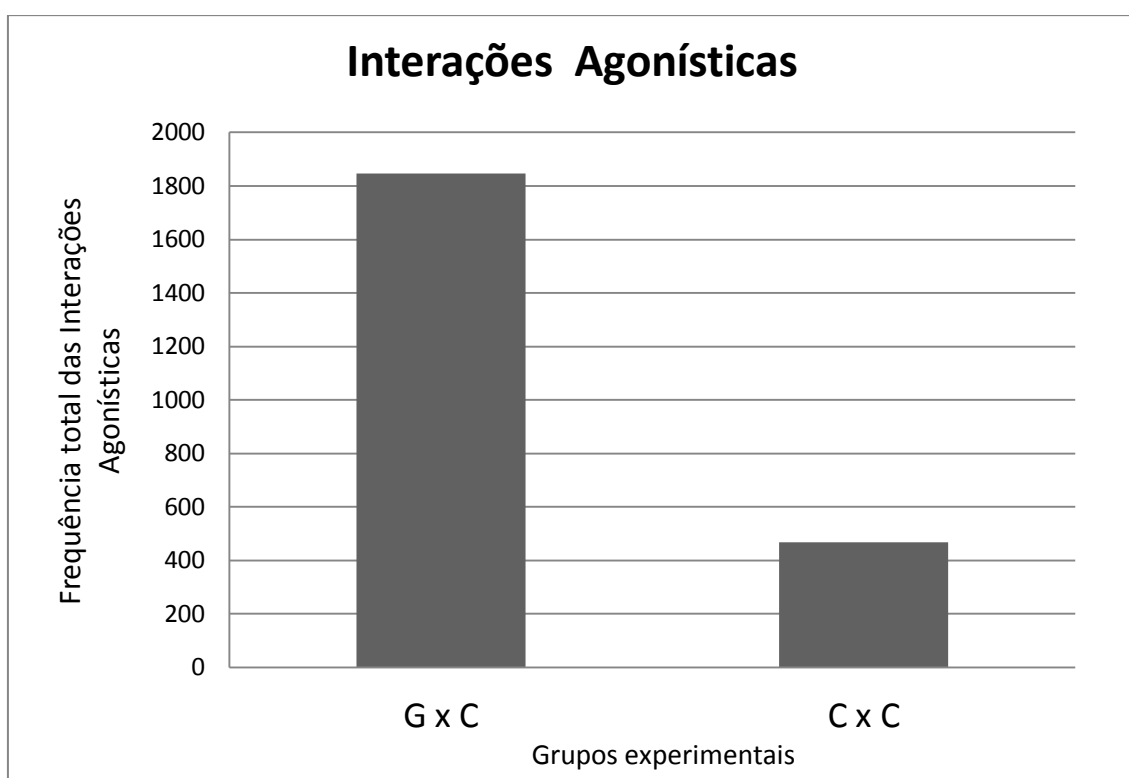


Figura 1- Frequência total de interações agonísticas para o Grupo 1, pareamento entre peixe tratado com glifosato (G) versus peixe não tratado (C - controle), sem o herbicida, e para o Grupo 2, pareamento entre peixe não tratado (C - controle) versus não tratado (C -controle).

A média de confrontos totais emitidos foi analisada para cada grupo individualmente. No Grupo 1, a média do número de total de interações agonísticas emitidas pelos animais tratados com o herbicida foi de 11,78 e seu oponente (controle), obteve uma média de 21,8 sendo essa diferença significativa de acordo com o teste T independente ($p= 0,0323$) . Já no

Grupo 2, não diferem entre si ($p= 0,1761$), obtivemos uma média de 6,33 e 9,33, respectivamente (Figura 2).

