

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E TECNOLOGIAS
SUSTENTÁVEIS**

NEUZA TAMANHO

**EFETIVIDADE DO MARCADOR MICRONÚCLEO EM PEIXES EXPOSTOS
A AGROTÓXICOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

CERRO LARGO

2022

NEUZA TAMANHO

**EFETIVIDADE DO MARCADOR MICRONÚCLEO EM PEIXES EXPOSTOS
A AGROTÓXICOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis.

Linha de Pesquisa: Qualidade Ambiental

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Suzymeire Baroni
Co Orientador: Prof^a. Dr^a.Iara Denise
Endruweit Battisti

CERRO LARGO

2022

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Tamanho, Neuza

Efetividade do marcador micronúcleo em peixes
expostos a agrotóxicos:: Uma revisão integrativa /
Neuza Tamanho, Suzymeire Baroni / Iara Denise Endruweit
Battisti. -- 2022.
91 f.:il.

Orientadora: Doutora em Genética Suzymeire Baroni
Co-orientadora: Doutora em Epidemiologia Iara Denise
Endruweit Battisti

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da
Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ambiente e
Tecnologias Sustentáveis, Cerro Largo,RS, 2022.

1. Anormalidades nucleares. 2. Organofosforados. 3.
Herbicida. 4. Inseticida. 5. Pesticida. I. Battisti,
Suzymeire Baroni / Iara Denise Endruweit II. Baroni,
Suzymeire, orient. III. Battisti, Iara Denise Endruweit,
co-orient. IV. Universidade Federal da Fronteira Sul. V.
Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

NEUZA TAMANHO

**EFETIVIDADE DO MARCADOR MICRONÚCLEO EM PEIXES
EXPOSTOS A AGROTÓXICOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis.

Área de Concentração: Monitoramento, Controle e Gestão Ambiental

Linha de Pesquisa: Qualidade Ambiental

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Suzymeire Baroni

Co Orientador: Prof^a. Dr^a. Iara Denise Endruweit Battisti

Esta Dissertação foi defendida e aprovada pela banca em: 29/08/2022

BANCA EXAMINADORA



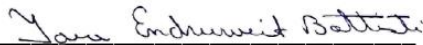
Prof. Dr.^a Suzymeire Baroni



Dr.^a Roberta Daniele Klein



Prof. Dr.^a Lauren Lucia Zamin



Prof. Dr.^a Iara Denise Endruweit Battisti

RESUMO

O uso de agrotóxicos no mundo, com vista a aumentar a produção de alimentos, deve ser acompanhado de protocolos de análise e monitoramento ambiental. Os peixes são usados como modelos para estudo de potencial genotóxico e mutagênico, porque respondem à contaminação das águas com reações rápidas mesmo em baixas concentrações e possibilitam extrapolar essas respostas aos mamíferos. O teste de micronúcleo (MN) tem sido utilizado em peixes de água doce devido à sua simplicidade, baixo custo, alta sensibilidade, dados precisos e aplicabilidade para estudos em condições de laboratório e de campo por oferecer uma boa estratégia para avaliação de xenobióticos em organismos teste, através da existência de relação entre o uso de agrotóxicos e a ocorrência de alterações genotóxicas em eritrócitos de peixes. Essa pesquisa teve como objetivo identificar, através de busca bibliográfica em bancos de dados, artigos que usaram o protocolo de MN em peixes a fim de verificar se o teste tem eficácia no monitoramento ambiental, além de investigar tipos de espécies usadas para o teste, se os autores também avaliaram anormalidades nucleares e o tipo de experimento adotado, por meio de uma revisão integrativa. Pesquisou-se periódicos publicados nas bases Pubmed, Web of Science, Scopus, Scielo, entre janeiro de 2000 a junho de 2021 com palavras-chave pré-estabelecidas. Como resultado, após seleção considerando critérios de inclusão e exclusão, permaneceram 149 artigos. A espécie *Channa punctatus* teve a maior (11,4%) frequência. O número de peixes usados nos experimentos foi variado, sendo que tamanho amostral de 10 indivíduos foi o mais utilizado pelos autores. O número de eritrócitos contabilizados por peixes usado como parâmetro pelos autores foi de 2.000. Experimentos controlados foram os mais adotados pelos autores para identificar os micronúcleos nos eritrócitos de peixes, bem como a coloração citológica por Giemsa foi a mais usada. Os resultados mostram que o marcador é eficiente para a busca de potencial genotóxico em peixes expostos à inúmeros agrotóxicos, porém sem uma padronização nos testes.

Palavras-chave: Bioindicadores. Anormalidades nucleares. Genotoxicidade ambiental. Antropização.

ABSTRACT

The use of pesticides in the world, with a view to increasing food production, must be accompanied by protocols for environmental analysis and monitoring. Fish are used as models for the study of genotoxic and mutagenic potential, because they respond to water contamination with rapid reactions even at low concentrations and make it possible to extrapolate these responses to mammals. The micronucleus (MN) and nuclear abnormalities (NA) test have been used in freshwater fish due to its simplicity, low cost, high sensitivity, accurate data and applicability for studies under laboratory and field conditions, which offers a good strategy for evaluating xenobiotics in test organisms. This research aimed to verify the effectiveness of the MN and AN marker in fish for environmental genotoxicity tests, through the existence of a relationship between the use of pesticides and the occurrence of genotoxic alterations in fish through an integrative review. We searched for journals published in Pubmed, Web of Science, Scopus, Scielo, between January 2000 and June 2021 with pre-established keywords. As a result, after selection considering inclusion and exclusion criteria, 149 articles remained. The species *Channa punctatus* had the highest frequency (11.4%). The number of fish used in the experiments was varied, and the sample size of 10 individuals was the most used by the authors. The number of erythrocytes counted by fish used as a parameter by the authors was 2,000. Controlled experiments were the most adopted by the authors, and cytological staining by Giemsa was the most used. The results show that the marker is efficient for the search for genotoxic potential in fish exposed to numerous pesticides, but without a standardization in the tests.

Keywords: Bioindicators. Nuclear abnormalities. Environmental genotoxicity. Anthropization.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ano de publicação dos artigos selecionados na revisão integrativa.	28
Tabela 2 - Espécies de peixe utilizadas nos artigos da revisão.	29
Tabela 3 - Número de artigos que realizaram a análise AN.	34
Tabela 4 - Tipos de ANs relatadas nos artigos.	34
Tabela 5 - Experimentos utilizados pelos artigos.	36
Tabela 6 - Métodos de coloração utilizados no teste de MN nos artigos.	37
Tabela 7 - Tipos de agrotóxicos, de acordo com a praga que combate, analisados como indutores de MN nos artigos.	38
Tabela 8 - Grupos químicos dos agrotóxicos que testam MN, relatados nos artigos.	39
Tabela 9 - Resultado significativo para a genotoxicidade do teste de MN nos artigos.	39

APÊNDICES

Quadro 1 - Relação dos artigos selecionados e seus autores.	66
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Eritrócito normal (A) e eritrócitos micronucleados (B, C, D, E) observados em objetiva de 100x.	23
Figura 2 - Eritrócitos normal (A), blebbed (B e C), lobbed (D e E), notched (F), vacuolated (G) e segmented (H).	24
Figura 3 - Fluxograma indicando os artigos incluídos na revisão.....	27
Figura 4 - Tamanho da amostra (número de peixes) por artigo da revisão.....	33
Figura 5 - Número de células (eritrócitos) por peixe nos artigos.	33

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

NA	Anormalidades nucleares
DNA	Ácido desoxirribonucleico
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
IMI	Imidaclopride
MN	Micronúcleo
OPs	Organofosforados
GBH	Herbicida à base de glifosato

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 IMPACTO DOS AGROTÓXICOS NO AMBIENTE	13
2.2 PANORAMA DA UTILIZAÇÃO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL E NO MUNDO	13
2.3 PRINCIPAIS AGROTÓXICOS PRESENTES EM ÁGUAS SUPERFICIAIS	15
2.3.1 Organofosforados (OPs)	15
2.3.2 Piretróides	15
2.3.3 Herbicida à base de glifosato	16
2.3.4 Triazina.....	17
2.3.5 Neonicotinóides	18
2.4 PEIXES COMO BIOINDICADORES	19
2.4.1 Espécies de peixes utilizadas no Teste de Micronúcleo.....	20
2.4.1.1 <i>Channa punctatus</i>	20
2.4.1.2 <i>Clarias gariepinus</i>	20
2.4.1.3 <i>Oreochromis niloticus</i>	21
2.4.1.4 <i>Danio rerio</i>	21
2.4.1.5 <i>Carassius carassius</i>	22
2.5 TESTE DE MICRONÚCLEO COMO BIOMARCADOR	22
3. METODOLOGIA.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5 CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
APÊNDICE	66

1 INTRODUÇÃO

A qualidade ambiental atualmente está comprometida pelo aumento da população humana, agricultura intensiva, industrialização e urbanização. A intensidade na exploração dos recursos naturais agravou ainda mais os problemas ambientais (AYANDA et al., 2021). Os agrotóxicos tornaram-se indispensáveis na agricultura moderna para controlar pragas e ervas daninhas a fim de produzir alimentos adequados para a população global, garantir o crescimento de safras, gerar lucro, elevar o padrão de vida humana, proteger as plantações nos campos e alimentos armazenados, além de destruir criadouros de diferentes doenças (ULLAH et al. 2019).

Desta forma essas atividades antrópicas impactam o ambiente aquático (AYANDA et al., 2021). Paralelamente aos avanços tecnológicos, surge um problema mundial, que é a contaminação de córregos e rios (DAVICO et al. 2020), através da pulverização, escoamento e lixiviação do solo (SHAHJAHAN et al., 2019), que atingem as águas superficiais e subterrâneas, resultando em efeitos diretos ou indiretos nos organismos aquáticos, alvo e não-alvo (EZEYOILI et al., 2019).

Estima-se que menos de 0,1% dos agrotóxicos aplicados em todo o mundo nas lavouras atingem seus alvos específicos, deixando grande quantidade de resíduos tóxicos livres atingindo diferentes compartimentos ambientais (ARCAUTE et al., 2016).

Os agrotóxicos também contaminam o solo e o ar devido à sua persistência, bioacumulação e toxicidade (MCLAUGHLIN; KINZELBACH, 2015), afetam organismos não-alvo, como biota aquática, plantas, mamíferos e microrganismos do solo (BIANCHI et al., 2015) e representam uma grande preocupação ecológica e de saúde pública, pois segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) (2006), a produção agrícola mundial está crescendo e deve aumentar mais de 70% até 2050 (ARCAUTE et al., 2016).

O uso de agrotóxicos associado a redução da mata ciliar torna as águas mais suscetíveis à contaminação química provenientes de atividades agrícolas e, conseqüentemente prejudica a saúde de algas, plantas e animais aquáticos e a qualidade dos recursos hídricos (VIEIRA et al., 2014). As águas superficiais estão contaminadas devido ao cultivo intensivo acompanhado da utilização excessiva de agrotóxicos (HUSSAIN et al., 2014; GILL et al., 2018; ITURBURU et al., 2018).

Os agrotóxicos geram resíduos que ameaçam a vida aquática e terrestre, colocam em risco a sobrevivência e a fisiologia dos organismos, além de induzir alterações genéticas que podem desencadear mutações nas gerações futuras (BIANCHI et al., 2015). Existem inúmeras pesquisas sobre a genotoxicidade dos pesticidas através do teste de micronúcleo, e este tem se mostrado significativo no monitoramento em peixes (SELVI et al., 2011).

Na avaliação dos efeitos tóxicos de produtos químicos em organismos aquáticos, o uso de técnicas hematológicas tornou-se mais relevante nos últimos tempos, devido à manutenção da homeostase e funções vitais dos peixes (AMAEZE et al., 2020). Estudos revelaram que quando a qualidade aquática é afetada por contaminantes, quaisquer variações fisiológicas serão reveladas através do sangue retirado da nadadeira caudal dos peixes e posterior análise dos eritrócitos através do teste de micronúcleo (AMAEZE et al., 2020) que se caracteriza pela sensibilidade, simplicidade e confiabilidade para avaliar os efeitos mutagênicos e genotóxicos dos agrotóxicos e detectar danos no DNA da célula (ÇAVAS; KÖNEN, 2007; ANBUMANI; MOHANKUMAR, 2015).

Por ser um método com repercussão mundial, o teste de micronúcleo (MN) como biomarcador é feito a partir da coleta de sangue do peixe e posterior análise do eritrócito que quando revela anomalias possibilita prever manifestação externa de sintomas de doenças ou efeitos de fatores ambientais desfavoráveis (AMAEZE et al., 2020). E, nesse contexto, se insere o teste do micronúcleo (MN), pois ao analisar o eritrócito do sangue do peixe, e detectar micronúcleos, é possível avaliar que este peixe teve contato com substâncias contaminadas, e desenvolveu alterações que comprometem a reprodução e subseqüentes mudanças na dinâmica populacional (BONY et al., 2010) tornando-se indicadores efetivos de poluição ambiental.

Assim, o teste de MN é utilizado em diferentes tipos de peixes para avaliar o impacto biológico da poluição da água e para testar a genotoxicidade de compostos químicos após exposição direta ou indireta (ERGENE-GOZUKARA, 2003; ABDUL-FARAH et al., 2003, YADAV et al., 2010, CAVAS, 2011).

Portanto, o monitoramento no meio ambiente é importante para avaliar a persistência da atividade biológica de muitos agrotóxicos, e evitar que atinjam o ecossistema aquático e a ictiofauna. O peixe é considerado um modelo genético útil para avaliação da espécie em ecossistemas aquáticos, devido a sua capacidade de metabolizar e acumular poluentes de forma eficiente (HEMALATHA et al., 2021). Estes organismos são muito sensíveis às mudanças em seu ambiente e

desempenham papéis importantes na avaliação do risco potencial, associado à contaminação de novos produtos químicos no ambiente aquático (ALI et al., 2009). Diante do exposto o objetivo deste estudo foi identificar, através de busca bibliográfica em bancos de dados, artigos que usaram o protocolo de MN em eritrócitos de peixes a fim de verificar se o teste tem eficácia no monitoramento ambiental, além de enumerar tipos de espécies usadas para o teste, listar os diferentes tipos de componentes tóxicos avaliados nos artigos selecionados, verificar se os autores também avaliaram anormalidades nucleares e o tipo de experimento adotado. Enfim, identificar a existência de relação entre o micronúcleo e o uso de agrotóxicos na ocorrência de alterações genotóxicas, em peixes, por meio de uma revisão integrativa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPACTO DOS AGROTÓXICOS NO AMBIENTE

O aumento populacional paralelo ao desenvolvimento econômico mundial gera demanda de alimentos. Para suprir essa demanda, Candiotti et al. (2013) constata que as atividades antrópicas estão continuamente introduzindo grandes quantidades de agrotóxicos no meio ambiente, independentemente de sua persistência, bioacumulação e toxicidade. Estes princípios ativos comercializados atualmente são empregados para controlar ou eliminar uma variedade de pragas agrícolas e domésticas que podem danificar plantações e pecuária e reduzir a produtividade. No entanto, é bem conhecido que os agrotóxicos não só afetam os organismos-alvo, mas também exercem concomitantemente efeitos colaterais negativos em organismos não-alvo (CANDIOTTI et al. 2013).

Segundo autores como Nwani et al. (2008), Ventura et al. (2008) e Vieira et al. (2014) os agrotóxicos produzem efeitos indesejáveis e perigosos nos organismos aquáticos. E, nesse viés, Hussain et al. (2011) e Ahmad et al. (2012) alertam que a exposição a agrotóxicos interfere nos níveis de ecossistema, na biodiversidade e no sistema reprodutivo, provocando efeitos genotóxicos também na população humana.

O desenvolvimento agrícola tem levado ao aumento do uso de agroquímicos para o controle de pragas em áreas de cultivo. Apesar dos benefícios nos campos de cultivo e sua contribuição significativa para a manutenção ou extrapolação dos estilos de vida humana, os agrotóxicos também podem ser perigosos se não forem usados adequadamente, e muitos deles podem representar riscos potenciais devido à contaminação de alimentos, água e ar (OMS-FAO, 2009), pois as interações entre esses poluentes no ambiente interferem no crescimento, reprodução, longevidade e sobrevivência dos organismos (ZAPATA, 2017).

2.2 PANORAMA DA UTILIZAÇÃO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL E NO MUNDO

A expansão agrícola no Brasil, ao longo do tempo, vem acompanhada pela destruição de recursos naturais e contaminação das águas superficiais e subterrâneas através do aumento no consumo de agrotóxicos (VIEIRA et al., 2014).

Diferentes agrotóxicos são utilizados na agricultura, mas seu uso crescente tornou-se um problema mundial, tendo em vista que contaminam os recursos

hídricos em decorrência da pulverização, escoamento da chuva e lixiviação (ALI et al., 2014; DAVICO et al., 2020).

Ecosistemas aquáticos, em áreas de intensa atividade agrícola estão sujeitos à contaminação por agrotóxicos. O aumento significativo de agroquímicos nos recursos hídricos tem acarretado efeitos prejudiciais aos organismos aquáticos, e conseqüentemente riscos diretos e indiretos à saúde humana (VENTURA et al., 2008).

A maioria dos contaminantes em ambientes aquáticos exerce seus efeitos por meio de mecanismos genotóxicos que causam mutações e provocam doenças (CAVAS, 2011). Mesmo em baixas concentrações, a longo prazo podem causar distúrbios genéticos, alterações fisiológicas e reduzir a expectativa de vida (SELVI et al. 2013).

As características físicas e químicas dos agrotóxicos, causam a bioacumulação nas águas, que pode ser agravada quando se une com substâncias antrópicas presentes no meio ambiente e gerar outros produtos ainda mais prejudiciais aos organismos aquáticos (GUILHERME et al., 2014). Vieira et al., (2014) adverte que os compostos nas formulações dos agrotóxicos comprometem a qualidade da água e a sobrevivência das espécies.

Assim, os perigos potenciais dos poluentes no ambiente aquático e as conseqüências da exposição a agrotóxicos são relevantes para impulsionar o uso de organismos aquáticos como indicadores para o monitoramento da genotoxicidade ambiental (CAVAS, 2011). Nas últimas duas décadas os peixes são recomendados como organismos adequados para a detecção de genotóxicos na água, cujos resultados obtidos podem ser usados para prever mecanismos de toxicidade em humanos (CARAMELLO, 2019).

Os herbicidas, inseticidas e fungicidas são sintetizados comercialmente e empregados com base em organismos-alvo para proteger diversificadas culturas e garantir produtividade e qualidade dos produtos. São usados sob diferentes nomes, pertencentes a diferentes tipos e classes. Existem diferentes classes de agrotóxicos registrados, incluindo carbamatos, organofosforados, neonicotinóides, entre outros (ULLAH et al., 2016). Uma das classes de agrotóxicos introduzida tardiamente e mais amplamente empregadas são os piretróides sintéticos (ULLAH, 2019).

2.3 PRINCIPAIS AGROTÓXICOS PRESENTES EM ÁGUAS SUPERFICIAIS

2.3.1 Organofosforados (OPs)

Os organofosforados (OPs) são inseticidas lipossolúveis que ultrapassam barreiras hematoencefálica e placentária. O mecanismo de ação desse agrotóxico é a inibição da enzima acetilcolinesterase que resulta no acúmulo de acetilcolina no corpo e subsequente dano ao sistema nervoso.

Os inseticidas organofosforados são usados na agricultura e comercializados em todo o mundo, devido à efetividade no controle de diversos tipos de pragas, domésticas e de campo. Apresentam fácil degradação no meio ambiente, mas sua presença na água é tóxica para os organismos aquáticos, sendo prejudiciais em graus diferentes, dependendo das concentrações (NWANI et al., 2021) porque eles entram na cadeia alimentar aquática através do descarte de águas residuais e do escoamento das chuvas nas terras agrícolas (GHAFAR et al., 2015; D’COSTA, 2018).