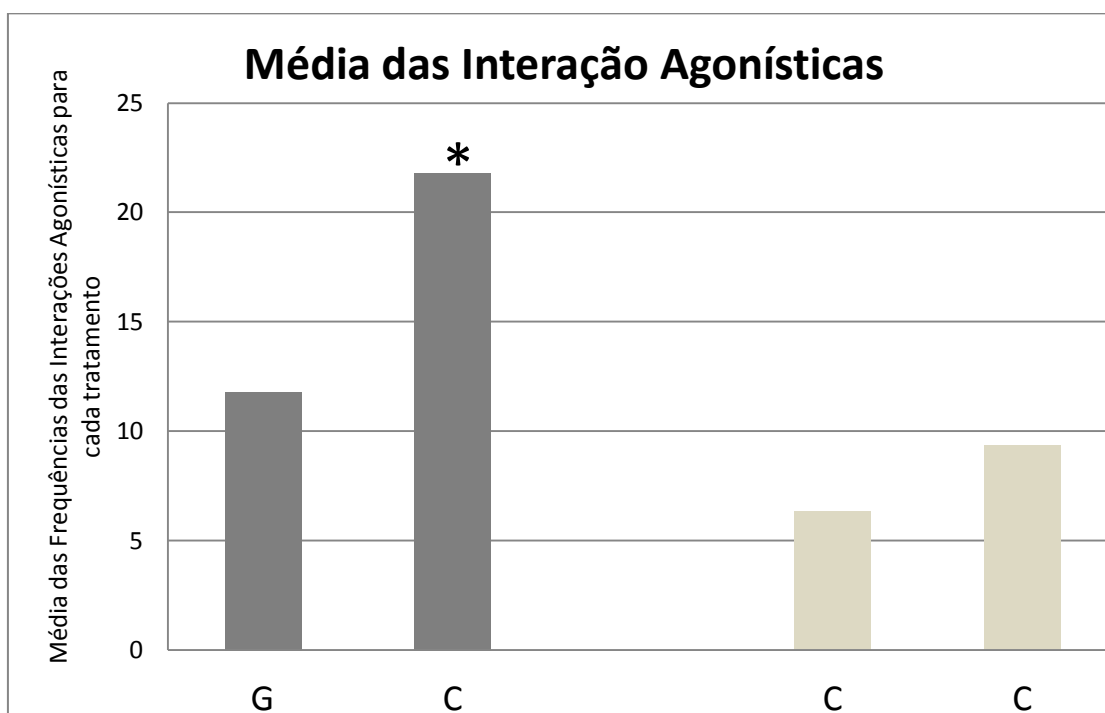


Figura 2- Média das frequências das interações agonísticas para cada tratamento. (G – glifosato, C – controle). (*) indica diferença significativa entre G X C ($p<0,05$).

Também foi analisado o número de interações agonísticas por dia (Tabela 1), a mediana de interações ao longo dos cinco dias é visivelmente maior para o pareamento do Grupo 1 (G X C). Porém só foi possível determinar diferença significativa no quarto dia de observação através do teste não paramétrico - Mann-Whitney ($p<0,0279$).

Tabela 1- Mediana de confrontos agonísticos ao longo do tempo.

	G x C	C x C	
1º dia	14.00	19.00	$p= 0,50$ NS
2º dia	23.00	8.00	$p= 0,0745$ NS
3º dia	16.00	5.00	$p= 0,2565$ NS
4º dia	24.00	2.500	$p= 0,0279$ *
5º dia	12.00	15.00	$p= 0,3075$ NS

(*) diferença estatisticamente significativa.

A hierarquia foi definida pelo Índice de Dominância (Gomez-LaPlaza e Morgan, 1993; Oliveira e Almada, 1996 e Bailey et al., 2000), obtida pela relação do número de ataques emitidos/ número total de ataques no grupo. O ID varia de 0 a 1,0, sendo que os valores próximos a 1,0 denominam alta estabilidade e valores próximo a zero baixa estabilidade. O ID do Grupo 1 e do Grupo 2 são, respectivamente, de 0,925 e 0,787.

A latência para os confrontos foi maior para o Grupo 2, onde o pareamento foi entre controle versus controle, 360 segundos. A latência do Grupo 1 foi de 165 segundos, com diferença significativa entre os grupos pelo teste Mann-Whitney $p < 0,05$ ($p = 0,0469$) (Figura 3).

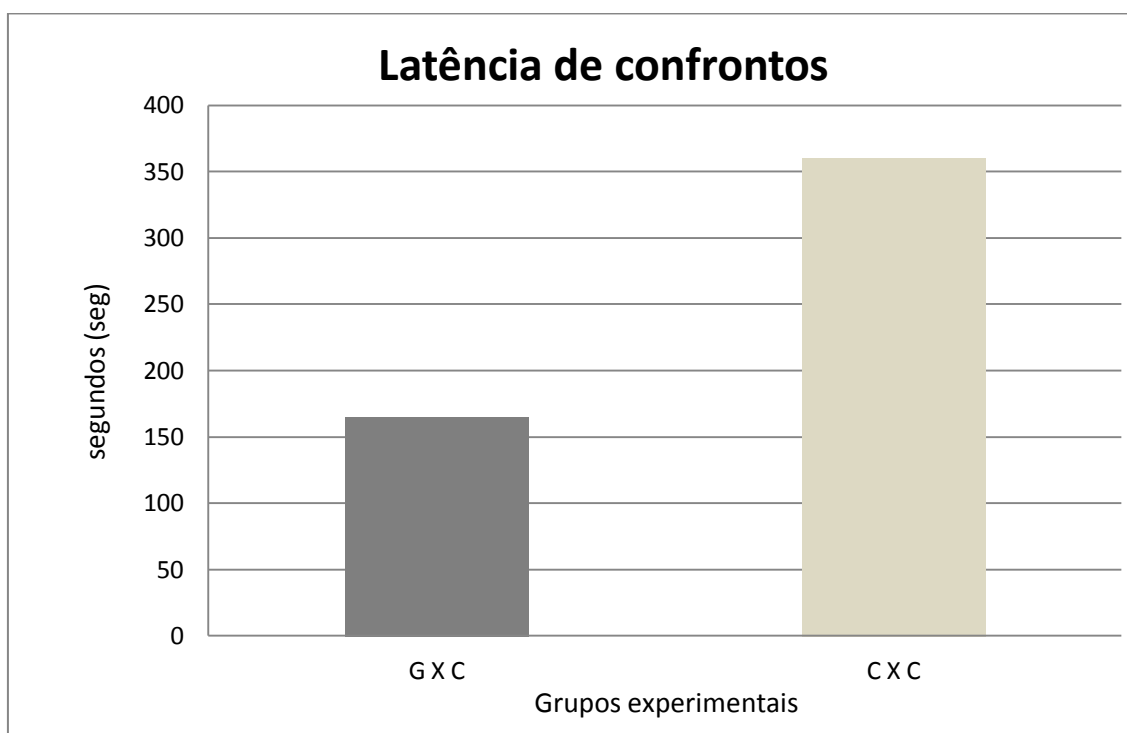


Figura 3- Latência dos confrontos agonísticos medida em segundos (seg).

4. Discussão

O uso indiscriminado de agrotóxicos se expande em todos os setores da agricultura, pois contribuem para a maior produtividade das lavouras. Entretanto, podem poluir o ambiente aquático à medida que partes dos resíduos da lavoura podem atingir os cursos hídricos. De acordo com Giesy et al. (2000), os valores nos intervalos de 0,27-0,41 e 0,34-0,68 mg L⁻¹ de Roundup®, são as concentrações máximas que poderão ser encontradas na água provenientes da aplicação terrestre ou direta.

O problema é que as moléculas dessas substâncias químicas têm grande probabilidade de contaminar os recursos hídricos, graças as características como alto potencial de deslocamento no perfil do solo (lixiviação), elevada persistência no solo, moderada solubilidade em água e adsorção moderada à matéria orgânica presente no solo (Moura, 2008). Ainda, os herbicidas também podem ser intencionalmente adicionados à água, para o combate das plantas aquáticas. Nos estudos de seu impacto sobre os recursos hídricos, já se sabe que várias formulações podem causar queda da qualidade da água utilizada em abastecimento público, dessedentação animal e irrigação, assim como alterações comportamentais e metabólicas profundas nos peixes, principalmente nos primeiros estágios de desenvolvimento (Moura, 2008).

A concentração do herbicida que chega ao ambiente aquático é menor do que na terra, pois esta sofre aplicação direta do produto, no entanto, devemos levar em conta que os rios podem receber mais de uma “aplicação” devido à presença de diferentes cultivos ao longo do seu curso.

Estudos dizem que o glifosato não se acumula em animais terrestres e aquáticos, sendo largamente utilizado ao redor do mundo devido a sua alta eficiência, baixo custo, e também por ser considerado não tóxico e facilmente degradado no meio ambiente (Giesy, 2000).

Dependendo da formulação, a classificação toxicológica do glifosato varia de II (altamente tóxico) a IV (pouco tóxico). Ao testarmos a concentração letal do herbicida para *Geophagus brasiliensis*, encontramos o valor de 1,8 mg L⁻¹, portanto podemos supor que essa espécie é sensível a exposição ao glifosato se considerarmos os valores encontrados para outras espécies como, *Cyprinus carpio* (CL_{50,96h} = 620 mg L⁻¹)(Neskovic et al., 1996), *Oreochromis niloticus* (CL_{50,96h} = 16,8 mg L⁻¹)(Jiraungkoorskul et al., 2002), *Leporinus*

“Alterações comportamentais em *Geophagus brasiliensis* submetidos a ação do herbicida glifosato” Iguchi, E. Y., Delicio, H.C. 2012.

macrocephalus ($CL_{50,96h} = 15,2 \text{ mg L}^{-1}$) (Albinati et al., 2007), *Prochilodus lineatus* ($CL_{50,96h} = 13,7 \text{ mg L}^{-1}$) (Langiano e Martinez, 2008). Ou seja, a contaminação dos rios pelo glifosato pode afetar as espécies de peixes de diferentes maneiras.

A maioria dos estudos sobre o efeito da exposição de peixes ao glifosato abordam os aspectos bioquímicos, morfológicos e/ou fisiológicos, existem poucos estudos relacionados a avaliação das alterações comportamentais, como o comportamento agonístico, em peixes nativos expostos a contaminantes químicos.