Desta forma, seu uso frequente e extenso resulta na contaminação de sistemas naturais de água e variedade de alimentos consumíveis diariamente, incluindo vegetais e grãos como as principais fontes de contato (GHAFAR et al., 2015).

Dentre os inseticidas organofosforados destaca-se o clorpirifós que é amplamente utilizado em práticas agrícolas em todo o mundo e inibidor irreversível da colinesterase em todas as espécies animais (ALI et al., 2008). Foi relatado que o clorpirifós causam anormalidades como distúrbio reprodutivo, disfunção hepática, genotoxicidade, embriotoxicidade, teratogenicidade, alterações imunológicas, histopatológicas e neurológicas em animais (NWANI et al., 2021).

2.3.2 Piretróides

Piretróides são inseticidas sintéticos, similares às piretrinas. Produzidos pelas flores de crisântemo, são utilizados em diversos ambientes e culturas com intuito de combater lagartas, besouros, pulgões, percevejos, ácaros e moscas. Na área agrícola, sua utilização se dá, principalmente, no controle de insetos (principalmente pulgões e carunchos) em plantações e no armazenamento de grãos.

Eles têm vida curta, são rapidamente metabolizados e praticamente não

tóxicos para a maioria dos animais não-alvo, especialmente mamíferos (D’COSTA, et al., 2018). Contudo, apresentam alta toxicidade para organismos aquáticos porque se degradam na água e no solo em condições de campo. Esses dados podem ser significativos ao avaliar os riscos potenciais de longo prazo para os ecossistemas aquáticos (NWANI et al., 2010; GÖKALP; GÜNER, 2011).

Exemplos de ingredientes ativos incluem bifentrina, lambda-cialotrina e a deltametrina que é um piretróide muito usado (KANA et al., 2012). O grupo químico dos piretróides sintéticos é a classe de inseticidas mais utilizada atualmente (ULLAH et al. 2019).

2.3.3 Herbicida à base de glifosato

Glifosato é um herbicida que inibe a enzima responsável por uma das etapas de síntese de aminoácidos e hormônios, ao ser absorvido através das folhas ele causa a morte da planta. Suas formulações comerciais são geralmente mais tóxicas do que o glifosato puro (CAVALCANTE et al., 2008). No entanto, a toxicidade aguda do glifosato é considerada baixa pela Organização Mundial da Saúde (Greenpeace Brasil, 2004). Além disso, quando usado como formulação comercial o glifosato pode ser ainda mais tóxico do que os princípios ativos isoladamente e de acordo com a Ficha de Informação Toxicológica do Glifosato, ele tem a propriedade de ser biodegradável no solo, nos sedimentos e na água.

O glifosato é geralmente pulverizado no cultivo (AMARANTE et al., 2002), tem meia-vida curta e se liga fortemente às partículas de sedimento, o que pode causar desequilíbrio ecológico e metabólico de organismos não-alvo (AYANDA et al., 2021).

As concentrações ambientais do herbicida à base de glifosato variam de acordo com a quantidade utilizada para destruir e controlar plantas herbáceas em lagos, canais, arrozais, água de movimento lento e tanques de peixes (AYANDA et al., 2021). Mesmo considerado pouco tóxico, a resistência e tolerância de ervas daninhas ao herbicida glifosato, faz com que sejam utilizadas maiores quantidades e uso prolongado do agrotóxico nas culturas transgênicas (Greenpeace Brasil, 2004).

Ainda, segundo Amarante et al., (2002) os resíduos de glifosato podem ser encontrados no solo, na colheita e em animais usados na alimentação humana. No ambiente, pelo fato de não ser facilmente lixiviado, sua presença em águas subterrâneas é improvável, contudo, nas águas superficiais em muitas legislações ele não é considerado contaminante (AMARANTE et al., 2002). Aproximadamente duas décadas mais tarde, Bonifácio et al. (2020) encontra em seus estudos evidências que o glifosato atinge ambientes de água doce, sendo comum nas águas superficiais através do escoamento e menos comum, mas presente, nas águas subterrâneas pelo processo de lixiviação. Reitera também que nas amostras de água de chuva o glifosato apresenta concentrações superiores aos limites de segurança para consumo humano (BONIFÁCIO et al., 2020).

Devido a sua alta solubilidade em água e seu amplo uso, a exposição de organismos aquáticos não-alvo a este herbicida é uma preocupação principalmente em sistemas de águas rasas (CAVALCANTE et al., 2008). Mesmo a curto prazo e em uma concentração ambientalmente realista, o herbicida à base de glifosato pode afetar o DNA das espécies de peixe bioindicadoras (GHISI et al., 2013). Vários autores demonstraram que o glifosato puro e suas formulações comerciais induzem a formação de MN tanto *in situ* quanto *ex situ*, dependendo do alvo celular, do composto e das concentrações a serem testadas (BOLOGNESI et al., 1997; ÇAVAS; KÖNEN, 2007; CAVALCANTE et al., 2008; GHISI; CESTARI, 2013; CANDIOTI et al., 2013; GHISI et al., 2016).

O glifosato, caracterizado por ser um herbicida pós-emergente e não seletivo, tem sido um dos mais utilizados em todo o mundo (GHISI et al., 2013; OPEYEMI et al., 2021). E, em conjunto com o advento de culturas transgênicas resistentes ao glifosato, o uso desse agrotóxico levou a um aumento na produtividade agrícola (GHISI et al., 2013).

2.3.4 Triazina

A atrazina é um herbicida triazínico seletivo, cujo mecanismo de ação danifica a clorofila e bloqueia a fotossíntese.

Este herbicida melhora a produção e o rendimento agrícola, avaliado como moderadamente tóxico, porém, de baixa persistência, exige a aplicação repetida para o controle de ervas daninhas de folha larga e gramíneas, principalmente em milho, sorgo, cana-de-açúcar, abacaxi e, até na vegetação paisagística (CAMPOS et

al., 2008; CAVAS, 2011). Desta forma, a atrazina é o herbicida triazínico mais encontrado nos ambientes aquáticos rurais devido ao seu amplo uso e estabilidade nesses locais (CAMPOS et al., 2008).

O alto potencial de contaminação da atrazina e suas formulações no ambiente se deve à lipofilicidade, hidrólise lenta, alta solubilidade em água e solvente orgânico (NWANI, 2021). Diante disso, grandes quantidades deste herbicida são encontradas nas águas superficiais e subterrâneas, e no meio ambiente, em geral, pode prejudicar espécies aquáticas (NWANI et al., 2011).

O herbicida à base de atrazina, é frequentemente detectado em rios e córregos, acima dos limites permitidos pela legislação vigente e já houve registros de resíduos em água de abastecimento público (NWANI et al., 2021). A estabilidade da Atrazina é dependente da acidez e da quantidade de matéria orgânica dissolvida na água (CAMPOS et al., 2008).

2.3.5 Neonicotinóides

Neonicotinóides são inseticidas que atuam de forma sistêmica nos tecidos vegetais e protegem todas as partes da cultura (SLUIJS et al., 2013).

A introdução do imidaclopride e tiaclopride no mercado abriu a era neonicotinóide no controle de pragas de insetos, proteção de safras, cuidados veterinários e uso em jardins. Estes inseticidas se destacam entre os agrotóxicos mais usados, com aproximadamente 25% de participação no mercado global e, quando combinados com certos fungicidas ou outros agroquímicos, sua toxicidade aumenta (SLUIJS et al., 2013).

Ainda, segundo Sluijs et al. (2013) os efeitos letais agudos dos neonicotinóides no ar parecem ser promovidos pela alta umidade ambiental, enquanto os dias ensolarados e quentes também parecem favorecer a dispersão de substâncias ativas. Mesmo em doses realistas de campo, os neonicotinóides, têm propriedades potenciais contaminadoras de plantas e árvores silvestres ao redor do cultivo, cuja toxicidade depende do tempo de exposição.

O imidaclopride tem efeitos subletais significativos, mesmo em níveis autorizados de uso. A utilização indiscriminada de neonicotinóides, autorizada em mais de 120 países e 1000 culturas contaminam o solo das lavouras tratadas, além de poluir as águas superficiais na maior parte do ano (SLUIJS et al., 2013).

2.4 PEIXES COMO BIOINDICADORES

A importância do biomarcador é poder confiar no resultado, ele precisa responder à variação ambiental de forma proporcional e fornecer uma resposta que pode ser mensurável. Segundo Johnson et al. (1993), um indicador biológico deve apresentar algumas características: i. ser uma espécie bem definida e reconhecível; ii. ter ampla distribuição geográfica; iii. ser abundante e de fácil coleta; iv. ter baixa variabilidade genética; v. apresentar tamanho grande e, vi. ter facilidade em adaptar-se aos ensaios laboratoriais.

Um bioindicador deve sobreviver em ambientes saudáveis, mas também apresentar resistência relativa ao contaminante que está exposto, sendo sensível para detectar poluentes, mesmo em baixas concentrações e não se encontrar em risco de extinção (SANCHEZ-GALAN et al., 1998). No caso, os peixes são animais que costumam responder à contaminação de uma maneira semelhante aos mamíferos, porém com reações rápidas, mesmo em baixas concentrações das substâncias tóxicas (OBIAKOR et al. 2012).

Peixes são bioindicadores sensíveis à presença de poluentes no meio ambiente, amplamente utilizados em estudos de monitoramento ambiental como indicadores de toxicidade que permitem estimar os possíveis riscos ecológicos e efeitos biológicos causados por uma grande variedade de compostos presentes nos ambientes aquáticos. Desta forma, avaliar os efeitos adversos dos agrotóxicos nas espécies de peixes tornou-se muito importante devido à importância ecológica e econômica dos peixes (AYANDA et al., 2021).

A exposição ambiental de peixes a diversos poluentes genotóxicos pode ser avaliada observando-se os danos ao DNA, como MN em eritrócitos do sangue periférico. Conforme Obiakor et al. (2012) a utilização dos peixes como bioindicadores e dos micronúcleos como marcadores, permite-nos fazer uma avaliação precoce dos danos e os efeitos ambientais na saúde de organismos, populações e comunidades (FLORES-GALVÁN et al., 2020).

Nas últimas décadas vários autores passaram a utilizar o teste de MN para determinar o potencial genotóxico de diversos compostos também em peixes, já que permite a detecção precoce de fatores ambientais e de problemas em ecossistemas aquáticos. Este teste é rápido e simples na detecção de mutagenicidade e genotoxicidade (ALI et al. 2014 ; DAR et al. 2015; NWANI et al. 2017 ; SHAHJAHAN

et al. 2019).

2.4.1 Espécies de peixes utilizadas no Teste de Micronúcleo

2.4.1.1 *Channa punctatus*

O peixe *Channa punctata* (Bloch, 1793), conhecido como cabeça de cobra manchada e internacionalmente como murrel, são encontradas na Ásia, além de Alemanha (QIN, 2019). Na Índia, é comum em todas as planícies e também é abundante em riachos lamacentos até uma altitude de 600 m. Habitam lagoas, pântanos, águas salobras e valas e preferem águas estagnadas com vegetação (TALWAR; JHINGRAN, 1991; ARCHARYA; IFTEKHAR, 2000). Além disso, esses peixes são nativos e muito comuns nos rios e lagos do sul e sudeste do Brasil e norte da Argentina (GOMEZ, 1992; GHISI et al., 2013). Considerando sua tolerância ao baixo oxigênio dissolvido, a respiração aérea facilita sua sobrevivência em águas rasas, adequada para cultivo extensivo em áreas tropicais ou subtropicais e tanques intensivos, contudo a classificação por tamanho é necessária para reduzir o canibalismo (QIN, 2019).

Channa punctatus é uma espécie de peixe que apresenta características ecotoxicológicas como ampla distribuição em ambiente de água doce, disponibilidade ao longo das estações, presença de 32 cromossomos diplóides bem diferenciados, importância comercial, facilidade de coleta de sangue e aclimatação às condições de laboratório, frequentemente usada para avaliar genotoxicidade (KUMAR et al., 2009; NWANI et al., 2011).

2.4.1.2 *Clarias gariepinus*

Clarias gariepinus, conhecido como bagre africano, carpas originárias da Ásia, são habituadas as águas frias e algumas espécies podem suportar dias em situações de anoxia em lagos congelados dessa região (JENG et al., 2008), é um peixe grande, rústico e onívoro. Caracterizado pela flexibilidade, ele se alimenta de restos vegetais e devora outros peixes e anfíbios. Devido a sua facilidade de adaptação ao ambiente ele dificilmente é capturado (ÚMBRIA; ARANHA, 2008). Em seus estudos Úmbria e Aranha (2008) registram o período reprodutivo desta espécie no mês de setembro, mais precisamente na primavera, e pode estar associado ao

aumento da temperatura da água e da quantidade de chuva.

O *Clarias gariepinus* foi amplamente introduzido na África, Europa e Ásia. No Brasil, o bagre africano foi introduzido na bacia do rio Doce e outras bacias do Estado de Minas Gerais (ALVES et al., 1999), na Laguna dos Patos no Rio Grande do Sul (BRAUN et al., 2003) e também na bacia do rio Guaraguaçu no estado do Paraná (VITULE et al., 2006).

2.4.1.3 *Oreochromis niloticus*

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é reconhecida pelos pesquisadores pela sua sensibilidade em responder, rapidamente, às alterações ambientais, como bioindicadora em testes de toxicidade de contaminantes da água, ensaios laboratoriais, podendo ser utilizada para a investigação da toxicidade de contaminantes de ecossistemas aquáticos (DAR et al., 2014).

Também, de acordo com El Nahas et al. (2017) a espécie *Oreochromis niloticus* é um bioindicador modelo para avaliação do ecossistema aquático e para realização de estudos toxicológicos.

Oreochromis niloticus se tornou, na última década, a espécie mais cultivada no Brasil e vem despertando interesse por criadores de peixes, pois é uma espécie comercialmente importante no sudeste do Brasil, principalmente no Estado de São Paulo (VENTURA et al., 2008).

Esta espécie é caracterizada pela coloração cinza azulada, corpo curto e alto, cabeça e cauda pequena. Considerada rústica, precoce, com hábito alimentar onívoro, é muito resistente a condições adversas e enfermidades, além de apresentar crescimento rápido. Por não apresentar espinhos em forma de Y em seu filé, a tilápia do Nilo é apropriada para a indústria alimentícia, razão pela qual esta espécie é encontrada em estuários de todo o mundo (VENTURA et al., 2008).

2.4.1.4 *Danio rerio*

O peixe-zebra (*Danio rerio*) é utilizado como sistema modelo para avaliação de genotoxicidade devido à disponibilidade de seu genoma completo e por possuir genes ortólogos, funções idênticas, em humanos (HOWE et al., 2013; CANEDO; ROCHA, 2020). Além disso, o peixe-zebra tem vantagens como sistema modelo: tamanho pequeno, alta produção de ovos, desenvolvimento rápido e fácil de manter

em condições de laboratório. Alta reprodução, viabilidade, baixo custo, fácil manutenção (DAI et al., 2014). O peixe-zebra (*Danio rerio*) destaca-se como sistema modelo adequado para avaliar a AN induzida por poluentes através do teste de micronúcleo (CANEDO et al., 2021).

Embora vários modelos de peixes sejam usados para a triagem de toxicidade do ambiente aquático, o *Danio rerio* é amplamente utilizado como marcador nos experimentos para investigar a formação de MN e AN (HILL et al. 2005; SIPES et al. 2011).

2.4.1.5 *Carassius carassius*

Carassius carassius é um peixe de água doce, conhecido como carpa cruciana. Espécie originária da Ásia e distribuída naturalmente na Europa, se alimenta de plantas, restos de matéria orgânica e pequenos invertebrados em rios com vegetação e águas tranquilas. São adaptáveis às temperaturas tropicais, mas resistem ao frio e à poluição (SIMÕES, 2008). Segundo dados da FAO (2007), *Carassius carassius* estão entre as espécies mais cultivadas mundialmente, e mais importantes para a aquicultura na China, principal produtora de organismos aquáticos (PAN et al., 2008), tendo uma excelente aceitação no mercado de aquariofilia, pesca esportiva e consumo humano. A espécie *Carassius auratus*, está entre as 10 espécies mais introduzidas em outros países, e a espécie *Carassius carassius* entre as 10 espécies mais cultivadas no mundo (SIMÕES, 2008).

A ampla distribuição e disponibilidade do *Carassius*, peixe de água doce, ao longo do ano, fácil manutenção em aquários e importância comercial são características ecotoxicológicas que fazem desta espécie um excelente modelo para estudos de toxicidade (DAR et al., 2014).

2.5 TESTE DE MICRONÚCLEO COMO BIOMARCADOR

Entre os testes disponíveis atualmente, o MN é o mais aplicado para avaliar os potenciais genotóxicos de poluentes no sistema aquático (ISMAIL et al., 2018; SHAHJAHAN et al., 2019; ISLAN et al., 2019). Devido à sua comprovada adequação para espécies de peixes (ÇAVAS; ERGENE-GOZUKARA, 2003; ÇAVAS, 2011), o teste de MN é útil para avaliar o estado de ecossistemas aquáticos expostos à poluição ambiental (CARMELLO et al., 2019), porque permite detectar

precocemente os problemas ambientais em ecossistemas aquáticos (ZAPATA, 2017).

O teste de MN e AN têm sido utilizados em peixes de água doce devido à sua simplicidade, baixo custo, alta sensibilidade, dados precisos e aplicabilidade para estudos em condições de laboratório e de campo GALINDO; MOREIRA, 2009; CHEN et al., 2016; SILVA et al., 2021; TRIGUEIRO et al., 2021).

O MN é um pequeno fragmento nuclear adicional, separado do núcleo principal, formado por cromossomos ou fragmentos de cromossomos que não foram unidos ao núcleo principal durante a mitose (CARRARD et al., 2007). A formação do MN pode ocorrer através de danos diretos nos cromossomos ou ainda por danos no mecanismo do fuso mitótico, envolvida na separação dos cromossomos (ALBERTINI et al., 2000). Desta forma, eventos clastogênicos ou aneugênicos dariam origem aos micronúcleos.

Para que ocorra a identificação de um MN, precisam ser observados alguns critérios, como: (i) ser um terço menor que o núcleo principal; (ii) não tocar o núcleo principal; (iii) estar no mesmo plano de foco do núcleo e, (iv) apresentar a mesma coloração (OLIVEIRA, 2013), conforme Figura 1.

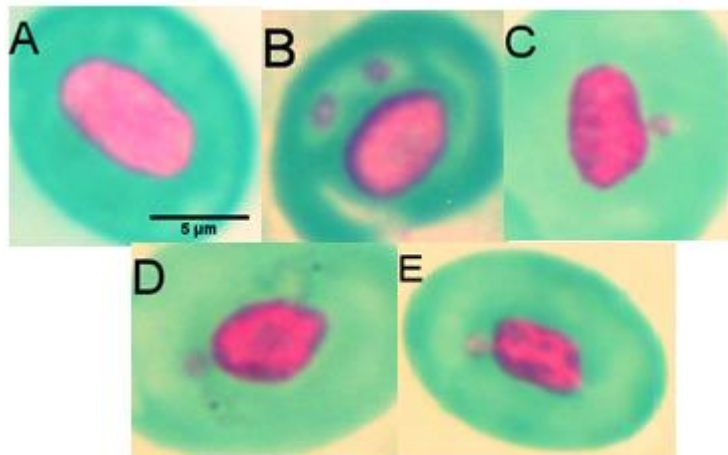


Figura 1 - Eritrócito normal (A) e eritrócitos micronucleados (B, C, D, E) observados em objetiva de 100x.

Fonte: Kasper, 2018.