Estudos indicam que a frequência de interações agonísticas é maior quando os animais apresentam o mesmo tamanho (Boscolo, 2011). Beeching (1992), por exemplo, mostrou que o ciclídeo *Astronotus ocellatus* pode avaliar visualmente o tamanho do corpo em relação a um “manequim” e que os ataques se iniciaram rapidamente e foram mais intensos quando o “manequim” era de tamanho semelhante. Todos os peixes submetidos ao pareamento apresentavam tamanho e peso semelhante, tanto no Grupo 1 como no Grupo 2, portanto é de se esperar que o número de interações agonísticas seja alto para os dois grupos.

No entanto, foi observado que a soma dos confrontos pelo Grupo 1 (glifosato x controle) foi 4 vezes maior que no Grupo 2 (controle x controle) e a média de confrontos entre os oponentes emitidos pelo Grupo 1 também foi maior que a do Grupo 2, com diferença significativa.

É possível observar diferenças nos confrontos no Grupo 1 em relação ao Grupo 2. Com isso, podemos supor que a exposição a uma dosagem subletal ao glifosato deve promover alguma alteração física muscular (locomção), sistema nervoso (coloração) ou químico (hormônios) nos peixes, sendo essa alteração detectável ao seu oponente.

Gluszczak et al. (2007) reportou que *R. quelen* mostrou uma redução significativa da atividade de AChE após a exposição ao Roundup®. A atividade da AChE é muito importante para muitas funções nos peixes, como: deslocamento em direção a presa, escape de predador e orientação em direção ao alimento. Quando a atividade dessa enzima é reduzida, a acetilcolina (ACh) não é quebrada e acumula-se dentro da fenda sináptica, levando a uma super-estimulação das células-alvo. Como consequência, esses distúrbios podem afetar a locomoção e equilíbrio dos organismos expostos (Saglio et al., 1998, Saglio e Trjasse, 1998).

Em outro estudo, Gluszczak (2006) revelou que o tecido muscular de *L. obtusidens* exposto ao glifosato, sofreu redução do glicogênio e glicose e, aumento nos níveis de proteína e

lactato. A diminuição de glicogênio muscular pode indicar que o estresse causado pelo herbicida é acompanhado pela rápida degradação de glicogênio muscular. Salbego (2010) verificou também uma degradação nos níveis de glicogênio hepático e atribui esta diminuição ao estresse causado pelo herbicida glifosato.

A elevação do lactato tanto hepático como muscular indicam distúrbios metabólicos e uma resposta clara contra a depleção energética. Outra alteração que pode ser observada em decorrência do uso de glifosato em peixes são mudanças nos níveis de secreção de cortisol, no qual verifica-se um decréscimo nos níveis de cortisol em 96 horas (Cericato et al., 2008), nenhuma alteração após a exposição (Soso et al., 2007, Langiano and Martinez, 2008).

Estas alterações metabólicas em peixes quando expostos ao herbicida glifosato podem levar a uma alta demanda energética e um catabolismo proteico, o que pode comprometer sua resposta comportamental frente ao ambiente hostil.

O presente estudo mostra claramente os efeitos danosos do herbicida glifosato sobre os parâmetros comportamentais de *Geophagus brasiliensis* e, as alterações observadas indicam também o potencial que os peixes nativos têm como indicadores de toxicidade, visto que os ambientes aquáticos estão constantemente susceptíveis a contaminação de herbicidas devido a grande área de plantio comercial. Mais estudos são necessários nesta e em outras espécies de peixes nativas a fim de compreendermos os efeitos tóxicos que os herbicidas comumente utilizados no ambiente podem causar em termos metabólicos, proteicos e comportamentais.

5. Referências bibliográficas

- Adams, C.E., Turnbull, J.F., Bell, A., Bron, J.E., Huntingford, F.A., 2007. Multiple determinants of welfare in farmed fish: stocking density, disturbance, and aggression in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish Aquat. Sci. 64, 336-344.
- Agostinho, A.A. et al. Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: Tundisi, J.G.; Straskraba, M. (Ed.). Theoretica reservoir ecology and its applications. São Carlos: International Institute of Ecology-IEE; Leiden: Backhuys Publishers, 1999. cap.11, p. 227-265.
- Albinati, A.C.L., Moreira, E.L.T., Albinati, R.C.B., Carvalho, J.V., Santos, G.B., Lira, A.D., 2007. Toxicidade aguda do herbicida Roundup® para piaçu (*Leporinus macrocephalus*). Rev. Bras. Saúde Prod. An. Salvador 8, 184-192.
- Almeida, O.G., Miranda, A., Frade, P., Hubbard, P.C., Barata, E.N., Canário, A.V.M., 2005. Urine as a Social Signal in the Mozambique Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Chem. Senses 30, 309-310.
- Amarante Jr., O.P., Santos, T.C.R., Brito, N.M., Ribeiro, M.L., 2002. Glifosato: propriedades, toxicidade, uso e legislação. Quim. Nova 25, 589-593.