As AN são alterações provocadas pelos mesmos agentes que induzem os MN, porém os mecanismos moleculares que acarretam as alterações não foram desvendados até o momento (GRISOLIA, 2002; OLIVEIRA et al., 2019; FREIRE et

al., 2014; MELO et al., 2014). Amaeze et al., (2020) cita em seus estudos um experimento realizado por Ayllon e Garcia-Vazquez (2001), onde alguns compostos genotóxicos induzem a formação de MN (como a colchicina e acrilamida), enquanto outros induzem a formação de AN (ciclofosfamida e mitomicina-C). Sendo assim, os autores sugerem que a presença de AN deve ser considerada como dados complementares aos registros de micronúcleo e como alterações decorrentes da indução por agentes citogenotóxicos (AMAEZE et al., 2020). No mesmo viés, Fenech (2020), traz um estudo elucidativo sobre todas as AN em peixes com suas especificidades moleculares traçando ligações importantes do surgimento desses eventos com a exposição a xenobióticos.

Além da observação e contagem dos micronúcleos, são contabilizadas quantitativamente e qualitativamente as alterações nucleares (AN) encontradas. Na Figura 2 essas alterações são categorizadas em: Blebbed, Lobbed, Vacuolated, Notched, Binúcleo e Apoptose (CARRASCO et al., 1990; CARROLA et al., 2014).

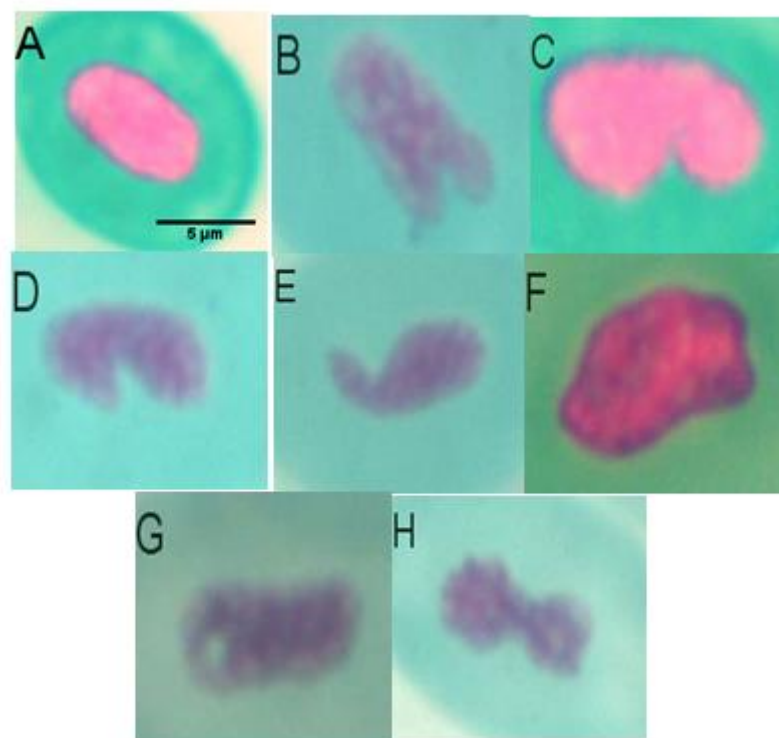


Figura 2 - Eritrócitos normal (A), blebbed (B e C), lobbed (D e E), notched (F), vacuolated (G) e segmented (H).

Fonte: Kasper, 2018.

Desta forma, o teste de MN e AN avalia a toxicidade de poluentes aquáticos e

tem sido amplamente utilizado para detecção de efeito clastogênico (quebra cromossômica) e aneugênico (disfunção do fuso mitótico) de produtos químicos NORPPA; FALCK, 2003; ALI et al., 2008) responsáveis por possíveis efeitos causadores de danos ao DNA (ZAPATA, 2017).

3. METODOLOGIA

A busca dos estudos foi realizada nas bases de periódicos Pubmed, Web of Science, Scopus e Scielo.

Nestas bases buscou-se artigos publicados em português, inglês ou espanhol, através das palavras-chaves (micronuclei OR micronucleus OR micronúcleo OR micronúcleos) AND (fish OR fishes OR peixe) AND (pesticide OR herbicide OR insecticide OR fungicide OR organophosphate OR agrochemical OR pesticide OR herbicide OR insecticide), publicados no período de janeiro de 2000 a junho de 2021.

Foram excluídos da revisão quaisquer artigos que tratassem de: (a) MN nas brânquias; (b) MN em fígado; (c) testes de drogas; (d) testes com extratos vegetais; (e) artigos repetidos ou inconsistência nas bases de dados; e, (f) artigos de revisão.

Os critérios de inclusão foram: (a) Período em anos: janeiro 2000 a junho de 2021; (b) Método: Eritrócitos periféricos; (c) Foco de análise: Contaminantes ambientais, rios, lagos, agrotóxicos, poluentes; e (d) in situ ou ex situ.

Primeiramente, todos os artigos foram revisados pelo título e resumo, sendo classificados quanto aos critérios de exclusão. Após, foi realizada a leitura completa dos artigos selecionados e novamente classificados conforme os critérios de exclusão. O número de artigos em cada etapa de seleção está apresentado na Figura 3. No final da seleção, permaneceram 149 artigos.

Os dados extraídos dos 149 artigos selecionados foram: testes com peixe, número de indivíduos (peixes) analisados, número de células analisadas por peixes, inclusão ou não de AN, método de coloração, tipo de agrotóxico, princípio ativo, grupo químico, resultados significativos ou não e, estudo de campo ou laboratório. Essas informações foram organizadas em planilha eletrônica do Google.

Os resultados são apresentados em tabelas e gráficos, com apresentação de frequências absolutas e relativas.

O projeto não necessitou apreciação pela Comissão de Ética de Pesquisas em Animais, por incluir somente estudos já publicados.

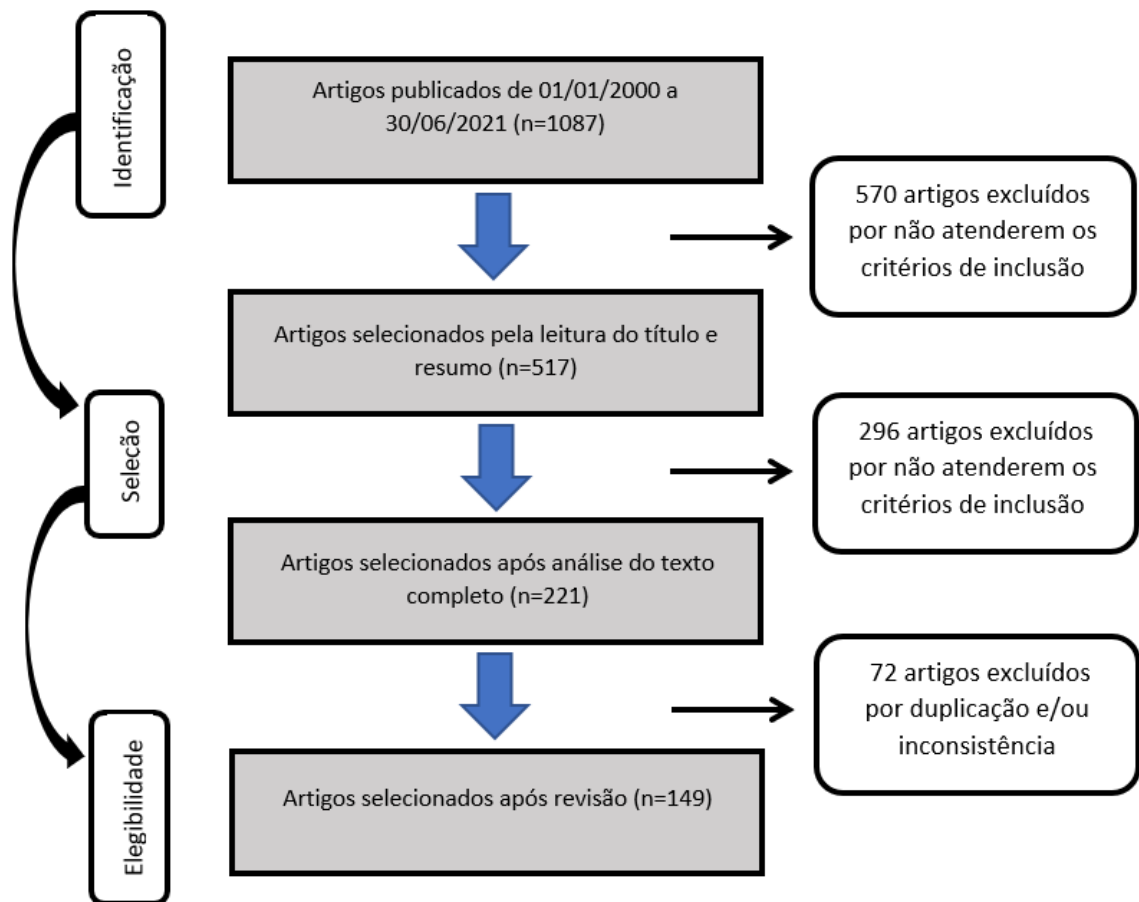


Figura 3 - Fluxograma indicando os artigos incluídos na revisão.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Os artigos selecionados para essa revisão integrativa constam no Quadro 1, Apêndice A.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total, dos 221 artigos que usaram o teste de MN em peixes, publicados entre 01/01/2000 e 30/06/2021, que contemplam os requisitos estabelecidos na metodologia, 72 foram excluídos por estarem repetidos (em mais de uma base de periódicos), permaneceram 149 artigos selecionados para a revisão integrativa (Figura 3).

Dos artigos que permaneceram para a análise, a maioria se encontra na base de periódicos Web of Science e Scopus. Isso se deve pela temática dos estudos com aderência às ciências ambientais, ao invés da saúde humana, como na base Pubmed.

Os resultados e discussão são apresentados para detalhar as espécies de peixes estudadas nos artigos, listar os tipos de agrotóxicos e grupos químicos, determinar a proporção de resultados positivos para genotoxicidade ambiental através do teste de MN em peixes, e por fim, determinar a efetividade do teste de micronúcleo em peixes na avaliação de genotoxicidade ambiental.

Quanto ao período de publicação dos artigos, observa-se que nos anos de 2001, 2004 e 2005 nenhum artigo, que contemplasse os critérios da pesquisa sobre o teste de MN, foi publicado. Já, entre os anos de 2006 e 2011 foram publicados 28 (18,8%) artigos. Destaque para o período entre 2012 e 2017, em que 63 (42,3%) artigos foram publicados, isto é, mais que o dobro de artigos do período anterior (Tabela 1).

Tabela 1 - Ano de publicação dos artigos selecionados na revisão integrativa.

Ano	Número de artigos (%)
2000 - 2005	3 (2,0)
2006 - 2011	28 (18,8)
2012 - 2017	63 (42,3)
2018 - 2021	55 (36,9)

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

O número de artigos que tratam do teste de MN em peixes, publicados nas

bases de periódicos investigadas, vem crescendo ao longo do tempo, considerando que no ano de 2021 abrange artigos publicados até o trigésimo dia do mês de junho. Canedo e Rocha (2020) também relatam aumento na produção científica em seus estudos de genotoxicidade, com o teste de MN, usando peixes como bioindicador.

As espécies de peixes utilizadas para os testes nos artigos estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Espécies de peixe utilizadas nos artigos da revisão.

Espécie	Número de peixes (%)
<i>Channa punctatus</i>	17 (11,4)
<i>Oreochromis niloticus</i>	13 (8,7)
<i>Cyprinus carpio</i>	13 (8,7)
<i>Cnesterodon decemmaculatus</i>	10 (6,7)
<i>Prochilodus lineatus</i>	10 (6,7)
<i>Clarias gariepinus</i>	10 (6,7)
<i>Danio rerio</i>	7 (4,7)
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	6 (4,0)
<i>Carassius carassius</i>	5 (3,3)
<i>Carassius auratus</i>	4 (2,7)
<i>Labeo rohita</i>	4 (2,7)
<i>Piaractus mesopotamicus</i>	4 (2,7)
<i>Astyanax altiparanae</i>	4 (2,7)
<i>Australoheros facetus</i>	4 (2,7)
<i>Barbonymus gonionotus</i>	4 (2,7)
<i>Clarias batrachus</i>	3 (2,0)
<i>Astyanax jacuhiensis</i>	3 (2,0)
<i>Corydoras paleatus</i>	2 (1,3)
<i>Catla catla</i>	2 (1,3)
<i>Geophagus brasiliensis</i>	2 (1,3)
<i>Astyanax spp.</i>	2 (1,3)
<i>Rhamdia quelen</i>	2 (1,3)
<i>Poecilia reticulata</i>	2 (1,3)
<i>Astyanax bimaculatus</i>	2 (1,3)

<i>Orthrias angorae</i>	2 (1,3)
<i>Xenotoca melanosoma</i>	2 (1,3)
<i>Hemichromis bimaculatus</i>	1 (0,7)
<i>Astyanax aff.</i>	1 (0,7)
<i>Astyanax lacustris</i>	1 (0,7)
<i>Jenynsia multidentata</i>	1 (0,7)
<i>Poecilia vivipara</i>	1 (0,7)
<i>Pagnasianodon hypophthalmus</i>	1 (0,7)
<i>Gobiocypris rarus</i>	1 (0,7)
<i>Brycon henni</i>	1 (0,7)
<i>Pseudorasbora parva</i>	1 (0,7)
<i>Chalcaburnus tarichi</i>	1 (0,7)
<i>Gambusia affinis</i>	1 (0,7)
<i>Cirrhinus mrigala</i>	1 (0,7)
<i>Hypostomus punctatus</i>	1 (0,7)
<i>Xiphophorus maculatus</i>	1 (0,7)
<i>Aequidens metae</i>	1 (0,7)
Jundiara (<i>Leiarius marmoratus</i> x <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>)	1 (0,7)
<i>Leuciscus cephalus</i>	1 (0,7)
<i>Heteropneustes fossilis</i>	1 (0,7)
<i>Anabas testudineus</i>	1 (0,7)
<i>Carassius gibelio</i>	1 (0,7)
<i>Oreochromis aureus</i>	1 (0,7)
<i>Chalcalburnus tarichi</i>	1 (0,7)

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Nota: % em relação ao número de artigos revisados (n=149).

Nesta revisão integrativa, oito artigos utilizaram duas ou mais espécies de peixes; que são *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus maculatus*, *Cyprinus carpio*, *Hypostomus punctatdus*, *Rhamdia quelen*, *Oreochromis niloticus*, *Astyanax bimaculatus*, *Aequidens metae*, *Misgurnus anguillicaudatus*, *Xenotoca melanosoma*, 5,4% em relação ao total de artigos.

Já, nos estudos de Zavala-Aguirre et al. (2007) é importante ressaltar que

foram avaliadas dez (10) espécies de peixes, oito delas (5,4%) não esclarecidas, sendo que das duas espécies destacadas, *Oreochromis aureus* e *Xenotoca melanosoma*, os autores concluíram que o *Oreochromis aureus* é um potencial indicador biológico.

Nos outros artigos: *Poecilia reticulata* junto com *Xiphophorus maculatus* (PEREIRA et al., 2016), *Cyprinus carpio*, *Hypostomus punctatus*, *Rhamdia quelen*, *Oreochromis niloticus* (SALVAGNI et al., 2011); *Astyanax bimaculatus*, *Aequidens metae* (CORREDOR-SANTAMARÍA et al., 2016); *Misgurnus anguillicaudatus*, *Carassius gibelio* (GAO et al., 2020); *Anabas testudineus*, *Heteropneustes fossilis*, *Oreochromis niloticus* (SAMANTA et al., 2017); *Leuciscus cephalus*, *Salmo trutta f. fario*, *Oncorhynchus mykiss* (MAIER et al., 2015).

As nove espécies de peixes mais utilizadas para o teste de MN foram: *Channa punctatus*, *Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, *Cnesterodon decemmaculatus*, *Prochilodus lineatus*, *Clarias gariepinus*, *Danio rerio*, *Misgurnus anguillicaudatus*, *Carassius carassius*, respectivamente. Os testes conduzidos em laboratório, com ambiente e condições controladas se utilizam, com mais frequência, nos peixes de fácil manutenção em aquários como o *Danio rerio*, da mesma forma as espécies que têm grande distribuição geográfica como o *Channa punctatus*, são amplamente usados por pesquisadores da Ásia.

Crupkin et al. (2021) fizeram uma comparação de biomarcadores entre peixes juvenis e adultos, ambos apresentaram sensibilidade semelhante para genotoxicidade. Contudo, em termos de danos ao DNA, a frequência total de AN aumentou em peixes juvenis. Portanto, diferenças entre peixes juvenis, que apresentam maior sensibilidade comum em estágios iniciais de desenvolvimento e adultos indicam que é recomendada uma seleção rigorosa de peixes, tanto para bioensaios quanto para estudos de biomonitoramento em que biomarcadores serão analisados.

A espécie de peixe *Corydoras paleatus* parece ser resistente à exposição a agrotóxicos, principalmente à deltametrina, pois é encontrada em várias áreas impactadas onde outras espécies de peixes se tornam raras ou ausentes devido à contaminação (GUILOSKI et al., 2013). Na revisão, essa espécie foi utilizada nos testes de MN em apenas dois artigos. Uma constatação importante observada na pesquisa de Guiloski et al. (2013) é que as concentrações subletais, dos três inseticidas (carbamato, organofosforado e compostos piretróides) testados em *Corydoras paleatus* (peixes nativos e muito comuns nos rios e lagos do sul e

sudeste do Brasil e norte da Argentina), não causaram estresse oxidativo e danos genéticos. De fato, este peixe pode ser útil como bioindicador por apresentar grande capacidade de adaptação a diferentes condições de qualidade da água (CORREDOR et al., 2016; GUILOSKI, 2013).

Os dados obtidos na literatura mostram que não há padronização para o número de peixes analisados, isto é, tamanho da amostra (Figura 4) e nem para o número de células analisadas por peixe (Figura 5). Nos artigos avaliados, estudos com mais de 80 peixes da mesma espécie, o tamanho da amostra se justifica pela quantidade de testes realizados. Muitos autores realizam outros experimentos e análises, simultaneamente ao MN, especificando apenas o número de indivíduos no conjunto do estudo, entretanto, na leitura dos artigos trabalhos, um número de 10 indivíduos (peixes) é o tamanho amostral mais frequente nos artigos. Esse número demonstra segurança nos dados porque se tratando de testes laboratoriais as condições são todas controladas possibilitando um bom resultado estatístico com esse número, o qual se refere a confiabilidade e segurança nos dados obtidos, pois 44 (22,8%) estudos foram publicados com esse número (ALI et al., 2008; NWANI et al., 2011; D’COSTA, et al., 2018; OSSANA et al., 2019). Neste viés, para amostragem no ambiente, onde existe muita variável ambiental que não é controlada o número de dez peixes pode não ser suficiente.

O número de eritrócitos por peixe para determinação de células com MN é apresentado na Figura 5. Sabe-se que a ocorrência de MN por origem endógena é amplamente relatada e não ultrapassa valores iguais a um MN por 1.000 células (SERIANI et al., 2011; HUSSAIN et al., 2016). Assim, observou-se, que a maioria, 46 artigos (30,9%) utilizaram 2.000 células/peixe, seguido por 32 artigos (21,5%) em que foram analisadas 1.000 células e somente 16 (10,7%) dos artigos utilizaram a regra de triplicata (3.000 por peixe).

Além disso, um número expressivo de 11 artigos (7,4%) não relata o número de eritrócitos, células/peixe analisadas, ou seja, os autores se referem ao número de lâminas analisadas por indivíduo (1.000 células/lâmina), alguns estudos citam o número de células analisadas por lâminas, enquanto outros mencionam apenas o valor total de eritrócitos. Isso reflete uma falta de padronização na metodologia do teste de MN.