"Alterações comportamentais em *Geophagus brasiliensis* submetidos a ação do herbicida glifosato" Iguchi, E. Y., Delicio, H.C. 2012.

Amorim, M.C.P., Fonseca, P.J., Almada, V.C., 2003. Sound production during courtship and spawning of *Oreochromis mossambicus*: male–female and male–male interactions. *J. Fish Biol.* 62, 658–672.

Andries, S. & Nelissen, M.H.J. (1990). A study of the dominance hierarchy in four Mbuna-species: *Melanochromis johanni*, *M. auratus*, *Pseudotropheus ornatus* and *P. lombardoi* (Teleostei: Cichlidae). *Belgian Journal of Zoology*, 120: 165–193.

Assumpção et al. Análise do conteúdo estomacal de *Cichla ocellaris* e *Pygocentrus nattereri* (espécies introduzidas) e *Geophagus brasiliensis* e *Astyanax bimaculatus* (espécies nativas) de lagos do Vale do Rio Doce-MG e sua implicações. In: Rocha, O; Espínola, E. L. G.; Fenerech-Verani, N.; Verani, J.R.; Rietzler, A. C. (Orgs.). Espécies invasoras em águas doces: estudos de caso e propostas de manejo. 416 p, 2005.

Axelrod, H.R.; Schultz, L.P. Handbook of Tropical Aquarium Fishes. New York, Mac Graw-Hill, 1955.

Baerends, G.P., Baerends Van Roon, J. An introduction to the study of the ethology of cichlid fishes. Behaviour Supplement, 1, p. 1–242, 1950.

Bailey, J.; Alanärä, A. & Brännäs, E. (2000). Methods for assessing social status in Arctic charr. *Journal of Fish Biology*, 57: 258–261

Balshine-Earn, S. & Lotem, A. (1998). Individual recognition in a cooperatively breeding cichlid: evidence from video playback experiments. *Behaviour*, 135: 369–386.

Barrella, W., Beaumord, A. C., Petrere Jr, M. Comparacion de la comunidad de peces de los rios Manso (MT) y Jacaré Pepira (SP), Brazil. *Acta Biol. Venez.* 15(2):11–20, 1994

Beeching, S.C., 1992. Visual assessment of body size in a cichlid fish, the Oscar, *Astronotus ocellatus*. *Ethology* 90, 177–186.

Blanchet, S., Dodson, J.J., Brosse, S. (2006). Influence of habitat structure and fish density on Atlantic salmon *Salmo salar* L. territorial behaviour. *Journal of Fish Biology*, 68: 951–957.

BRASIL usa e abusa dos agrotóxicos. Folha de São Paulo, São Paulo, 3 mar. 1998 Agrofolha, p.1 5.

Brausch, M.J., Smith, N.P., 2007. Toxicity of three polyethoxylated tallowamine surfactant formulations to laboratory and field collected fairy shrimp, *Thamnocephalus platyurus*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 52, 217–221.

Carvalho, T.B. & Gonçalves-de-Freitas, E. (2008). Sex group composition, social interaction, and metabolism in the fish Nile tilapia. *Brazilian Journal of Biology*, 68: 807–812.

Cavalcante, D.G.S.M., Martinez, C.B.R., Sofia, S.H., 2008. Genotoxic effects of Roundup® on the fish *Prochilodus lineatus*. *Mutat. Res.* 655, 41–46.

Calvas, T., Konen, S., 2007. Detection of cytogenetic and DNA damage in peripheral erythrocytes of goldfish (*Carassius auratus*) exposed to a glyphosate formulation using the micronucleus test and the comet assay. *Mutagenesis* 22, 263–268.

Cerejeira, M.J., Viana, P., Batista, S., Pereira, T., Silva, E., Valério, M.J., Silva, A., Ferreira, M., Silva-Fernandes, A.M. Pesticides in Portuguese surface and ground Waters, *Water Res.* 37 (2003) 1055–1063.

Cericato L, Machado JG, Fagundes M, Kreutz LC, Quevedo RM, Finco J, Rosa JGS, Koakoski G, Centenaro L, Pottker E, Anziliero D, Barcellos LJG (2008) Cortisol response to acute stress in jundia *Rhamdia quelen* acutely exposed to sub-lethal concentrations of agrichemicals. *Comp Biochem Phys C* 148:281–286

Chellappa, S., Huntingford, F.A., Strang, R.H.C., Thomson, R.Y., 1989. Annual variation in energy reserves in male three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. (Pisces, Gasterosteidae). *J. Fish Biol.* 35, 275–286.