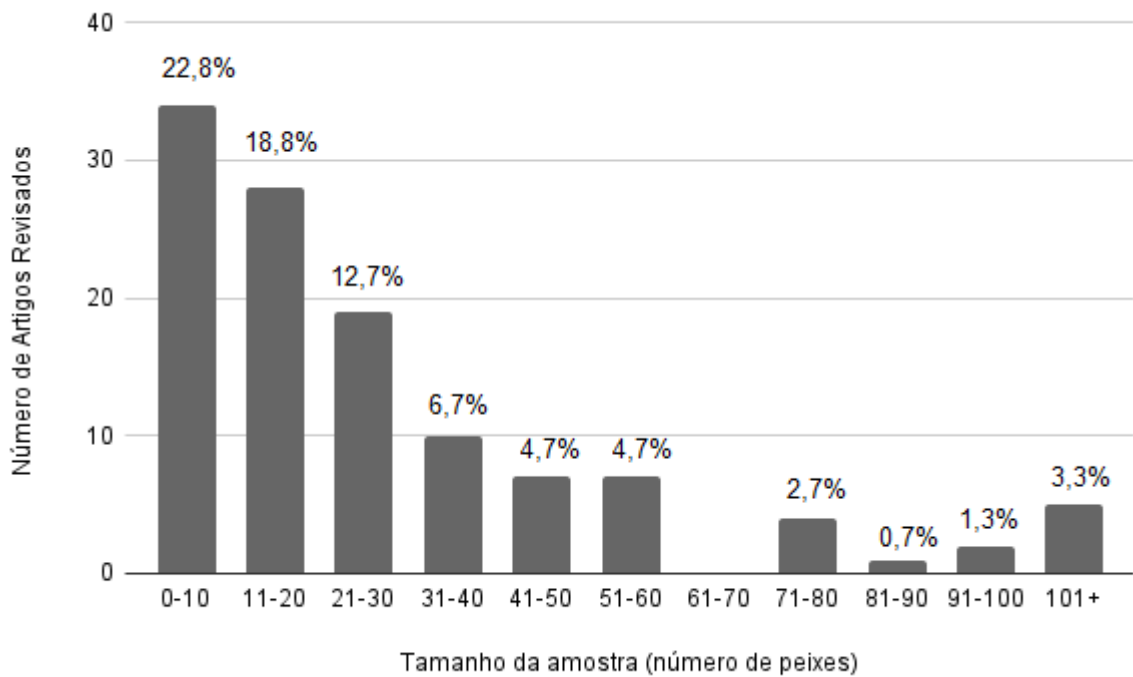


Figura 4 - Tamanho da amostra (número de peixes) por artigo da revisão.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

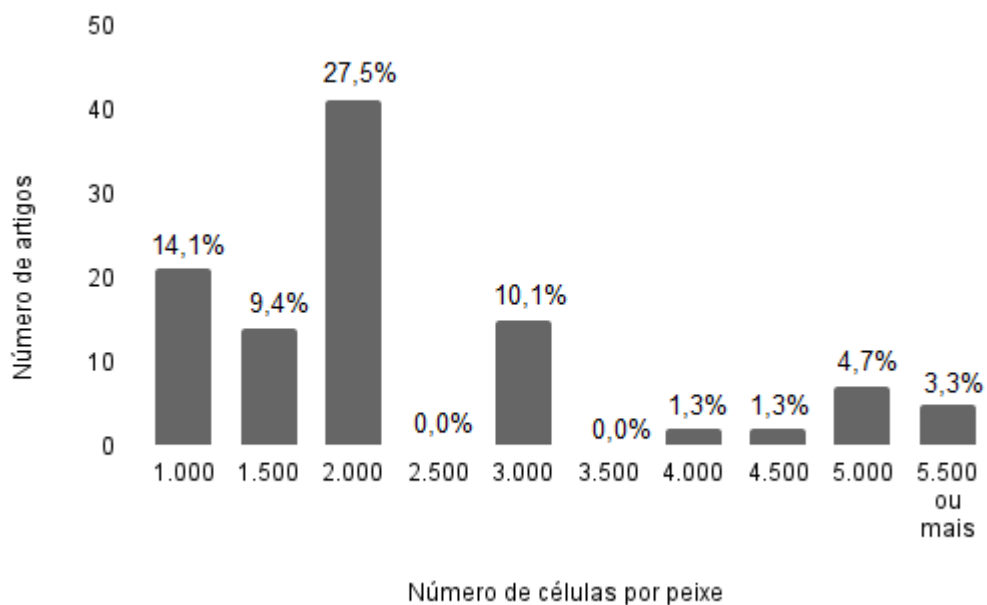


Figura 5 - Número de células (eritrócitos) por peixe nos artigos.

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Além de MNs, alguns artigos relatam anormalidades nucleares (ANs) em eritrócitos para avaliar os efeitos da poluição (SÁNCHEZ-GALÁN et al., 1998; NWANI et al., 2011; MAIER, 2015; BOTELHO et al., 2015; NAHAS et al., 2017;

CARAMELLO et al., 2019; AMAEZE et al., 2020). Diversos artigos mostraram a relação positiva entre as frequências de AN e MN, sugerindo que a identificação dessas alterações é útil em estudos de genotoxicidade em peixes (ÇAVAS; ERGENE-GOZUKARA, 2003), alterações essas observadas apenas em eritrócitos maduros (GUILHERME et al., 2010). Peixes que vivem em ambientes contaminados geralmente desenvolvem mais anormalidades nucleares que podem evoluir e ocasionar a morte celular (VIEIRA et al., 2017). Na Tabela 3, é apresentado o número de artigos que avaliaram AN, além do teste de micronúcleo (Tabela 3).

Tabela 3 - Número de artigos que realizaram a análise AN.

Anormalidade nuclear	Número de artigos (%)
Sim	91 (61,1)
Não	58 (38,9)

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Na Tabela 4, são apresentados os tipos de AN relatadas nos artigos, que são decorrentes de danos nos eventos de divisão celular.

Tabela 4 - Tipos de ANs relatadas nos artigos.

Anormalidades	Número de artigos (%)
Lobbed	49 (32,9)
Blebbled	19 (12,7)
Brotos nucleares	14 (9,4)
Binucleados	14 (9,4)
Núcleos vacuolizados	6 (4,0)
Pontes nucleares	4 (2,7)
Núcleo segmentado	2 (1,3)

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Nota: % em relação ao total de artigos revisados (n=149).

As ANs mais frequentes foram núcleos Lobbed, Blebbed, Brotos nucleares e Binucleados.

No Brasil, vários poluentes com a nomenclatura de agrotóxicos, podem induzir AN em peixes. Destacam-se na revisão dos artigos: inseticidas, herbicidas e fungicidas - cujos princípios ativos podem afetar organismos não-alvo (CAVAS, 2011). A formação de AN depois de exposição à efluentes seguem um padrão de surgimento de danos na segregação dos cromossomos, inibição da polimerização do tubo mitótico, interferência na adesão do fuso ao cinetócoro, quebra no DNA, alteração nas vias de reparo e representam perigo para o ecossistema aquático (CANEDO et al., 2021). A associação da análise de MN e AN tem sido uma metodologia bastante usada pelos autores, permitindo estabelecer relações entre o ambiente e os danos celulares dos bioindicadores.

Canedo (2021), aborda o surgimento de MN e AN em *Danio rerio* expostos a diversos tipos de compostos, mostrando que a atrazina e o glifosato induzem MN e AN nesses peixes, portanto ambos os marcadores se mostram aptos para o monitoramento de águas impactadas por agrotóxicos. Outro ponto importante a ser considerado é que a frequência de ANs, induzidas por agrotóxicos nos artigos revisados, é frequentemente reportada como sendo dependente do tempo de exposição, concentração, condição de exposição do peixe de água doce e tipo de poluente utilizado.

Também, foi verificado os dois tipos de estudo conduzidos nos artigos: i. controlado em laboratório e ii. peixes coletados em seu habitat. Esse resultado é apresentado na Tabela 5.

Segundo as condições de realização de teste de MN, Sommer et al. (2020) confirmam em seus estudos, que os testes de genotoxicidade e mutagenicidade podem ser realizados por abordagens *in situ* (laboratório) ou *ex situ* (campo). Nos artigos revisados, observou-se maior número de experimentos controlados, isto é, em laboratório.

Grisolia (2002) argumenta que o teste de MN em peixes pode ser usado nos ensaios de genotoxicidade direta e em condições extremas de exposição, que produzem efeito secundário, enquanto Sommer et. al. (2020) sugere que sejam realizados estudos utilizando a exposição natural dos peixes para estabelecer um paralelo na comparação. Quando testes são padronizados com todas as variáveis controladas, os resultados apresentam dados mais precisos em comparação dos testes com peixes advindos de seu habitat. Estes devem se cercar de todas as

variáveis do ambiente onde esses animais estão inseridos, como: qualidade e quantidade de alimento disponível no habitat, análise da água para determinar a presença de agrotóxicos, índice de chuva, presença ou não de mata ciliar no entorno do rio, além da escolha correta da espécie, bem como sua composição genética como aborda Viana (2018).

Outro fator a ser considerado em estudos com peixes, advindos de seu habitat, é em relação ao grande volume de água do rio, quanto à vazão e seu entorno. Agrotóxicos são dissolvidos em água e são levados pela correnteza, dificultando a determinação da exposição dos peixes. Devido a esses fatores, a quantidade de estudos com peixes advindos de seus habitats ainda é inferior aos testes em laboratório, devido à dificuldade de identificar todas as variáveis envolvidas (SOMMER et. al., 2020).

Tabela 5 - Experimentos utilizados pelos artigos.

Tipo de teste	Número de artigos (%)
Teste Controlado	122 (81,9)
Teste com Peixe/habitat	17 (11,4)
Teste cruzado com agente protetor	6 (4,0)
Mistura de agrotóxicos no ambiente	4 (2,7)

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Em relação ao método de coloração, o método convencional com Giemsa é o mais utilizado nos artigos revisados.

O método Giemsa, mais utilizado no teste de MN, tem variação de tempo e de concentração do corante relatados na metodologia dos estudos. Observa-se na Tabela 6, que a maioria dos estudos utiliza os métodos: Giemsa, Laranja de acridina, May-Grunwald Giemsa.

Tabela 6 - Métodos de coloração utilizados no teste de MN nos artigos.

Método de coloração	Número de artigos (%)
Giemsa	128 (85,9)
Laranja de Acridina	11 (7,4)
May-Grunwald Giemsa	7 (4,7)
Wright-Giemsa	3 (2,0)
Hoechst 33342 (Sigma Aldrich, EUA)	1 (0,7)
Hematoxilina de Meyer	2 (1,3)

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Os métodos de coloração também não seguem uma padronização para a execução do teste entre os pesquisadores, isto é, o pesquisador faz adequação do processo para iniciar o estudo conforme seus objetivos. Importante na determinação de MN e AN é promover uma perfeita fixação do material coletado e perfeita hidrólise, a fim de que o corante penetre no núcleo e permita uma visualização clara e precisa, sem deixar dúvidas no momento da análise. Métodos com contracoloração do citoplasma são usados quando se opta pela coloração de Feulgen, com uso de Fast Green (LASSEN, et. al., 2020), porém esse método não foi utilizado nos artigos analisados.

Estudos utilizando técnicas citogenéticas permitiram a descoberta de agentes mutagênicos que podem induzir a formação de MN e AN (ARALDI et al., 2015; FENECH et al., 2020). Agrotóxicos podem induzir danos ao DNA e proteínas envolvidas no processo de divisão celular, através de vários mecanismos, causando perda de integridade do genoma e formação de MN e AN (FENECH et al., 2019). Esses danos dependerão do tipo de poluente (clastogênico e/ou aneugênico) e do estágio do ciclo celular (FENECH et al. 2019). Na Tabela 7 são apresentados os tipos de agrotóxicos avaliados nos artigos.

Tabela 7 - Tipos de agrotóxicos, de acordo com a praga que combate, analisados como indutores de MN nos artigos.

Tipo de agrotóxico	Número de artigos (%)
Inseticida	60 (40,3)
Herbicida	49 (32,9)
Fungicida	11 (7,4)
Não especificado	69 (46,3)

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Nota: Muitos artigos referem pesticidas, um artigo em agroquímicos e outros mencionaram misturas antrópicas. Portanto, de acordo com a especificação de agrotóxico na legislação brasileira, 69 artigos (46,3%) foram classificados como “não especificado”.

Nesta revisão integrativa, 40 artigos utilizaram mais de um tipo de agrotóxico. Segundo Ullah et al. (2018) dentre os diferentes tipos de agrotóxicos, os inseticidas são os mais utilizados e correspondem a cerca de 80% do uso total. Corroborando com a revisão, pois dos 149 artigos analisados, 60 (40,3%) deles utilizaram os inseticidas individualmente ou associado com outro agrotóxico. O inseto tem sido um inimigo frequente da agricultura em grande escala. Embora muitos trabalhos com controle biológico tenham sido publicados, os agricultores ainda temem a perda da produção e optam pelo uso de inseticidas ao longo de todo período da cultura (ARCAUTE et al., 2016). Devido ao grande número de princípios ativos nos artigos, optou-se pela apresentação do grupo químico (Tabela 8). Destacam-se: organofosforados (OPs), piretróides, glicina substituída, carbamato, triazina, neonicotinóides, ciclodienos e ácido pirimidiniloxibenzoico respectivamente.

No trabalho de Canedo (2021) os agrotóxicos são altamente indutores de MN e AN no modelo *Danio rerio*. Os herbicidas atrazina e ametrina aumentam não só a frequência de MN como de núcleos lobulados, núcleos notched e cariorrexe (BOTELHO, et. al., 2015) evidenciando efeito clastogênico. Da mesma forma, Bonomo (2020) mostra que um inseticida complexo Magnesium-Hesperidin, aumenta a produção de espécies reativas de oxigênio, seguido de estresse oxidativo, alteração da atividade do metabolismo celular com danos no DNA, que desencadeia a formação de MN e AN variadas.

Tabela 8 - Grupos químicos dos agrotóxicos que testam MN, relatados nos artigos.

Grupo químico	Número de artigos (%)
Organofosforados	77 (51,7)
Piretróide	32 (21,5)
Glicina substituída	22 (14,8)
Carbamato	20 (13,4)
Triazina	15 (10,1)
Neonicotinóides	9 (6,0)
Ciclodienos	6 (4,0)
Ácido pirimidiniloxibenzoico	2 (1,3)

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Nota: Alguns estudos utilizaram dois ou mais agrotóxicos. Esse número (%) é a quantidade de artigos que utilizaram esse composto.

Um dos objetivos desta revisão foi verificar se o teste de MN se mostra eficiente para biomonitoramento, isto é, se o resultado do teste foi significativo para genotoxicidade considerando os objetivos propostos nos artigos selecionados (Tabela 9).

Tabela 9 - Resultado significativo para a genotoxicidade do teste de MN nos artigos.

Resultado para alteração do teste de MN	Número de artigos (%)
Significativo	129 (86,6)
Não significativo	12 (8,0)
Não mencionado	8 (5,4)

Fonte: elaborado pela autora, 2022.

Dos artigos analisados, 129 (86,6%) comprovam que os agrotóxicos aumentam o índice de MN nos eritrócitos de peixes. Assim, a utilização do teste de MN, bem como AN, se mostra sensível ao que se propõe. Mesmo nos trabalhos onde os resultados para genotoxicidade não foram considerados significativos, como nos estudos de Linde-Arias (2008) e Baudou (2019), os autores expressaram a importância do teste de MN para detectar genotoxicidade, uma vez que os organismos aquáticos podem metabolizar, concentrar e armazenar poluentes veiculados pela água.

Quando os testes são feitos com peixes advindos do seu habitat, como no trabalho de Da Silva et al. (2014), é frequente resultados não significativos para genotoxicidade, visto que há variáveis a serem consideradas como: local da coleta, tamanho do rio, correnteza, parâmetros da água, espécie dos peixes, alimento disponível no habitat e a diluição de qualquer composto na água do rio.

Nos estudos de Bogoni et al. (2014), os maiores valores de danos cromossômicos foram encontrados nos períodos de menor pluviosidade. Enquanto, Silva et al. (2014) alerta que a intensificação da densidade de chuva pode interferir na atividade dos biomarcadores bioquímicos, pois os xenobióticos são arrastados para os córregos, principalmente os agrotóxicos aplicados na agricultura, desta forma testes controlados apresentam maior sensibilidade.

Os trabalhos selecionados evidenciam que agrotóxicos, associados ou não a outros contaminantes antropogênicos lançados nas águas, provocam risco ambiental que podem ser detectados nos peixes através do teste de micronúcleo na busca de minimizar danos ambientais (ADEDEJI et al., 2012; NWANI et al., 2021). Muitas substâncias tóxicas são capazes de impedir e modificar a replicação do DNA, interagindo intimamente com o material genético das células, levando a uma alteração oxidativa ou mesmo danos no DNA, interferindo na transmissão genética. Diversos estudos têm demonstrado uma alta incidência de micronúcleos, em eritrócitos de peixes, expostos a diferentes ambientes e agrotóxicos (ÇAVAS; KÖNEN, 2007; CASTRO et al., 2018; AMAEZE et al., 2020).

Portanto, o teste de MN é uma forma de avaliar a ação de substâncias tóxicas em peixes através da detecção de modificações no DNA. Embora Dar et al., (2015) considerem que é importante desenvolver ou padronizar os métodos existentes para detecção de produtos químicos genotóxicos em organismos aquáticos, o teste de MN continua sendo um método com repercussão mundial pela sua sensibilidade (GUILHERME et al., 2014; ITURBURU et al., 2018).

Estudo de Nwani et al. (2011) também confirma, que o teste de MN, é útil na determinação da genotoxicidade potencial de poluentes da água e, podem ser apropriados como parte do programa de monitoramento. Em muitos resultados, a frequência total de anormalidades nucleares foi diretamente proporcional às concentrações testadas, enfatizando a importância do teste de MN, como um marcador biológico precoce da exposição de peixes a poluentes clastogênicos no ambiente aquático (ALI et al., 2009).

Ainda, conforme demonstrado por Shahjahan et al. (2019), a velocidade,

sensibilidade e confiabilidade do teste de MN e AN, no sangue periférico de peixes, é usado intensivamente para a avaliação de contaminantes em ambiente aquático, e posteriormente confirmado Nwani et al. (2021), que seus resultados aprovam o uso do teste de MN na avaliação da toxicidade de poluentes aquáticos e no monitoramento de ecossistemas aquáticos. Os biomarcadores tornam-se ferramentas eficazes na estimativa de efeitos ecotoxicológicos, tanto em estudos de campo, quanto de laboratório (BONIFACIO; HUED, 2019).

Desta forma, após a revisão dos artigos e obtenção dos dados que atendem ao objetivo proposto, pode-se afirmar que o teste de MN associado ao de AN, são eficazes para avaliar potencial genotóxico de agrotóxicos.

5 CONCLUSÃO

O teste de Micronúcleo e Anormalidades Nucleares são bons marcadores, para determinar potencial genotóxico em peixes, que estão em contato com agrotóxicos.

O teste de MN, que analisa eritrócitos do sangue de peixes, nos artigos selecionados, mostra ser mais utilizado em experimentos controlados do que em peixes nativos obtidos de seu habitat.

A análise do MN e AN foi usada para determinar potencial genotóxico em um variado espectro de agrotóxicos.

Embora o teste de MN se mostre eficaz ao que se propõe, o protocolo do teste apresenta variações entre os artigos, não apresentando uma padronização no que se refere ao tamanho da amostra (número de peixes), quantidade de células avaliadas e tipos de coloração das lâminas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, I.; AHMAD, M. Fresh water fish, *Channa punctatus*, as a model for pendimethalin genotoxicity testing: A new approach toward aquatic environmental contaminants. **Environmental Toxicology**, v. 31, n. 11, p. 1520-1529, 2016.

ALI, D.; KUMAR, P. G.; KUMAR, S.; AHMED, M. Evaluation of genotoxic and oxidative stress response to dimethoate in freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch). **Chemical Speciation & Bioavailability**, v. 26, n. 2, p. 111-118, 2014.