Fischer, P., Ohl, U. (2005). Effects of water-level fluctuations on the littoral benthic fish community in lakes: a mesocosm experiment. *Behavioral Ecology*, 16: 741–746.

Fitzgerald, G.J.; Guderley, H. & Blouin, M. (1986). The effect of temperature upon the aggressive behavior of male sticklebacks (Gasterosteidae). *Le Naturaliste Canadien*, 113: 235–240.

“Alterações comportamentais em *Geophagus brasiliensis* submetidos a ação do herbicida glifosato” Iguchi, E. Y., Delicio, H.C. 2012.

- Fowler, H.W. Os peixes de água doce do Brasil. Arq. Zool. Estado São Paulo, v. 6, p. 205-404, 1950.
- Garcia, A. M. e Vieira, P. J. Abundancia e diversidade da assembléia de peixes dentro e fora de uma pradaria *Ruppia* marítima no estuário da lagoa dos Patos. Rio Grande RS. ATLANTICA. 2000. no18/161-182.
- Giaquinto, P.C., Volpato, G.L., 1997. Chemical communication, aggression and conspecific recognition in the fish Nile Tilapia. *Physiol. Behav.* 62, 1333-1338.
- Giesy, J.P., Dobson, S., Solomon, K., 2000. Ecotoxicological risk assessment for Roundup® herbicide. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 167, 35-120.
- Glusczak, L., Miron, D.S., Crestani, M., Fonseca, M.B., Pedron, F.A., Duarte, M.F., Vieira, V.L.P., 2006. Effect of glyphosate herbicide on acetylcholinesterase activity and metabolic and hematological parameters in piava (*Leporinus obtusidens*). *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 65, 237-241.
- Glusczak, L., Miron, D.S., Moraes, B.S., Simoes, R.R., Schetinger, M.R.C., Morsch, V.M., Loro, V.L., 2007. Acute effects of glyphosate herbicide on metabolic and enzymatic parameters of silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Comp. Biochem. Physiol. C.* 146, 519-524.
- Gómez-Laplaza, L.M. & Morgan, E. (1993). Social isolation, aggression, and dominance in attacks in juvenile angelfish, *Pterophyllum scalare*. *Aggressive Behavior*, 19: 213-222.
- Gómez-Laplaza, L.M. & Morgan, E. (2000). Laboratory studies of the effects of short-term isolation on aggressive behaviour in fish. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 33: 63-102.
- Gonçalves-de-Freitas, E.; Teresa, F.B.; Gomes, F.S. & Giaquinto, P.C. (2008). Effect of water renewal on dominance hierarchy of juvenile Nile tilapia. *Applied Animal Behaviour Science*, 112: 187-195.
- Haller, J., Wittenberger, C., 1988. Biochemical energetics of hierarchy formation in *Betta splendens*. *Physiol. Behav.* 43, 447-450.
- Haller, J. (1992). Group size modifies the patterns and muscle carbohydrate effects of aggression in *Betta splendens*. *Physiology and Behavior*, 52: 287-290.
- Hofmann, H.A., Benson, M.E. & Fernald, R.D. (1999). Social status regulates growth rate: consequences for life-history strategies. *PNAS*, 96: 14171-14176.
- Holder, J.L.; Barlow, G.W. & Francis, R.C. (1991). Differences in aggressiveness in the Midas cichlid fish (*Cichlasoma citrinellum*) in relation to sex, reproductive state and the individual. *Ethology*, 88: 297-306.
- Huntingford, F., Turner, A. (1987). *Animal Conflict*. Chapman and Hall, New York, 448p.
- Huntingford, F. (1991). *The Study of Animal Behaviour*. Chapman and Hall, London, 411p.
- Jaroensutasinee, M. & Jaroensutasinee, K. (2003). Type of intruder and reproductive phase influence male territorial defence in wild-caught Siamese fighting fish. *Behavioural Processes*, 64: 23-29.
- Jaroensutasinee, M. & Jaroensutasinee, K. (2003). Type of intruder and reproductive phase influence male territorial defence in wild-caught Siamese fighting fish. *Behavioural Processes*, 64: 23-29.
- Jiraungkoorskul, W., Upatham, E.S., Kruatrachue, M., Sahaphong, S., Vichasri-Grams, S., Pokethitiyook, P., 2002. Histopathological effects of Roundup, a glyphosate herbicide, on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Sci. Asia* 28, 121-127.
- Johnsson et al., 2000). Johnsson, J.I., Winberg, S., Sloman, K.A., 2006. Social interactions. in: Sloman, K.A., Wilson, R.W., Balshine, S. (Eds.), *Behaviour and Physiology of Fish (Fish Physiology)*, Elsevier, San Diego, pp. 151-196.
- Keenleyside, M.H.A., Yamamoto, F.T., 1962. Territorial behaviour of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Behaviour* 19, 138-169.

Langiano VD, Martinez CBR (2008) Toxicity and effects of a glyphosate-based herbicide on the neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Comp Biochem Phys C* 147:222–231

Lehner, P.N. (1996). *Handbook of Ethological Methods*. Cambridge University Press, United Kingdom, 672p.

Lushchak, O.H., Kubrak, O.I., Storey, J.M., Storey, K.B., Lushchak, V.I. 2009. Low toxic herbicide Roundup induces mild oxidative stress in goldfish tissues. *Chemosphere* 76, 932-937.

Meschiatti, A. J. Alimentação da Comunidade de peixes de uma lagoa marginal do rio Mogi-Guaçu, SP. *Acta Limnologica Brasiliensia*. V.3, p-115-137, 1995.

Moragas, W. M. ; Schneider, M.O. Biocidas: suas propriedades e seu histórico no Brasil. *Caminhos da Geografia (UFU. Online)*, Uberlândia, v. 3, n.10, p. 26-41, 2003.

Moura, M.A.M.; Franco, D.A.S.; Matallo, M.B. Impacto de Herbicidas sobre os Recursos Hídricos. *Tecnologia e Inovação Agropecuária /APTA*, Campinas, v.1, n.1, p.142-51, 2008.

Munro, A.D. & Pitcher, T.J. (1985). Steroid hormones and agonistic behaviour in a cichlid teleost, *Aequidens pulcher*. *Hormones and Behavior*, 19: 353-371.

Nelissen, M.H.J. & Andries, S. (1988). Does previous experience affect the ranking of cichlid fish in a dominance hierarchy? *Annales de la Societe Royale Zoologique de Belgique*, 118: 41-50.

Neskovic, N.K., Poleksic, V., Elezovic, I., Karan, V., Budimir, M., 1996. Biochemical and histopathological effects of glyphosate on carp, *Cyprinus carpio* L. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 56, 295-302.

Nicieza, A.G. & Metcalfe, N.B. (1999). Costs of rapid growth: the risk of aggression is higher for fast-growing salmon. *Functional Ecology*, 13: 793-800.

O'Connor, K.I., Metcalfe, N.B., Taylor, A.C., 1999. Does darkening signal submission in territorial contests between juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*? *Anim. Behav.* 58, 1269–1276.

Oliveira, R.F. & Almada, V.C. (1996a). Dominance hierarchies and social structure in captive groups of the Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* (Teleostei Cichlidae). *Ethology Ecology and Evolution*, 8: 39-55.

Olla, B.L.; Studholme, A.L.; Bejda, A.J.; Samet, C. & Martin, A.D. (1978). Effect of temperature on activity and social behavior of the adult Tautog *Tautoga onitis* under laboratory conditions. *Marine Biology*, 45: 369-378.

Øverli, Ø.; Kotzian, S. & Winberg, S. (2002). Effects of cortisol on aggression and locomotor activity in rainbow trout. *Hormones and Behavior*, 42: 53-61.

Pitcher T.J. (1993). *Behaviour of Teleost Fishes*. Chapman & Hall, London, 715p.

Quinn, T.P.; Adkison, M.D. & Ward, M.B. (1996). Behavioral tactics of male Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) under varying operational sex ratios. *Ethology*, 102: 304-322.

Ridley, M. (1995). *Animal Behavior*. Blackwell Scientific Publications, Boston, 288p.

Rodrigues, B.N. , Almeida, F.S. de. Guia de Herbicidas. Londrina. 4 ed., 1998. p. 300-313.

Sabino, J. ,Castro, R.M.C. Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da floresta Atlântica (Sudeste do Brasil). *Rev Bras. Biol.* (50):23-36, 1990.

Saglio P, Trijasse S (1998) Behavioral responses to atrazine and diuron in goldfish. *Arch Environ Contam Toxicol* 35:484–491.

Sakakura, Y. & Tsukamoto, K. (1997). Effects of water temperature and light intensity on aggressive behavior in the juvenile yellowtails. *Fisheries Science*, 63: 42-45.

Salbego, J., Pretto, A., Gioda, C.R., Menezes, C.C., Lazzari, R., Neto, J.R., Baldissotto, B., Loro, V.L., 2010. Herbicide formulation with glyphosate affects growth, acetylcholinesterase activity, and metabolic and hematological parameters in Piava (*Leporinus obtusidens*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 58, 740-745.