ALI, D.; NAGPURE, N. S.; KUMAR, S.; KUMAR, R.; KUSHWAHA, B. Genotoxicity assessment of acute exposure of chlorpyrifos to freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch) using micronucleus assay and alkaline single-cell gel electrophoresis. **Chemosphere**, v. 71, n. 10, p. 1823-1831, 2008.

ALI, D.; NAGPURE, N. S.; KUMAR, S.; KUMAR, R.; KUSHWAHA, B.; LAKRA, W. S. Assessment of genotoxic and mutagenic effects of chlorpyrifos in freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch) using micronucleus assay and alkaline single-cell gel electrophoresis. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, n. 4, p. 650-656, 2009.

ADEDEJI, O. B., OKOCHA, R. O. Overview of pesticide toxicity in fish. *Advances in Environmental Biology*, 2344-2352, 2012.

ALVIM, T. T.; MARTINEZ, C. B. R. Genotoxic and oxidative damage in the freshwater teleost *Prochilodus lineatus* exposed to the insecticides lambda-cyhalothrin and imidacloprid alone and in combination. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 842, p. 85-93, 2019.

AMAEZE, N. H.; KOMOLAFE, B. O.; SALAKO, A. F.; BRIGGS, T. D.; OLATINWO, O. O.; FEMI, M. A. Comparative assessment of the acute toxicity, haematological and genotoxic effects of ten commonly used pesticides on the African Catfish, *Clarias gariepinus* Burchell 1822. **Helyon**, v. 6, n. 8, E04768, 2020.

AMARANTE JUNIOR, O. P.; SANTOS, T. C. R. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Revista Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.

AMJAD, S.; SHARMA, A. K.; SERAJUDDIN, M. Toxicity assessment of cypermethrin nanoparticles in *Channa punctatus*: Behavioural response, micronuclei induction and enzyme alteration. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 100, p. 127-133, 2018.

ANBUMANI, S.; MOHANKUMAR, M. N. Cytogenotoxicity assessment of monocrotophos and butachlor at single and combined chronic exposures in the fish *Catla catla* (Hamilton). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 4964–4976, 2015.

ANDRADE, L. L.; PEREIRA, A. E. S.; FRACETO, L. F.; MARTINEZ, C. B. R. Can atrazine loaded nanocapsules reduce the toxic effects of this herbicide on the fish *Prochilodus lineatus*? A multibiomarker approach. **Science of The Total Environment**, v. 663, p. 548-559, 2019.

ANSARI, R. A.; KAUR, M.; AHMAD, F.; RAHMAN, S.; RASHID, H.; ISLAM, F.; RAISUDDIN, S. Genotoxic and oxidative stress-inducing effects of deltamethrin in the erythrocytes of a freshwater biomarker fish species, *Channa punctata* Bloch. **Environmental toxicology**, v. 24, n. 5, p. 429-436, 2009.

ANSARI, R. A.; RAHMAN, S.; KAUR, M.; ANJUM, S.; RAISUDDIN, S. In vivo cytogenetic and oxidative stress-inducing effects of cypermethrin in freshwater fish, *Channa punctata* Bloch. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, n. 1, p. 150-156, 2011.

ARCAUTE, C. R.; SOLONESKI, S.; LARRAMENDY, M. L. Evaluation of the genotoxicity of a herbicide formulation containing 3,6-dichloro-2-metoxybenzoic acid (dicamba) in circulating blood cells of the tropical fish *Cnesterodon decemmaculatus*. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 773, p. 1-8, 2014.

ARCAUTE, C. R.; SOLONESKI, S.; LARRAMENDY, M. L. Toxic and genotoxic effects of the 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)-based herbicide on the

Neotropical fish *Cnesterodon decemmaculatus*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 128, p. 222-229, 2016.

ATEEQ, B.; FARAH, M. A.; ALI, M. N.; AHMAD, W. Induction of micronuclei and erythrocyte alterations in the catfish *Clarias batrachus* by 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and butachlor. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 518, n. 2, p. 135-144, 2002.

AYANDA, O.; TOLULOPE, A.; ONIYE, S. J. Mutagenicity and genotoxicity in juvenile African catfish, *Clarias gariepinus* exposed to formulations of glyphosate and paraquat. **Science Progress**, v. 104, n. 2, p. 1-15, 2021.

AYLLÓN, F.; GARCIA-VAZQUEZ, E. Micronuclei and Other Nuclear Lesions as Genotoxicity Indicators in Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 49, p. 221-225, 2001.

BAUDOU, F. G.; OSSANA, N. A.; CASTANÉ, P. M.; MASTRANGELO, M. M.; NUNEZ, A. A. G.; PALACIO, M. J.; FERRARI, L. Use of integrated biomarker indexes for assessing the impact of receiving waters on a native neotropical teleost fish. **Science of The Total Environment**, v. 650, p. 1779-1786, 2019.

BENINCÁ, C.; RAMSDORF, W.; VICARI, T.; RIBEIRO, C. O.; ALMEIDA, M. I.; ASSIS, H. C. S.; CESTARI, M. M. Chronic genetic damages in *Geophagus brasiliensis* exposed to anthropic impact in Estuarine Lakes at Santa Catarina Coast–Southern of Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, p. 2045–2056, 2012.

BHATTACHARJEE, D.; DAS, S. Microscopic Studies on Erythrocytes of *Channa punctata* Exposed to Commercial Grade Lindane. **Biological and Applied Sciences**, v. 60, e17160341, 2017.

BIANCHI, J.; CABRAL-DE-MELLO, D. C.; MARIN-MORALES, M. A. Toxicogenetic effects of low concentrations of the pesticides imidacloprid and sulfentrazone individually and in combination in in vitro tests with HepG2 cells and *Salmonella typhimurium*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 120, p. 174-183, 2015.

BOGONI, J. A.; ARMILIATO, N.; ARALDI-FAVASSA, C. T.; TECHIO, V. H. Genotoxicity in *Astyanax bimaculatus* (Twospot *Astyanax*) Exposed to the Waters of Engano River (Brazil) as Determined by Micronucleus Tests in Erythrocytes. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 66, p. 441–449, 2014.

BONIFACIO, A. F.; HUED, A. C. Single and joint effects of chronic exposure to chlorpyrifos and glyphosate based pesticides on structural biomarkers in *Cnesterodon decemmaculatus*. **Chemosphere**, v. 236, 124311, 2019.

BONIFACIO, A. F.; ZAMBRANO, M. J.; HUED, A. C.; Integrated ecotoxicological assessment of the complex interactions between chlorpyrifos and glyphosate on a non-target species *Cnesterodon decemmaculatus* (Jenyns, 1842). **Chemosphere**, v. 261, 127782, 2020.

BONOMO, M. M.; SACHI, I. T. C.; PAULINO, M. G.; FERNANDES, J. B.; CARLOS, R. M.; FERNANDES, M. N. Multi-biomarkers approach to access the impact of novel metal-insecticide based on flavonoid hesperidin on fish. **Environmental Pollution**, v. 268, Part B, 115758, 2021.

BONY, S.; GAILLARD, I.; DEVAUX, A. Genotoxicity assessment of two vineyard pesticides in zebrafish. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, v. 90, n. 3-6, p. 421-428, 2010.

BOTELHO, R. G.; MONTEIRO, S. H.; CHRISTOFOLETI, C. A.; MOURA-ANDRADE, G. C. R.; TORNISIELO, V. L. Environmentally Relevant Concentrations of Atrazine and Ametrine Induce Micronuclei Formation and Nuclear Abnormalities in Erythrocytes of Fish. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 69, n. 4, p. 577–585, 2015.

BUGARÍN, O., MACÍAS-ZAMORA, J. V., RUIZ-CAMPOS, G. Genotoxicity in fishes environmentally exposed to As, Se, Hg, Pb, Cr and toxaphene in the lower Colorado River basin, at Mexicali valley, Baja California, México. **Ecotoxicology**, 29(4), 493-502, 2020.

ÇAVAS, T.; ERGENE-GÖZÜKARA, S. Evaluation of the genotoxic potential of lambda-cyhalothrin using nuclear and nucleolar biomarkers on fish cells. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 534, n. 1–2, p. 93-99, 2003.

ÇAVAS, T.; KÖNEN, S. 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**, v. 22, n. 4, p. 263–268, 2007.

CANDIOTI, J. V.; SOLONESKI, S.; LARRAMENDY, M. L. Genotoxic and cytotoxic effects of the formulated insecticide Aficida on *Cnesterodon decemmaculatus* (Jenyns, 1842) (Pisces: Poeciliidae). **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 703, n. 2, p. 180-186, 2010.

CANEDO, A.; JESUS, L. W. O.; BAILÃO, E. F. L. C.; ROCHA, T. L. Micronucleus test and nuclear abnormality assay in zebrafish (*Danio rerio*): Past, present, and future trends. **Environmental Pollution**, v. 290, 118019, 2021.

CARAMELLO, C. S.; COWPER, C. F.; JORGE, M. J.; PÉREZ, J. E.; JORGE, L. C. Anormalidades morfológicas nucleares en hematíes del pez *Prochilodus lineatus* expuesto al clorpirifos. **Revista Veterinária**, v. 30, n. 2, p. 64-71, 2019.

CARDOSO, C. M.; MALUF, A.; MORENO, B. B.; NOBRE, C. R.; MARANHO, L. A.; HANDAN, B. A.; ABESSA, D. M. S.; PEREIRA, C. D. S.; RIBEIRO, D. A. Common snook juveniles, *Centropomus undecimalis*, as biomonitor organisms to evaluate cytogenotoxicity effects of surface estuarine water from Southern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 149, 110513, 2019.

CARRARD, V.; COSTA, C. H.; FERREIRA, L. A. Teste dos Micronúcleos – Um Biomarcador de Dano Genotóxico em Células Descamadas da Mucosa Bucal
Micronucleus Assay – A Biomarker Of Genotoxic Damage In Exfoliated Oral Mucosa Cells. **Revista Faculdade Odontológica Porto Alegre**, v. 48, n. 1/3, p. 77–81, 2007.

CARRASCO, K. R.; TILBURY, K. L.; MYERS, M. S. Assessment of the Piscine Micronucleus Test as an in situ Biological indicator of Chemical Contaminant Effects. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 47, n. 11, p. 2123–2136, 1990.

CARROLA, J.; SANTOS N.; ROCHA, J. M.; FONTAINHAS-FERNANDES, A.; PARDAL, M. A.; MONTEIRO, R. A. F.; ROCHA, E. Frequency of micronuclei and of other nuclear abnormalities in erythrocytes of the grey mullet from the Mondego, Douro and Ave estuaries--Portugal. **Environ Sci Pollut Res Int**, v. 21, n. 9, p. 6057-68, 2014.

CASTRO, T. F. D.; SOUZA, J. G. S.; CARVALHO, A. F. S.; ASSIS, I. L.; PALMIERI, M. J.; VIEIRA, L. F. A.; MARCUSSI, S.; MACHADO, M. R. F.; MURGAS, L. D. S. Anxiety-associated behavior and genotoxicity found in adult *Danio rerio* exposed to tebuconazole-based commercial product. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 62, p. 140-146, 2018.

CAVALCANTE, D. G. S. M.; MARTINEZ, C. B. R.; SOFIA, S. H. Genotoxic effects of Roundup on the fish *Prochilodus lineatus*. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 655, n. 1-2, p. 41-46, 2008.

CAVAS, T. In vivo genotoxicity evaluation of atrazine and atrazine-based herbicide on fish *Carassius auratus* using the micronucleus test and the comet assay. **Food Chemical Toxicology**, v. 49, n. 6, p. 1431-1435, 2011.

CORREDOR, W.; GÓMEZ, M. S.; VELASCO-SANTAMARÍA, Y. M. Using genotoxic and haematological biomarkers as an evidence of environmental contamination in the Ocoa River native fish, Villavicencio—Meta, Colombia. **SpringerPlus**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2016.

COWPER, C. F.; JORGE, M. J.; JORGE, L. C. Evaluation of the genotoxic effects of herbicide 2,4-D in *Piaractus mesopotamicus* by micronucleus test. **Revista veterinária**, v. 31, n. 2, p. 165-170, 2020.

CRUPKIN, A. C.; CARRIQUIRIBORDE, P.; MENDIETA, J.; PANZERI, A. M.; BALLESTEROS, M. L.; MIGLIORANZA, K. S. B.; MENONE, M. L. Oxidative stress and genotoxicity in the South American cichlid, *Australoheros facetus*, after short-term sublethal exposure to endosulfan. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 105, n. 2, p. 102-110, 2013.

CRUPKIN, A. C.; FULVI, A. B.; ITURBURU, F. G.; MEDICI, S.; MENDIETA, J.; PANZERI, A. M.; MENONE, M. L. Evaluation of hematological parameters, oxidative stress and DNA damage in the cichlid *Australoheros facetus* exposed to the fungicide azoxystrobin. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 207, 111286, 2021.

DAR, S. A.; YOUSUF, A. R.; BALKHI, M.; GANAI, F. A.; BHAT, F. A. Assessment of endosulfan induced genotoxicity and mutagenicity manifested by oxidative stress pathways in freshwater cyprinid fish crucian carp (*Carassius carassius* L.). **Chemosphere**, v. 120, p. 273-283, 2015.

DAR, S. A.; YOUSUF, A. R.; BALKHI, M.; GANAI, F. A.; BHAT, F. A. Investigation of the genotoxicity of endosulfan to freshwater Cyprinid fish Crucian carp (*Carassius carassius* L.) using the micronucleus and chromosomal aberration as biomarkers. **The Nucleus**, v. 57, p. 87–98, 2014.

DAVICO, C. E.; LOTESTE, A.; PARMA, M. J.; POLETTA, G.; SIMONIELLO, M. F. Stress oxidative and genotoxicity in *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) exposed to commercial formulation of insecticide cypermethrin. **Drug and Chemical Toxicology**, v. 43, n. 1, p. 79-84, 2020.

D'COSTA, A. H.; SHYAMA, S. K.; KUMAR, M. K. P.; FERNANDES, T. M.; Induction of DNA damage in the peripheral blood of zebrafish (*Danio rerio*) by an agricultural organophosphate pesticide, monocrotophos. **International Aquatic Research**, v. 10, p. 243–251, 2018.

DELCORSO, M. C.; PAIVA, P. P.; GRIGOLETO, M. R. P.; QUEIROZ, S. C. N.; COLLARES-BUZATO, C. B.; ARANA, S. Effects of sublethal and realistic concentrations of the commercial herbicide atrazine in Pacu (*Piaractus*

mesopotamicus): long-term exposure and recovery assays. **Veterinary World**, v. 13, n. 1, p. 147-159, 2020.

ELIA, A. C.; GIORDA, F.; PACINI, N.; DÖRR, A. J. M.; SCANZIO, T.; PREARO, M. Subacute Toxicity Effects of Deltamethrin on Oxidative Stress Markers in Rainbow Trout. **Journal of aquatic animal health**, v. 29, n. 3, p. 165-172, 2017.

ELIAS, N. S.; ABOUELGHAR, G. E.; SOBHY H. M.; EL MINIAWY, H. M.; ELSAIEDY, E. G. Sublethal effects of the herbicide thiobencarb on fecundity, histopathological and biochemical changes in the African catfish (*Clarias gariepinus*). **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, v. 19, n. 3, p. 1589-1614, 2020.

ELMADAWY, M.; SOBHY, W.; OMAR, A.; MAHFOUZ, N. B. S-Methyl Cysteine Protective Effects in *Oreochromis Niloticus* Fish Contaminated by Thiobencarb Herbicide. **World's Veterinary Journal**, v. 10, n. 4, p. 551-561, 2020.

EZEOYILI, I. C., MGBENKA, B. O., ATAMA, C. I., NGWU, G. I., MADU, J. C., & NWANI, C. D. Changes in brain acetylcholinesterase and oxidative stress biomarkers in African catfish exposed to carbendazim. **Journal of Aquatic Animal Health**, 31(4), 371-379, 2019.

FENECH, M. Cytokinesis-block micronucleus cytome assay Evolution into a more comprehensive method to measure chromosomal instability. **Genes**, v. 11, n. 1203, p. 1-13, 2020.

FLORES-GALVÁN, M. A.; DAESSLÉ, L. W.; ARELLANO-GARCÍA, E.; TORRES-BUGARÍN, O.; MACÍAS-ZAMORA, J. V.; RUÍZ-CAMPOS, G. Genotoxicity in fishes environmentally exposed to As, Se, Hg, Pb, Cr and toxaphene in the lower Colorado River basin, at Mexicali valley, Baja California, México. **Ecotoxicology**, v. 29, p. 493–502, 2020.

LAKRA, W. S., NAGPURE, N. S. Genotoxicological studies in fishes: a review. **Indian Journal of Animal Sciences**, 79(1), 93-97, 2009.

FREIRE, C. A.; SOUZA-BASTOS, L. R.; CHIESSE, J.; TINCANI, F. H.; PIANCINI, L. D. S.; RANDI, M. A. F.; PRODOCIMO, V.; CESTARI, M. M.; SILVA-DE-ASSIS, H. C.; ABILHOA, V.; VITULE, J. R. S.; BASTOS, L. P.; OLIVEIRA-RIBEIRO, C. A. A multibiomarker evaluation of urban, industrial, and agricultural exposure of small characins in a large freshwater basin in southern Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 13263–13277, 2015.

FREIRE, I. S.; MIRANDA-VILELA, A. L.; FASCINELI, M. L.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; MARTINS, E. S.; MONNERAT, R. G.; GRISOLIA, C. K. Genotoxic evaluation in *Oreochromis niloticus* (Fish: Characidae) of recombinant spore-crystal complexes Cry1Ia, Cry10Aa and Cry1Ba6 from *Bacillus thuringiensis*. **Ecotoxicology**, v. 23, n. 2, p. 267-72, 2014.

GAO, J.; WANG, F.; JIANG, W.; MIAO, J.; WANG, P.; ZHOU, Z.; LIU, D. A full evaluation of chiral phenylpyrazole pesticide flufiprole and the metabolites to non-target organism in paddy field. **Environmental Pollution**, v. 264, 114808, 2020.

GHAFFAR, A.; HUSSAIN, R.; ABBAS, G.; KHAN, R.; AKRAM, K.; LATIF, H.; ALI, S.; BAIG, S.; DU, X.; KHAN, A. Assessment of genotoxic and pathologic potentials of fipronil insecticide in *Labeo rohita* (Hamilton, 1822). **Toxin Reviews**, v. 40, n. 4, p. 1289-1300, 2019.

GHAFFAR, A.; HUSSAIN, R.; KHAN, A.; ABBAS, R. Z. Butachlor Induced Clinico-Hematological and Cellular Changes in Fresh Water Fish *Labeo rohita* (Rohu). **Pakistan Veterinary Journal**, v. 35, n. 2, p. 201-206, 2015.

GHAFFAR, A.; KHAN, A.; HUSSAIN, R.; ABBAS, R. Z. Hemato-biochemical and Genetic Damage Caused by Triazophos in Fresh Water Fish, *Labeo rohita*. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 17, n. 3, p. 637-642, 2015.

GHISI, N. C.; CESTARI, M. M. Genotoxic effects of the herbicide Roundup(®) in the fish *Corydoras paleatus* (Jenyns 1842) after short-term, environmentally low concentration exposure. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, p. 3201–3207, 2013.

GHISI, N. C.; OLIVEIRA, E. C.; FÁVARO, L. F.; ASSIS, H. C. S.; PRIOLI, A. J. In situ assessment of a neotropical fish to evaluate pollution in a river receiving agricultural and urban wastewater. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 93, p. 699–709, 2014.

GHISI, N. C.; OLIVEIRA, E. C.; PRIOLI, A. J. Does exposure to glyphosate lead to an increase in the micronuclei frequency? A systematic and meta-analytic review. **Chemosphere**, v. 145, p. 42-54, 2016.

GOLDONI, A.; SILVA, L. B. Mutagenic potential of the fungicide mancozeb in *astyanax jacuhiensis* (Teleostei: Characidae). **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, p. 297-301, 2012.

GÖTTE, J. Y.; CARRIZO, J. C.; PANZERI, A. M.; AMÉ, M. V.; MENONE, M. L. Sublethal effects of carbendazim in *Jenynsia multidentata* detected by a battery of molecular, biochemical and genetic biomarkers. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 205, 111157, 2020.

GRISOLIA, C. K. A comparison between mouse and fish micronucleus test using cyclophosphamide, mitomycin C and various pesticides. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 518, n. 1-2, p. 145-150, 2002.

GREENPACE BRASIL. Estudo comprova que soja transgênica aumenta uso de herbicidas. Disponível em: <<https://www.biodiversidadla.org/>>. Acesso em: 10 de agosto de 2022.

GUILHERME, S.; GAIVÃO, I.; SANTOS, M. A.; PACHECO, M. European eel (*Anguilla anguilla*) genotoxic and pro-oxidant responses following short-term exposure to Roundup--a glyphosate-based herbicide. **Mutagenesis**, v. 25, n. 5, p. 523-30, 2010.

GUILHERME, S.; SANTOS, M. A.; GAIVÃO, I.; PACHECO, M. DNA and chromosomal damage induced in fish (*Anguilla anguilla* L.) by aminomethylphosphonic acid (AMPA)—the major environmental breakdown product

of glyphosate. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 21, p. 8730–8739, 2014.

GUILOSKI, I. C.; ROSSI, S. C.; SILVA, C. A.; ASSIS, H. C. S. Insecticides biomarker responses on a freshwater fish *Corydoras paleatus* (Pisces: Callichthyidae). **Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v. 48, n. 4, p. 272-277, 2013.

GÜL, A.; BENLİ, A. Ç. K.; MEMMİ, B. K.; SELVİ, M.; SEPİCİ-DİNÇEL, A.; ÇAKIROĞULLARI, G. Ç.; ERKOÇ, F. Sublethal propoxur toxicity to juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758): biochemical, hematological, histopathological, and genotoxicity effects. **Environmental Toxicology**, v. 31, n. 9, p. 2085-2092, 2012.

GÜL, S.; NUR, G.; KAYA, T. Ö.; KAMBER, U. Detection of micronuclei in peripheral erythrocytes of *Orthrias angorae* (Steindachner, 1897) exposed to malathion. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 16, n. 5, p. 472-476, 2007.

GUPTA, P.; VERMA, S. K. Evaluation of genotoxicity induced by herbicide pendimethalin in fresh water fish *Clarias batrachus* (linn.) and possible role of oxidative stress in induced DNA damage. **Drug and Chemical Toxicology**, v. 45, n. 2, p. 750-759, 2022.

HARABAWY, A. S. A.; IBRAHIM, A. T. A. Sublethal toxicity of carbofuran pesticide on the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822): Hematological, biochemical and cytogenetic response. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 103, p. 61-67, 2014.

HEMALATHA, D.; NATARAJ, B.; RANGASAMY, B.; MAHARAJAN, K.; RAMESH, M. Exploring the sublethal genotoxic effects of class II organophosphorus insecticide quinalphos on freshwater fish *Cyprinus carpio*. **Journal of Oceanology and Limnology**, v. 39, p. 661–670, 2021.

HONG, X.; ZHAO, X.; TIAN, X.; LI, J.; ZHA, J. Changes of hematological and biochemical parameters revealed genotoxicity and immunotoxicity of neonicotinoids

on Chinese rare minnows (*Gobiocypris rarus*). **Environmental Pollution**, v. 233, p. 862-871, 2018.

HUSSAIN, B.; SULTANA, T.; SULTANA, S.; MAHBOOB, S.; AL-GHANIM, K. A.; NADEEM, S. Variation in genotoxic susceptibility and biomarker responses in *Cirrhinus mrigala* and *Catla catla* from different ecological niches of the Chenab River. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-11, 2016.

ISLAM, S. M.; KHAN, M. M.; MONIRUZZAMAN, M.; MOSTAKIM, G. M.; RAHMAN, M. K. Recuperation patterns in fish with reference to recovery of erythrocytes in *Barbonymus gonionotus* disordered by an organophosphate. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 16, p. 7535–7544, 2019.

ISLAM, S. M. M.; RAHMAN, M. A.; NAHAR, S.; UDDIN, M. H.; HAQUE, M. M.; SHAHJAHAN, M. Acute toxicity of an organophosphate insecticide sumithion to striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. **Toxicology Reports**, v. 6, p. 957-962, 2019.

ISMAIL, M.; ALI, R.; SHAHID, M.; KHAN, M. A.; ZUBAIR, M.; ALI, T.; KHAN, Q. M. Genotoxic and hematological effects of chlorpyrifos exposure on freshwater fish *Labeo rohita*. **Drug and Chemical Toxicology**, v. 41, n. 1, p. 22-26, 2018.

ITURBURU, F. G.; SIMONIELLO, M. F.; MEDICI, S.; PANZERI, A. M.; MENONE, M. L. Imidacloprid Causes DNA Damage in Fish: Clastogenesis as a Mechanism of Genotoxicity. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 100, p. 760–764, 2018.

ITURBURU, F. G.; ZÖMISCH, M.; PANZERI, A. M.; CRUPKIN, A. C.; CONTARDO-JARA, V.; PFLUGMACHER, S.; MENONE, M. L. Uptake, distribution in different tissues, and genotoxicity of imidacloprid in the freshwater fish *Australoheros facetus*. **Environmental Toxicology**, v. 36, n. 3, p. 699-708, 2017.

JACQUIN, L.; GANDAR, A.; AGUIRRE-SMITH, M.; PERRAULT, A.; LE HÉNAFF, M.; DE JONG, L.; PARIS-PALACIOS, S.; LAFFAILLE, P.; JEAN, S. High temperature

aggravates the effects of pesticides in goldfish. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 172, p. 255-264, 2019.

JOHNSON, R. K.; WIEDERHOLM, T.; ROSENBERG, D. M.. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**, p. 40-158, 1993.

KANDIEL, M. M. M.; EL-ASELY, A. M.; RADWAN, H. A.; ABBASS, A. A. Modulation of genotoxicity and endocrine disruptive effects of malathion by dietary honeybee pollen and propolis in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Advanced Research**, v. 5, n. 6, p. 671-684, 2014.

KANKAYA, E.; ARSLAN, Ö. Ç.; PARLAK, H.; ÜNAL, G. Induction of micronuclei in *Chalcalburnus tarichi* (Pallas, 1811) exposed to sub-lethal concentrations of methyl parathion. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 21, n. 6 p.1417-1421, 2012.

KAN, Y.; CENGİZ, E. I.; UGURLU, P.; YANAR, M. The protective role of vitamin E on gill and liver tissue histopathology and micronucleus frequencies in peripheral erythrocytes of *Oreochromis niloticus* exposed to deltamethrin. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 34, n. 2, p- 170-179, 2012.

KASPER, N. Respostas histopatológicas e genotóxicas em peixes de água doce expostos a ambientes antropizados. Dissertação (Mestrado em ambiente e tecnologias sustentáveis), Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2019.

KHAN, M. M.; MONIRUZZAMAN, M.; MOSTAKIM, G. M.; KHAN, M. S. R.; RAHMAN, M. K.; ISLAM, M. S. Aberrations of the peripheral erythrocytes and its recovery patterns in a freshwater teleost, silver barb exposed to profenofos. **Environmental Pollution**, v. 234, p. 830-837, 2018.

KHATUN, M. M.; MOSTAKIM, G. M.; MONIRUZZAMAN, M.; RAHMAN, U. O.; ISLAM, M. S. Distortion of micronuclei and other peripheral erythrocytes caused by fenitrothion and their recovery assemblage in zebrafish. **Toxicology Reports**, v. 8, p. 415-421, 2021.

KÖNEN, S.; CAVAS, T. Genotoxicity testing of the herbicide trifluralin and its commercial formulation Treflan using the piscine micronucleus test. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, v. 49, n. 6, p. 434-438, 2008.

KUMAR, R.; NAGPURE, N. S.; KUSHWAHA, B.; SRIVASTAVA, S. K.; LAKRA, W. S. Investigation of the genotoxicity of malathion to freshwater teleost fish *Channa punctatus* (Bloch) using the micronucleus test and comet assay. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 58, p. 123–130, 2010.

KUSHWAHA, B.; SRIVASTAVA, S. K.; SINGH, B.; NAGPURE, N. S.; PONNIAH, A. G. Evaluation of comet assay and micronuclei test as genotoxic assays in *Channa punctatus*. **National Academy Science Letters**, v. 23, n. 11-12, p. 177-179, 2000.

LEVERONI, F. A.; CAFFETTI, J. D.; PASTORI, M. C. Genotoxic response of blood, gill and liver cells of *Piaractus mesopotamicus* after an acute exposure to a glyphosate-based herbicide. *International Journal of Cytology*, **Cytosystematics and Cytogenetics**, v. 70, n. 1, p. 21-28, 2017.

LINDE-ARIAS, A. R.; INÁCIO, A. F.; ALBUQUERQUE, C.; FREIRE, M. M.; MOREIRA, J. C. Biomarkers in an invasive fish species, *Oreochromis niloticus*, to assess the effects of pollution in a highly degraded Brazilian River. **Science of The Total Environment**, v. 399, n. 1-3, p. 186-192, 2008.

LOPES, F. C.; VARELA JUNIOR, A. S.; CORCINI, C. D.; SÁNCHEZ, J. A. A.; PIRES, D. M.; PEREIRA, J. R.; PRIMEL, E. G.; FILLMANN, G.; MARTINS, C. M. G. Impacts of the biocide chlorothalonil on biomarkers of oxidative stress, genotoxicity, and sperm quality in guppy *Poecilia vivipara*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 188, 109847, 2020.

LORO, V. L.; MURUSSI, C.; MENEZES, C.; LEITEMPERGER, J.; SEVERO, E.; GUERRA, L.; COSTA, M.; PERAZZO, G. X.; ZANELLA, R. Spatial and temporal biomarkers responses of *Astyanax jacuhiensis* (Cope, 1894) (Characiformes: Characidae) from the middle rio Uruguai, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 13, n. 3, p. 569-578, 2015.

MAIER, D.; BLAHA, L.; GIESY, J. P.; HENNEBERG, A.; KÖHLER, H.; KUCH, B.; OSTERAUER, R.; PESCHKE, K.; RICHTER, D.; SCHEURER, M.; TRIEBSKORN, R. Biological plausibility as a tool to associate analytical data for micropollutants and effect potentials in wastewater, surface water, and sediments with effects in fishes. **Water Research**, v. 72, p. 127-144, 2015.

MALIK, M.; AHMAD, F. Genotoxic effects of organophosphate insecticide thiometon in some exotic fishes of Kashmir. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, v. 8, n. 1, p. 101-104, 2011.

MANNARINO, C. F.; MOREIRA, J. C.; FERREIRA, J. A.; ARIAS, A. R. L. Assessment of impacts of combined treatment of solid urban waste landfill leachate and sewage on aquatic biota. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 18, n. 11, p. 3235-3243, 2013.

MATTER, B.; SCHIMID, W. Treninon - induced chromosomal damage in bone – marrow cells of six mammals species, evaluated by the micronucleus test. **Mutation Res**, n. 12, p. 417-425, 1971.

MELO, K. M.; GRISOLIA, C. K.; PIECZARKA, J. C.; SOUZA, L. R.; SOUZA FILHO, J.; NAGAMACHI, C. Y. FISH in micronucleus test demonstrates aneugenic action of rotenone in a common freshwater fish species, Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Mutagenesis**, v. 29, n. 3, p. 215–219, 2014.

MITKOVSKA, V.; CHASSOVNIKAROVA, T.; Chlorpyrifos levels within permitted limits induce nuclear abnormalities and DNA damage in the erythrocytes of the common carp. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 7166–7176, 2020.

MOURA, F. R.; LIMA, R. R. S.; CUNHA, A. P. S.; MARISCO, P. C.; AGUIAR, D. H.; SUGUI, M. M.; SINHORIN, A. P.; SINHORIN, V. D. G. Effects of glyphosate-based herbicide on pintado da Amazônia: Hematology, histological aspects, metabolic parameters and genotoxic potential. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 56, p. 241-248, 2017.

MUMUNI, A. A.; SOGBANMU, T. O. Embryotoxic, Developmental and Genotoxic Evaluations of a Endosulfan and Deltamethrin Mixture on the African Sharptooth Catfish (*Clarias gariepinus*). **West African Journal of Applied Ecology**, v. 26, n. 1, p. 1-10, 2018.

MURANLI, F. D. G.; GÜNER, U. Induction of micronuclei and nuclear abnormalities in erythrocytes of mosquito fish (*Gambusia affinis*) following exposure to the pyrethroid insecticide lambda-cyhalothrin. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 726, n. 2, p. 104-108, 2011.

NAHAS, A. F. E.; ABDEL-RAZEK, M. A. S.; HELMY, N. M.; MAHMOUD, S.; GHAZY, H. A. Impaired antioxidant gene expression by pesticide residues and its relation with other cellular biomarkers in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) from Lake Burullus. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 137, p. 202-209, 2017.

NAN, P.; XIA, X.; DU, Q.; CHEN, J.; WU, X.; CHANG, Z. Genotoxic effects of 8-hydroxyquinoline in loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) assessed by the micronucleus test, comet assay and RAPD analysis. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 35, n. 3, p. 434-443, 2013.

NAN, P.; YAN, S.; LI, L.; CHEN, J.; DU, Q.; CHANG, Z. Toxicity effect of dichlorvos on loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) assessed by micronucleus test, hepatase activity analysis and comet assay. **Toxicol Ind Health**, v. 31, n. 6, p. 566-75, 2015.

NEUPARTH, T.; BICKHAM, J. W.; TEODORAKIS, C. W.; COSTA, F. O.; COSTA, M. H. Endosulfan-induced genotoxicity detected in the Gilthead Seabream, *Sparus aurata* L., by means of flow cytometry and micronuclei assays. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 76, p. 242–248, 2006.

NWANI, C. D.; EJERE, V. C.; MADU, J. C. Toxicity and genotoxic evaluations in African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) exposed to Act Force Gold®, Butaforce®, and Atraforce. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 262–269, 2021.

NWANI, C. D.; LAKRA, W. S.; NAGPURE, N. S.; KUMAR, R.; KUSHWAHA, B.; SRIVASTAVA, S. K. Mutagenic and genotoxic effects of carbosulfan in freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch) using micronucleus assay and alkaline single-cell gel electrophoresis. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, n. 1, p. 202-208, 2010.

NWANI, C. D.; NAGPURE, N. S.; KUMAR, R.; KUSHWAHA, B.; KUMAR, P.; LAKRA, W. S. Induction of micronuclei and nuclear lesions in *Channa punctatus* following exposure to carbosulfan, glyphosate and atrazine. **Drug Chem Toxicol**, v. 37, n. 4, p. 370-377, 2014.

NWANI, C. D.; NAGPURE, N. S.; KUMAR, R.; KUSHWAHA, B.; KUMAR, P.; LAKRA, W. S. Mutagenic and genotoxic assessment of atrazine-based herbicide to freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch) using micronucleus test and single cell gel electrophoresis. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 31, n. 2, p. 314-322, 2011.

NWANI, C. D.; SOMDARE, P. O.; OGUEJI, E. O.; NWANI, J. C.; UKONZE, J. A.; NWADINIGWE, A. O. Genotoxicity assessment and oxidative stress responses in freshwater African catfish *Clarias gariepinus* exposed to fenthion formulations. **Drug and Chemical Toxicology**, v. 40, n. 3, p. 273-280, 2017.

OBIAKOR, M. O.; OKONKWO, J. C.; NNABUDE, P. C.; EZEONYEJIA, C. D. Eco-genotoxicology: micronucleus assay in fish erythrocytes as in situ aquatic pollution biomarker: a review. **Journal of Animal Science Advances**, v. 2, n. 1, p. 123-133, 2012.

OLADOKUN, E. I.; SOGBANMU, T. O.; ANIKWE, J. C. Sublethal concentrations of dichlorvos and paraquat induce genotoxic and histological effects in the *Clarias gariepinus*. **Environmental Analysis Health and Toxicology**, v. 35, n. 3, e2020013, 2020.

OLUAH, C.; AKINLABI, E. T.; NJOKU, Howard O. Selection of phase change material for improved performance of trombe wall systems using the entropy weight and TOPSIS methodology. **Energy and Buildings**, v. 217, p. 109967, 2020.

OLIVEIRA, F. G.; LIROLA, J. R.; SALGADO, L. D.; MARCHI, G. H.; MELA, M.; PADIAL, A. A.; GUIMARÃES, A. T. B.; CESTARI, M. M.; ASSIS, H. C. S. Toxicological effects of anthropogenic activities in *Geophagus brasiliensis* from a coastal river of southern Brazil: A biomarker approach. **Science of The Total Environment**, v. 667, p. 371-383, 2019.

OLIVEIRA, R.; DOMINGUES, I.; GRISOLIA, C. K.; SOARES, A. M. V. M. Effects of triclosan on zebrafish early-life stages and adults. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 16, p. 679–688, 2009.

OSSANA, N. A.; BAUDOU, F. G.; CASTANÉ, P. M.; TRIPOLI, L.; SOLONESKI, S.; FERRARI, L. Histological, Genotoxic, and Biochemical Effects on *Cnesterodon decemmaculatus* (Jenyns 1842) (Cyprinodontiformes, Poeciliidae): Early Response Bioassays to Assess the Impact of Receiving Waters. **Journal of Toxicology**, v. 2019, p. 1-13, 2019.

PAIVA, P. P.; DELCORO, M. C.; MATHEUS, V. A.; DE QUEIROZ, S. C. N.; COLLARES-BUZATO, C. B.; ARANA, S. Acute toxicity of commercial atrazine in *Piaractus mesopotamicus*: Histopathological, ultrastructural, molecular, and genotoxic evaluation. **Veterinary World**, v. 10, n. 9, p. 1008-1019, 2017.

PAUL, T.; KUMAR, S.; SHUKLA, S. P.; PAL, P.; KUMAR, K.; POOJARY, N.; BISWAL, A.; MISHRA, A. A multi-biomarker approach using integrated biomarker response to assess the effect of pH on triclosan toxicity in *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878). **Environmental Pollution**, v. 260, 114001, 2020.

PEREIRA, B. B.; CAIXETA, E. S.; FREITAS, P. C.; SANTOS, V. S. V.; LIMONGI, J. E.; CAMPOS JÚNIOR, E. O.; CAMPOS, C. F.; SOUTO, H. N.; RODRIGUES, T. S.; MORELLI, S. Toxicological assessment of spinosad: Implications for integrated control of *Aedes aegypti* using larvicides and larvivoracious fish. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, v. 79, n. 12, p. 477-481, 2016.

POLARD, T.; JEAN, S.; GAUTHIER, L.; LAPLANCHE, C.; MERLINDA, G.; SÁNCHEZ-PÉREZ, J. M.; PINELLI, E. Mutagenic impact on fish of runoff events in

agricultural areas in south-west France. **Aquatic Toxicology**, v. 101, n. 1, p. 126-134, 2011.

PRADHAN, D.; SINGH, R. K.; VERMA, S. K. Genotoxic Potential Assessment of the Herbicide Bispyribac-Sodium in a Fresh Water Fish *Clarias batrachus* (Linn.). **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 105, p. 715–720, 2020.

QIN, Y.; LI, X.; XIANG, Y.; WU, D.; BAI, L.; LI, Z.; LIANG, Y. Toxic effects of glyphosate on diploid and triploid fin cell lines from *Misgurnus anguillicaudatus*. **Chemosphere**, v. 180, p. 356-364, 2017.

RAMLJAK, S.; HACKENBERGER, B. K.; SMITAL, T.; BRITVIC, S. Evaluation of the genotoxic and cytochrome P450 monooxygenase-inhibitory potential of Dicuran on procaryotic and eucaryotic test systems. **J Environ Sci Health B**, v. 35, n. 6, p. 751-70, 2000.