“Alterações comportamentais em *Geophagus brasiliensis* submetidos a ação do herbicida glifosato” Iguchi, E. Y., Delicio, H.C. 2012.

Scott, G.R. & Sloman, K.A. (2004). The effects of environmental pollutants on complex fish behaviour: integrating behavioural and physiological indicators of toxicity. *Aquatic Toxicology*, 68: 369-392.

Sloman, K.A.; Taylor, A.C.; Metcalfe, N.B. & Gilmour, K.M. (2001). Effects of an environmental perturbation on the social behaviour and physiological function of brown trout. *Animal Behaviour*, 61: 325-333.

Sloman, K.A.; Wilson, L.; Freely, J.A.; Taylor, A.C.; Metcalfe, N.B. & Gilmour, K.M. (2002). The effects of increased flow rates on linear dominance hierarchies and physiological function in brown trout, *Salmo trutta*. *Canadian Journal of Zoology*, 80: 1221-1227.

Sloman, K.A.; Baker, D.W.; Ho, C.G.; McDonald, D.G. & Wood, C.M. (2003). The effects of trace metal exposure on agonistic encounters in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquatic Toxicology*, 63: 187-196.

Sneddon, L.U. & Yerbury, J. (2004). Differences in response to hypoxia in the three-spined stickleback from lotic and lentic localities: dominance and an anaerobic metabolite. *Journal of Fish Biology*, 64: 799-804.

Sneddon, L.U.; Hawkesworth, S.; Braithwaite, V.A. & Yerbury, J. (2006). Impact of environmental disturbance on the stability and benefits of individual status within dominance hierarchies. *Ethology*, 112: 437-447.

Soso AB, Barcellos LJG, Ranzani-Paiva MJ, Kreutz LC, Quevedo RM, Anziliero D, Lima M, Silva LB, Ritter F, Bedin AC, Finco JA (2007) Chronic exposure to sub-lethal concentration of a glyphosate-based herbicide alters hormone profiles and affects reproduction of female jundia (*Rhamdia quelen*). *Environ Toxicol Phar* 23:308–313

Summers, C.H. & Winberg, S. (2006). Interactions between the neural regulation of stress and aggression. *The Journal of Experimental Biology*, 209: 4581-4589.

Teresa, F.B., Gonçalves-de-Freitas, E. Interação Agonística em *Geophagus surinamensis* (Teleostei, Cichlidae). *Revista de Etologia*, 5(2), p. 121-126, 2003.

Teresa, F.B. (2005). Nível de água e interação social em machos de tilápia-do-Nilo. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas). Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, UNESP, São José do Rio Preto, SP. 21p.

Tierney, K.B., Singh, C.R., Ross, P.S., Kennedy, C.J., 2007. Relating olfactory neurotoxicity to altered olfactory-mediated behaviors in rainbow trout exposed to three currently-used pesticides. *Aquat. Toxicol.* 81, 55-64.

Trainor, B.C. & Hofman, H.A. (2006). Somatostatin regulates aggressive behavior in an African cichlid fish. *Endocrinology*, 11: 5119-5125.

Tsui, M.T.K., Chu, L.M. Aquatic toxicity of glyphosate-based formulations: comparison between different organisms and the effects of environmental factors. *Chemosphere*, v. 52, p.1189 -1197, 2003.

Uieda, V. S. Comunidade de peixes de um rio litorâneo: Composição, Habitat e Hábitos. 1995. Tese (doutorado), Unicamp, Campinas (SP).

Villars, T.A. (1983). Hormones and Aggressive Behavior in Teleost Fishes. *In*: Svare, B.B.; Hormones and Aggressive Behavior. Plenum Press, New York and London, 611p.

Volpato, G.L., Luchiari, A.C., Duarte, C.R.A., Barreto, R.E., Ramanzini, G.C., 2003. Eye color as an indicator of social rank in the fish Nile tilapia. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 36, 1659-1663.

WHO, World Health Organization, 1994. Glyphosate. *Environ. Health Criteria* 159. WHO, Geneve.

Williams, G.M., Kroes, R., Munro, I.C., 2000. Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 31, 117–165.

Yamamoto, M.E.; Chellappa, S.; Cacho, M.S.R.F. & Huntingford, F.A. (1999). Mate guarding in an Amazonian cichlid, *Pterophyllum scalare*. *Journal of Fish Biology*, 55: 888-891.

Zambrone, F. A. D. Perigosa família. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v.4, n.22, p. 44-7, jan./fev. 1986.

"Alterações comportamentais em *Geophagus brasiliensis* submetidos a ação do herbicida glifosato" Iguchi, E. Y., Delicio, H.C. 2012.