RATN, A.; AWASTHI, Y.; KUMAR, M.; SINGH, S. K.; TRIPATHI, R.; TRIVEDI, S. P. Phorate induced oxidative stress, DNA damage and differential expression of p53, apaf-1 and cat genes in fish, *Channa punctatus* (Bloch, 1793). **Chemosphere**, v. 182, p. 382-391, 2017.

RESTREPO, L. M. Z.; JIMÉNEZ, L. Y. O.; CARDONA, M. R.; ECHAVARRÍA, S. L.; BAENA, J. A. P. Genotoxic evaluation of Río Grande (Antioquia, Colombia) water using micronucleus frequency in erythrocytes of *Brycon henni* (Characiformes: Characidae). **Revista de Biología Tropical**, v. 65, n. 1, p. 405-414, 2017.

RIBEIRO, D. L.; BARCELOS, G. R. M.; D'ARCE, L. P. G. Genotoxic Effects of Water from São Francisco River, Brazil, in *Astyanax paranae*. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 93, n. 3, p. 274-279, 2014.

SADIQUL, I. M.; FERDOUS, Z.; NANNU, M. T. A.; MOSTAKIM, G. M.; RAHMAN, M. K. Acute exposure to a quinalphos containing insecticide (convoy) causes genetic damage and nuclear changes in peripheral erythrocytes of silver barb, *Barbonymus gonionotus*. **Environmental Pollution**, v. 219, p. 949-956, 2016.

SADIQUL, I. M.; KABIR, S. M.; FERDOUS, Z.; MANSURA, K. M.; KHALILUR, R. M. Chronic exposure to quinalphos shows biochemical changes and genotoxicity in erythrocytes of silver barb, *Barbonymus gonionotus*. **Interdisciplinary Toxicology**, v. 10, n. 3, p. 99-106, 2017.

SALVAGNI, J.; TERNUS, R. Z.; FUENTEFRIA, A. M. Assessment of the genotoxic impact of pesticides on farming communities in the countryside of Santa Catarina State, Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, v. 34, n. 1, p. 122-126, 2011.

SAMANTA, P.; PAL, MUKHERJEE, A. K.; SENAPATI, T.; JUNG, J.; GHOSH, A. R. Multi-level Integrative Biomarker Responses in Freshwater Teleostean Fishes Exposed to Almix Herbicide. **International Journal of Environmental Research**, v. 11, p. 475–487, 2017.

SÁNCHEZ-GALÁN, S.; LINDE, A. R.; IZQUIERDO, J. I.; GARCÍA-VÁSQUEZ, E. Micronuclei and fluctuating asymmetry in brown trout (*Salmo trutta*): complementary methods to biomonitor freshwater ecosystems. **Mutation Research**, v. 412, n. 3, p. 219-225, 1998.

SANNA, S.; GUAYYUR, S.; TABASSUM, S.; NOREEN, S.; MAHMOOD, S.; REHMAN, M. U.; AHMAD, B.; KABIR, M.; SAJID, M.; KHAN, M. F. Biochemical, Endocrine and Genetic Impairments in Response to Agrochemicals Intoxication in Common Carp (*Cyprinus carpio*). **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 25, n. 6, p. 1255-1262, 2021.

SELVI, M.; ÇAVAS, T.; BENLİ, A. Ç. K.; MEMMI, B. K.; ÇINKILIÇ, N.; DİNÇEL, A. S.; VATAN, Ö.; YILMAZ, D.; SARIKAYA, R.; ZORLU, T.; ERKOÇ, F. Sublethal toxicity of esbiothrin relationship with total antioxidant status and in vivo genotoxicity assessment in fish (*Cyprinus carpio* L., 1758) using the micronucleus test and comet assay. **Environmental toxicology**, v. 28, n. 11, p. 644-651, 2013.

SELVI, M.; ÇAVAS, T.; GUNAL, A. C.; MEMMI, B. K.; SEPICI-DINCEL, A.; YILMAZ, D.; ZORLU, T.; ÇINKILIÇ, N.; VATAN, Ö.; SARIKAYA, R.; ERKOÇ, F. In vivo

Genotoxicity Assessment of Esbiothrin in Fish (*Cyprinus carpio* L., 1758) Using the Micronucleus Test and Comet Assay. **Drug Metabolism Reviews**, 2010.

SEPICI-DINCEL, A.; SAHIN, D.; BENLI, A. C. K.; SARIKAYA, R.; SELVI, M.; ERKOC, F.; ALTAN, N. Genotoxicity assessment of carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings by tissue DNA damage and micronucleus test, after environmental exposure to fenitrothion. **Toxicol Mech Methods**, v. 21, n. 5, p. 388-92, 2011.

SERIANI, R.; RANZANI--PAIVA, M. J. T.; SILVA-SOUZA, A. T.; NAPOLEÃO, S. R. Hematology, micronuclei and nuclear abnormalities in fishes from São Francisco river, Minas. *Acta Scientiarum*. **Biological Sciences**, v. 33, n. 1, p. 107-112, 2011.

SHAHJAHAN, M.; RAHMAN, M. S.; ISLAM, S. M. M.; UDDIN, M. H.; AL-EMRAN, M. Increase in water temperature increases acute toxicity of sumithion causing nuclear and cellular abnormalities in peripheral erythrocytes of zebrafish *Danio rerio*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, p. 36903–36912, 2019.

SILVA, M. D.; ROSSI, S. C.; GHISI, N. C.; RIBEIRO, C. A. O.; CESTARI, M. M.; ASSIS, H. C. S. Using Multibiomarker Approach as a Tool to Improve the Management Plan for a Private Reserve of Natural Heritage (RPPN). **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 92, p. 602–608, 2014.

SILVEIRA, M. A. D.; RIBEIRO, D. L.; SANTOS, T. A.; DEMARCO, N. R.; D'ARCE, L. P. G. DNA Damage and Apoptotic Effects in Water Samples of a Brazilian River Protected by the HELP Program of UNESCO. **Exposure and Health**, v. 11, p. 291–296, 2019.

SINGH, P.; DABAS, A.; SRIVASTAVA, R.; NAGPURE, N. S. Evaluation of Genotoxicity Induced by Medicinal Plant *Jatropha gossypifolia* in Freshwater Fish *Channa punctatus* (Bloch). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 14, n. 1-2, p. 1-8, 2014.

SLUIJS, J. P. V. D.; SIMON-DELISO, N.; GOULSON, D.; MAXIM, L.; BONMATIN, J.; BELZUNCES, L. P. Neonicotinoids, bee disorders and the sustainability of pollinator

services. **Current Opinion In Environmental Sustainability**, v. 5, n. 3-4, p. 293-305, 2013.

SORGE, C. J. Genotoxicidade e citotoxicidade em *Oreochromis niloticus* cultivadas em açudes antropizados. Dissertação (Mestrado em ambiente e tecnologias sustentáveis), Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2021.

SOUZA, A. C. P.; MELO, K. M.; AZEVEDO, L. F. C.; VILHENA, A. O. A.; NAGAMACHI, C. Y.; PIECZARKA, J. C. Lethal and sublethal exposure of *Hemichromis bimaculatus* (Gill, 1862) to malachite green and possible implications for ornamental fish. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 33215–33225, 2020.

TIWARI, V.; KUMAR, M.; TRIVEDI, S. P. Protective effects of perennial herb, against furadan 3G induced cytotoxicity in *Melissa officinalis* *Channa punctatus*. **Journal of Environmental Biology**, v. 38, n. 6, p. 1375-1381, 2017.

TIWARI, V.; TRIVEDI, S. P. Investigations on remedial role of *Rauwolfia serpentina* root extract against carbofuran formulation induced genotoxicity in *Channa punctatus*. **Journal of Environmental Biology**, v. 40, n. 5, p. 1023-1028, 2019.

TRIGUEIRO, N. S. S.; GONÇALVES, B. B.; DIAS, F. C.; LIMA, E. C. O.; ROCHA, T. L.; SABÓIA-MORAIS, S. M. T. Co-exposure of iron oxide nanoparticles and glyphosate-based herbicide induces DNA damage and mutagenic effects in the guppy (*Poecilia reticulata*). **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 81, 103521, 2021.

TRIVEDI, S. P.; RATN, A.; AWASTHI, Y.; GUPTA, N.; KUMAR, M.; TRIVEDI, A. Micronuclei and other nuclear abnormalities in phorate exposed fish, *Channa punctatus*. **Journal of Environmental Biology**, v. 42, p. 1221-1231, 2021.

UÇAR, A.; PARLAK, V.; YELTEKIN, A. Ç.; ÖZGERIS, F. B.; ÇAGLAR, Ö.; TÜRKEZ, H.; ALAK, G.; ATAMANALP, M. Assesment of hematotoxic, oxidative and genotoxic

damage potentials of fipronil in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, Walbaum. **Toxicology Mechanisms and Methods**, v. 31, n. 1, p. 73-80, 2021.

ULLAH, S.; LI, Z.; ZUBERI, A.; ARIFEEN, M. Z. U.; BAIG, M. M. F. A. Biomarkers of pyrethroid toxicity in fish. **Environmental chemistry letters**, v. 17, n. 2, p. 945-973, 2019.

UMBRIA, S. C. Alimentação e reprodução do Bagre Africano *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) na bacia do rio Guaraguaçu, Paranaguá, Paraná, Brasil. 97 f, 2008. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

VAN DER OOST, R.; BEYER, J.; VERMEULEN, N. P. E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v.13, p.57-149, 2003.

VENTURA, B. C.; ANGELIS, D. F.; MARIN-MORALES, M. A. Mutagenic and genotoxic effects of the Atrazine herbicide in *Oreochromis niloticus* (Perciformes, Cichlidae) detected by the micronuclei test and the comet assay. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 90, n. 1, p. 42-51, 2008.

VERA-CANDIOTI, J.; SOLONESKI, S.; LARRAMENDY, M. L. Chlorpyrifos-based insecticides induced genotoxic and cytotoxic effects in the ten spotted live-bearer fish, *Cnesterodon decemmaculatus* (Jenyns, 1842). **Environmental toxicology**, v. 29, n. 12, p. 1390-1398, 2014.

VERA-CANDIOTI, J.; SOLONESKI, S.; LARRAMENDY, M. L. Evaluation of the genotoxic and cytotoxic effects of glyphosate-based herbicides in the ten spotted live-bearer fish *Cnesterodon decemmaculatus* (Jenyns, 1842). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 89, p. 166-173, 2013.

VERA-CANDIOTI, J.; SOLONESKI, S.; LARRAMENDY, M. L. Pirimicarb-based formulation-induced genotoxicity and cytotoxicity in the freshwater fish *Cnesterodon decemmaculatus* (Jenyns, 1842) (Pisces, Poeciliidae). **Toxicology and Industrial Health**, v. 31, n. 11, p. 1051-1060, 2015.

VIEIRA, C. E. D.; ALMEIDA, M. S.; GALINDO, B. A.; PEREIRA, L.; MARTINEZ, C. B. R. Integrated biomarker response index using a Neotropical fish to assess the water quality in agricultural areas. **Neotropical Ichthyology**, v. 12, n. 1, p. 153-164, 2014.

VIEIRA, C. E. D.; COSTA, P. G.; CABRERA, L. C.; PRIMEL, E. G.; FILLMANN, G.; BIANCHINI, A.; MARTINEZ, C. B. R. A comparative approach using biomarkers in feral and caged Neotropical fish: Implications for biomonitoring freshwater ecosystems in agricultural areas. **Science of The Total Environment**, v. 586, p. 598-609, 2017.

VIEIRA, C. E. D.; COSTA, P. G.; CALDAS, S. S.; TESSER, M. E.; RISSO, W. E.; ESCARRONE, A. L. V.; PRIMEL, E. G.; BIANCHINI, A.; MARTINEZ, C. B. R. An integrated approach in subtropical agro-ecosystems: Active biomonitoring, environmental contaminants, bioaccumulation, and multiple biomarkers in fish. **Science of The Total Environment**, v. 666, p. 508-524, 2019.

VIEIRA, C. E. D.; COSTA, P. G.; LUNARDELLI, B.; OLIVEIRA, L. F.; CABRERA, L. C.; RISSO, W. E.; PRIMEL, P. C.; FILLMANN, G.; MARTINEZ, C. B. R. Multiple biomarker responses in *Prochilodus lineatus* subjected to short-term in situ exposure to streams from agricultural areas in Southern Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 15, n. 542, p. 44-56, 2016.

VIEIRA, C. E. D.; PEREZ, M. R.; ACAYABA, R. D.; RAIMUNDO, C. C. M.; MARTINEZ, C. B. R. DNA damage and oxidative stress induced by imidacloprid exposure in different tissues of the Neotropical fish *Prochilodus lineatus*. **Chemosphere**, v. 195, p. 125-134, 2018.

WU, H.; DING, S. Micronuclei and dyskaryosis of erythrocytes and oxidative stress response with endosulfan exposure in topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 134, p. 179-185, 2016.

XIA, X.; XIA, X.; HUO, W.; DONG, H.; ZHANG, L.; CHANG, Z. Toxic effects of imidacloprid on adult loach (*Misgurnus anguillicaudatus*). **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 45, p. 132-139, 2016.

YADAV, A. S.; BHATNAGAR, A.; KAUR, M. Assessment of Genotoxic Effects of Butachlor in Fresh Water Fish, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Research Journal of Environmental Toxicology**, v. 4, n. 4, p. 223-230, 2010.

ZAFRA-LEMOS, L.; CUSIOLI, L. F.; BERGAMASCO, R.; BORIN-CARVALHO, L. A.; PORTELA-CASTRO, A. L. B. Evaluation of the genotoxic and cytotoxic effects of exposure to the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in *Astyanax lacustris* (Pisces, Characidae) and the potential for its removal from contaminated water using a biosorbent. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 865, 503335, 2021.

ZAVALA-AGUIRRE, J. L.; TORRES-BUGARIN, O.; ZAMORA-PEREZ, A. L. Aquatic ecotoxicology approaches in Western Mexico. **J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng**, v. 42, n. 10, p. 1503-1511, 2007.

APÊNDICE

Quadro 1 - Relação dos artigos selecionados e seus autores.

ARTIGO	AUTORES
Fresh water fish, <i>Channa punctatus</i> , as a model for pendimethalin genotoxicity testing: A new approach toward aquatic environmental contaminants	Ahmad, I., Ahmad, M.
Assessment of genotoxic and mutagenic effects of chlorpyrifos in freshwater fish <i>Channa punctatus</i> (Bloch) using micronucleus assay and alkaline single-cell gel electrophoresis	Ali, D., Nagpure, N.S., Kumar, S., (...), Kushwaha, B., Lakra, W.S.
Genotoxicity assessment of acute exposure of chlorpyrifos to freshwater fish <i>Channa punctatus</i> (Bloch) using micronucleus assay and alkaline single-cell gel electrophoresis	Ali, D., Nagpure, N.S., Kumar, S., Kumar, R., Kushwaha, B.
Evaluation of genotoxic and oxidative stress response to dimethoate in freshwater fish <i>channa punctatus</i> (Bloch)	Alia, D., Kumar, P.G., Kumar, S., Ahmed, M.
Genotoxic and oxidative damage in the freshwater teleost <i>Prochilodus lineatus</i> exposed to the insecticides lambda-cyhalothrin and imidacloprid alone and in combination	Alvim, TT (Alvim, Tiago Tomiama), Martinez, CBD (dos Reis Martinez, Claudia Bueno)
Comparative assessment of the acute toxicity, haematological and genotoxic	Amaeze, N.H., Komolafe, B.O., Salako, A.F., (...),

effects of ten commonly used pesticides on the African Catfish, <i>Clarias gariepinus</i> Burchell 1822	Olatinwo, O.O., Femi, M.A.
Toxicity assessment of cypermethrin nanoparticles in <i>Channa punctatus</i> : Behavioural response, micronuclei induction and enzyme alteration	Amjad, S., Sharma, A.K., Serajuddin, M.
Evaluation of the cytogenotoxicity of monocrotophos and butachlor in single and combined chronic exposures in <i>Catla catla</i> fish (Hamilton)	Anbumani, S (Anbumani, S.), Mohankumar, MN (Mohankumar, Mary N.)
Evaluation of the cytogenotoxicity of monocrotophos and butachlor in single and combined chronic exposures in <i>Catla catla</i> fish (Hamilton)	Anbumani, S., Mohankumar, M.N.
Can atrazine loaded nanocapsules reduce the toxic effects of this herbicide on the fish <i>Prochilodus lineatus</i> ? A multibiomarker approach	Andrade, L.L.D., do Espirito Santo Pereira, A., Fernandes Fraceto, L., Bueno dos Reis Martinez, C.
Genotoxic and oxidative stress-inducing effects of deltamethrin in the erythrocytes of a freshwater biomarker fish species, <i>Channa punctata</i> Bloch	Ansari, R.A., Kaur, M., Ahmad, F., (...), Islam, F., Raisuddin, S.
In vivo cytogenetic and oxidative stress-inducing effects of cypermethrin in freshwater fish, <i>Channa punctata</i> Bloch	Ansari, R.A., Rahman, S., Kaur, M., Anjum, S., Raisuddin, S.
Induction of micronuclei and erythrocyte alterations in the catfish <i>Clarias batrachus</i> by 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and butachlor	Ateeq, B., Abul farah, M., Niamat Ali, M., Ahmad, W.
Mutagenicity and genotoxicity in juvenile African catfish, <i>Clarias gariepinus</i>	Ayanda, OI , Tolulope, A. , Oniye, SJ

exposed to formulations of glyphosate and paraquat	
Use of integrated biomarker indexes for assessing the impact of receiving waters on a native neotropical teleost fish	Baudou, FG (Baudou, Federico G.), Ossana, NA (Ossana, Natalia A.), Castane, PM (Castane, Patricia M.), Mastrangelo, MM (Mastrangelo, Martina M.), Nunez, AAG (Gonzalez Nunez, Ayelen A.), Palacio, MJ (Palacio, Mauro J.), Ferrari, L (Ferrari, Lucrecia)
Chronic genetic damages in <i>Geophagus brasiliensis</i> exposed to anthropic impact in Estuarine Lakes at Santa Catarina Coast-Southern of Brazil	Benincá, C., Ramsdorf, W., Vicari, T., (...), De Assis, H.C.S., Cestari, M.M.
Microscopic Studies on Erythrocytes of <i>Channa punctata</i> Exposed to Commercial Grade Lindane	Bhattacharjee, D (Bhattacharjee, humilde), Isso, S (Isso, Suchismita)
Genotoxicity in <i>Astyanax bimaculatus</i> (twospot astyanax) exposed to the waters of Engano River (Brazil) as determined by micronucleus tests in erythrocytes	Bogoni, J.A., Armiliato, N., Araldi-Favassa, C.T., Techio, V.H.
Single and joint effects of chronic exposure to chlorpyrifos and glyphosate based pesticides on structural biomarkers in <i>Cnesterodon decemmaculatus</i>	Bonifacio, A.F., Hued, A.C.
Integrated ecotoxicological assessment of the complex interactions between chlorpyrifos and glyphosate on a non-target species <i>Cnesterodon decemmaculatus</i> (Jenyns, 1842)	Bonifacio, A.F., Zambrano, M.J., Hued, A.C.

<p>Multi-biomarkers approach to access the impact of novel metal-insecticide based on flavonoid hesperidin on fish</p>	<p>Bonomo, MM (Bonomo, Marina Marques), Sachi, ITD (de Castro Sachi, Ivelise Teresa), Paulino, MG (Paulino, Marcelo Gustavo), Fernandes, JB (Fernandes, Joao Batista), Carlos, RM (Carlos, Rose Maria), Fernandes, MN (Fernandes, Marisa Narciso)</p>
<p>Genotoxicity assessment of two vineyard pesticides in zebrafish</p>	<p>Bony, S., Gaillard, I., Devaux, A.</p>
<p>Environmentally Relevant Concentrations of Atrazine and Ametrine Induce Micronuclei Formation and Nuclear Abnormalities in Erythrocytes of Fish</p>	<p>Botelho, R.G., Monteiro, S.H., Christofolletti, C.A., Moura-Andrade, G.C.R., Tornisielo, V.L.</p>
<p>Anormalidades morfológicas nucleares em glóbulos vermelhos de peixes <i>Prochilodus linneatus</i> expostos ao clorpirifós</p>	<p>C.S. Caramello, C.F. Cowper, M.J. Jorge, J.E. Pérez, L.C. Jorge.</p>
<p>Genotoxic and cytotoxic effects of the formulated insecticide Aficida® on <i>Cnesterodon decemmaculatus</i> (Jenyns, 1842) (Pisces: Poeciliidae)</p>	<p>Candioti, J.V., Soloneski, S., Larramendy, M.L.</p>
<p>Morphological abnormalities in nucleous of hematies from the fish <i>Prochilodus linneatus</i> exposed to clorpirifos [Anormalidades morfológicas nucleares en hematías del pez <i>Prochilodus linneatus</i> expuesto al clorpirifos]</p>	<p>Caramello, C.S., Cowper, C.F., Jorge, M.J., Pérez, J.E., Jorge, L.C.</p>
<p>Common snook juveniles, <i>Centropomus undecimalis</i>, as biomonitor organisms to evaluate cytogenotoxicity effects of surface estuarine water from Southern Brazil</p>	<p>Cardoso, CM (Cardoso, Caroline Margonato), Maluf, A (Maluf, Auro), Moreno, BB (Moreno, Beatriz Barbosa), Nobre, CR (Nobre, Caio Rodrigues), Maranhão, LA (Maranhão, Luciane</p>

	Alves), Handan, BA (Handan, Bianca Andrade), Abessa, DMD (de Souza Abessa, Denis Moledo), Pereira, CDS (Seabra Pereira, Camilo Dias), Ribeiro, DA (Ribeiro, Daniel Araki)
Índice de resposta de biomarcador integrado usando peixes neotropicais para avaliar a qualidade da água em áreas agrícolas	Carlos Eduardo Delfino Vieira, Mayara da Silva Almeida, Bruno Ambrssio Galindo, Lindalva Pereira, Claudia Bueno dos Reis Martinez
Anxiety-associated behavior and genotoxicity found in adult <i>Danio rerio</i> exposed to tebuconazole-based commercial product	Castro, T.F.D., da Silva Souza, J.G., de Carvalho, A.F.S., (...), Machado, M.R.F., Murgas, L.D.S.
Genotoxic effects of Roundup® on the fish <i>Prochilodus lineatus</i>	Cavalcante, D.G.S.M., Martinez, C.B.R., Sofia, S.H.
In vivo genotoxicity evaluation of atrazine and atrazine-based herbicide on fish <i>Carassius auratus</i> using the micronucleus test and the comet assay	Cavas, T (Cavas, Tolga)
In vivo genotoxicity evaluation of atrazine and atrazine-based herbicide on fish <i>Carassius auratus</i> using the micronucleus test and the comet assay	Cavas, T.
Evaluation of the genotoxic potential of lambda-cyhalothrin using nuclear and nucleolar biomarkers on fish cells	Çavaş, T., Ergene-Gözükara, S.
Detection of cytogenetic and DNA damage in peripheral erythrocytes of goldfish (<i>Carassius auratus</i>) exposed to a glyphosate formulation using the	Çavaş, T., Könen, S.

micronucleus test and the comet assay	
Evaluation of the genotoxic effects of herbicide 2,4-D in <i>Piaractus mesopotamicus</i> by micronucleus test	Cowper, C.F., Jorge, M.J., Jorge, L.C.
Oxidative stress and genotoxicity in the South American cichlid, <i>Australoheros facetus</i> , after short-term sublethal exposure to endosulfan	Crupkin, AC (Crupkin, Andrea C.), Carriquiriborde, P (Carriquiriborde, Pedro), Mendieta, J (Mendieta, Julieta), Panzeri, AM (Panzeri, Ana M.), Ballesteros, ML (Ballesteros, Maria L.), Miglioranza, KSB (Miglioranza, Karina SB), Menone, ML (Menone, Mirta L.)
Evaluation of hematological parameters, oxidative stress and DNA damage in the cichlid <i>Australoheros facetus</i> exposed to the fungicide azoxystrobin	Crupkin, AC , Fulvi, AB , Iturburu, FG , (...), Panzeri, AM , Menone, ML
Induction of DNA damage in the peripheral blood of zebrafish (<i>Danio rerio</i>) by an agricultural organophosphate pesticide, monocrotophos	D'Costa, A.H., Shyama, S.K., Praveen Kumar, M.K., Fernandes, T.M.
Assessment of endosulfan induced genotoxicity and mutagenicity manifested by oxidative stress pathways in freshwater cyprinid fish crucian carp (<i>Carassius carassius</i> L.)	Dar, S.A., Yousuf, A.R., Balkhi, M.-U.-H., Ganai, F.A., Bhat, F.A.
Investigation of the genotoxicity of endosulfan to freshwater Cyprinid fish Crucian carp (<i>Carassius carassius</i> L.) using the micronucleus and chromosomal aberration as biomarkers	Dar, S.A., Yousuf, A.R., Balkhi, M.-U.-H., Ganai, F.A., Bhat, F.A.

<p>Evaluation of endosulfan-induced genotoxicity and mutagenicity manifested by oxidative stress pathways in crucian carp of freshwater cyprinid fish (<i>Carassius carassius</i> L.)</p>	<p>Dar, SA (Dar, Sabzar Ahmad), Yousuf, AR (Yousuf, Abdul Rehman), Balkhi, MUH (Balkhi, Masood-ul-Hassan), Ganai, FA (Ganai, Farooq Ahmad), Bhat, FA (Bhat, Farooz Ahmad)</p>
<p>Stress oxidative and genotoxicity in <i>Prochilodus lineatus</i> (Valenciennes, 1836) exposed to commercial formulation of insecticide cypermethrin</p>	<p>Davico, C.E., Loteste, A., Parma, M.J., Poletta, G., Simoniello, M.F.</p>
<p>Evaluation of the genotoxicity of a herbicide formulation containing 3,6-dichloro-2-metoxybenzoic acid (dicamba) in circulating blood cells of the tropical fish <i>Cnesterodon decemmaculatus</i></p>	<p>de Arcaute, CR (Ruiz de Arcaute, C.), Soloneski, S (Soloneski, S.), Larramendy, ML (Larramendy, ML)</p>
<p>Mutagenic and genotoxic effects of the Atrazine herbicide in <i>Oreochromis niloticus</i> (Perciformes, Cichlidae) detected by the micronuclei test and the comet assay</p>	<p>de Campos, B (de Campos, Bruna), de Angelis, VDDF (de Angelis, Ventura Dejanira de Fransceschi), Marin-Morales, MA (Marin-Morales, Maria Aparecida)</p>
<p>Genotoxic effects of the herbicide Roundup® in the fish <i>Corydoras paleatus</i> (Jenyns 1842) after short-term, environmentally low concentration exposure</p>	<p>De Castilhos Ghisi, N., Cestari, M.M.</p>
<p>Effects of glyphosate-based herbicide on pintado da Amazônia: Hematology, histological aspects, metabolic parameters and genotoxic potential</p>	<p>de Moura, F.R., da Silva Lima, R.R., da Cunha, A.P.S., (...), Senhorin, A.P., Senhorin, V.D.G.</p>
<p>Toxicological effects of anthropogenic activities in <i>Geophagus brasiliensis</i></p>	

<p>from a coastal river of southern Brazil: A biomarker approach</p>	<p>de Oliveira, FG (de Oliveira, Fernando Garrido), Lirola, JR (Lirola, Juliana Roratto), Salgado, LD (Salgado, Lilian Dalago), de Marchi, GH (de Marchi, Gustavo Henrique), Mela, M (Mela, Maritana), Padial, AA (Padial, Andre Andrian), Guimaraes, ATB (Bittencourt Guimaraes, Ana Tereza), Cestari, MM (Cestari, Marta Margarete), de Assis, HCS (Silva de Assis, Helena Cristina)</p>
<p>Effects of sublethal and realistic concentrations of the commercial herbicide atrazine in Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>): Long-term exposure and recovery assays</p>	<p>Delcorso, M.C., De Paiva, P.P., Grigoletto, M.R.P., (...), Collares-Buzato, C.B., Arana, S.</p>
<p>Impaired antioxidant gene expression by pesticide residues and its relation with other cellular biomarkers in Nile Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) from Lake Burullus</p>	<p>El Nahas, A.F., Abdel-Razek, M.A.S., Helmy, N.M., Mahmoud, S., Ghazy, H.A.</p>
<p>Subacute toxicity effects of deltamethrin on oxidative stress markers in rainbow trout</p>	<p>Elia, A.C., Giorda, F., Pacini, N., (...), Scanzio, T., Prearo, M.</p>
<p>Sublethal effects of the herbicide thiobencarb on fecundity, histopathological and biochemical changes in the African catfish (<i>Clarias gariepinus</i>)</p>	<p>Elias, NS (Elias, N. S.), Abouelghar, GE (Abouelghar, G. E.), Sobhy, HM (Sobhy, HM), El Miniawy, HM (El Miniawy, HM), Elsaiedy, EG (Elsaiedy, EG)</p>
<p>S-Methyl Cysteine Protective Effects in <i>Oreochromis Niloticus</i> Fish</p>	<p>Elmadawy, M.A., Abdo, W., Omar, A.A.E.-D.,</p>

Contaminated by Thiobencarb Herbicide	Mahfouz, N.B.
A multibiomarker evaluation of urban, industrial, and agricultural exposure of small characins in a large freshwater basin in southern Brazil	Freire, CA (Freire, Carolina A.), Souza-Bastos, LR (Souza-Bastos, Luciana R.), Chiesse, J (Chiesse, Juliana), Tincani, FH (Tincani, Flavio H.), Piancini, LDS (Piancini, Laercio DS), Randi, MAF (Randi, Marco AF), Prodocimo, V (Prodocimo, Viviane), Cestari, MM (Cestari, Marta M.), Silva-De-Assis, HC (Silva-de-Assis, Helena C.), Abilhoa, V (Abilhoa, Vinicius), Vitule, JRS (Vitule, Jean RS), Bastos, LP (Bastos, Leonardo P.), de Oliveira-Ribeiro, CA (de Oliveira-Ribeiro, Ciro A.)
Genotoxic evaluation in <i>Oreochromis niloticus</i> (Fish: Characidae) of recombinant spore-crystal complexes Cry1Ia, Cry10Aa and Cry1Ba6 from <i>Bacillus thuringiensis</i>	Freire, I.S., Miranda-Vilela, A.L., Fascineli, M.L., (...), Monnerat, R.G., Grisolia, C.K.
A full evaluation of chiral phenylpyrazole pesticide flufiprole and the metabolites to non-target organism in paddy field	Gao, J., Wang, F., Jiang, W., (...), Zhou, Z., Liu, D.
Assessment of genotoxic and pathologic potentials of fipronil insecticide in <i>Labeo rohita</i> (Hamilton, 1822)	Ghaffar, A (Ghaffar, Abdul), Hussain, R (Hussain, Riaz), Abbas, G (Abbas, Ghulam), Khan, R (Khan, Rahela), Akram, K (Akram, Kashfa), Latif, H (Latif, Hina), Ali, S (Ali, Saman), Baig, S (Baig, Sidra), Du, XX (Du, Xiaoxia), Khan, A (Khan, Ahrar)

Hemato-biochemical and genetic damage caused by triazophos in fresh water fish, <i>Labeo rohita</i>	Ghaffar, A., Hussain, R., Khan, A., Abbas, R.Z.
Butachlor induced clinico-hematological and cellular changes in fresh water fish <i>Labeo rohita</i> (Rohu)	Ghaffar, A., Hussain, R., Khan, A., Abbas, R.Z., Asad, M.
In Situ Assessment of a Neotropical Fish to Evaluate Pollution in a River Receiving Agricultural and Urban Wastewater	Ghisi, ND (Ghisi, Nedia de Castilhos), de Oliveira, CE (de Oliveira, Elton Celton) Favaro, LF (Favaro, Luis Fernando), de Assis, HCS (Silva de Assis, Helena Cristina), Prioli, AJ (Prioli, Alberto Jose)
Evaluation of comet assay and micronuclei test as genotoxic assays in <i>Channa punctatus</i> [S1]	Ghisi, ND (Ghisi, Nedia de Castilhos) ¹ , Ramsdorf, WA (Ramsdorf, Wanessa Algarte), Ferraro, MVM (Mocellin Ferraro, Marcos Vinicius), de Almeida, MIM (Mateus de Almeida, Marina Isabel), Ribeiro, CAD (de Oliveira Ribeiro, Ciro Alberto), Cestari, MM (Cestari, Marta Margarete)
Induction of micronuclei and nuclear abnormalities in erythrocytes of mosquito fish (<i>Gambusia affinis</i>) following exposure to the pyrethroid insecticide lambda-cyhalothrin	Gökalp Muranli, F.D., Güner, U.

<p>MUTAGENIC POTENTIAL OF THE FUNGICIDE MANCOZEB IN <i>Astyanax jacuhiensis</i> (Teleostei: Characidae)</p>	<p>Goldoni, A (Goldoni, Angelica), da Silva, LB (da Silva, Luciano Basso)</p>
<p>Sublethal effects of carbendazim in <i>Jenynsia multidentata</i> detected by a battery of molecular, biochemical and genetic biomarkers</p>	<p>Götte, J.Y., Carrizo, J.C., Panzeri, A.M., Amé, M.V., Menone, M.L.</p>
<p>European eel (<i>Anguilla anguilla</i>) genotoxic and pro-oxidant responses following short-term exposure to Roundup (R)-a glyphosate-based herbicide</p>	<p>Guilherme, S (Guilherme, S.), Gaivao, I (Gaivao, I.), Santos, MA (Santos, MA), Pacheco, M (Pacheco, M.)</p>
<p>DNA and chromosomal damage induced in fish (<i>Anguilla anguilla</i> L.) by aminomethylphosphonic acid (AMPA)-the major environmental breakdown product of glyphosate</p>	<p>Guilherme, S (Guilherme, S.), Santos, MA (Santos, M. A.), Gaivao, I (Gaivao, I.), Pacheco, M (Pacheco, M.)</p>
<p>Insecticides biomarker responses on a freshwater fish <i>Corydoras paleatus</i> (Pisces: Callichthyidae)</p>	<p>Guiloski, IC (Guiloski, Izonete Cristina), Rossi, SC (Rossi, Stefani Cibele), da Silva, CA (Silva, Cesar Aparecido), De Assis, HCS (Silva De Assis, Helena Cristina)</p>
<p>Sublethal propoxur toxicity to juvenile common carp (<i>Cyprinus carpio</i> L., 1758): biochemical, hematological, histopathological, and genotoxicity effects</p>	<p>Gul, A (Gul, Ali), Benli, ACK (Benli, A. Caglan Karasu), Ayhan, A (Ayhan, Aysen), Memmi, BK (Memmi, Burcu Hilarious), Selvi, M (Selvi, Mahmut), Sepici-Dincel, A (Sepici-Dincel, Aylin), Cakirogullari, GC (Cakirogullari, Gul Celik), Erkoc, F (Erkoc, Figen)</p>

Sublethal propoxur toxicity to juvenile common carp (<i>Cyprinus carpio</i> L., 1758): Biochemical, hematological, histopathological, and genotoxicity effects	Gül, A., Benli, A.Ç.K., Ayhan, A., (...), Çakiroğullari, G.C., Erkoç, F.
Detection of micronuclei in peripheral erythrocytes of <i>Orthrias angorae</i> (Steindachner, 1897) exposed to malathion	Gul, S (Guel, Sueleyman) Nur, G (Nur, Goekhan), Kaya, TO (Kaya, Taylan Oezguer), Kamber, U (Kamber, Ufuk), Gurdegin, B (Guerdegin, Bahadir)
Evaluation of genotoxicity induced by herbicide pendimethalin in fresh water fish <i>Clarias batrachus</i> (linn.) and possible role of oxidative stress in induced DNA damage	Gupta, P (Gupta, Priyanka), Verma, SK (Verma, Sushant Kumar)
Sublethal toxicity of carbofuran pesticide on the African catfish <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822): Hematological, biochemical and cytogenetic response	Harabawy, ASA (Harabawy, Ahmed S. A.), Ibrahim, ATA (Ibrahim, Ahmed Th. A.)
Exploring the sublethal genotoxic effects of class II organophosphorus insecticide quinalphos on freshwater fish <i>Cyprinus carpio</i>	Hemalatha, D. , Nataraj, B. , Rangasamy, B. , Maharajan, K. , Ramesh, M.
Aberrations of the peripheral erythrocytes and its recovery patterns in a freshwater teleost, silver barb exposed to profenofos and immunotoxicity of neonicotinoids on Chinese rare minnows (<i>Gobiocypris rarus</i>)	Hong, X., Zhao, X., Tian, X., Li, J., Zha, J.
A exposição crônica a quinalphos mostra alterações bioquímicas e genotoxicidade em eritrócitos de farpa de prata, <i>Barbonymus gonionotus</i>	Islam M. Sadiqul, Saimon Mohiful Kabir, Zannatul Ferdous, Khan Mst. Mansura, Rahman Md. Khalilur

Recuperation patterns in fish with reference to recovery of erythrocytes in <i>Barbonymus gonionotus</i> disordered by an organophosphate	Islam, S.M., Khan, M.M., Moniruzzaman, M., Mostakim, G.M., Rahman, M.K.
Acute toxicity of an organophosphate insecticide sumithion to striped catfish <i>Pangasianodon hypophthalmus</i>	Islam, S.M.M., Rahman, M.A., Nahar, S., (...), Haque, M.M., Shahjahan, M.
Genotoxic and hematological effects of chlorpyrifos exposure on freshwater fish <i>Labeo rohita</i>	Ismail, M (Ismail, Muhammad), Ali, R (Ali, Rahat), Shahid, M (Shahid, Muhammad), Khan, MA (Khan, Muhammad Asaf), Zubair, M (Zubair, Muhammad), Ali, T (Ali, Tayyaba), Khan, QM (Khan, Qaiser Mahmood)
Imidacloprid Causes DNA Damage in Fish: Clastogenesis as a Mechanism of Genotoxicity	Iturburu, F.G., Simoniello, M.F., Medici, S., Panzeri, A.M., Menone, M.L.
Uptake, distribution in different tissues, and genotoxicity of imidacloprid in the freshwater fish <i>Australoheros facetus</i>	Iturburu, F.G., Zömisch, M., Panzeri, A.M., (...), Pflugmacher, S., Menone, M.L.
High temperature aggravates the effects of pesticides in goldfish	Jacquin, L., Gandar, A., Aguirre-Smith, M., (...), Laffaille, P., Jean, S.
Avaliação do impacto genotóxico de agrotóxicos em comunidades agrícolas do interior do Estado de Santa Catarina, Brasil	Jaqueli Salvagni, Raquel Zeni Ternus, Alexandre Meneghello Fuentefria
The protective role of vitamin E in the histopathology of gill tissue and liver	Kan, Y (Kan, Yeter), Cengiz, El (Cengiz, Elif Ipek

and micronucleus frequencies in peripheral erythrocytes of <i>Oreochromis niloticus</i> exposed to deltamethrin), Ugurlu, P (Ugurlu, Pelin), Yanar, M (Yanar, Mahmut)
The protective role of vitamin E on gill and liver tissue histopathology and micronucleus frequencies in peripheral erythrocytes of <i>Oreochromis niloticus</i> exposed to deltamethrin	Kan, Y., Cengiz, E.I., Ugurlu, P., Yanar, M.
Induction of micronuclei in <i>Chalcalburnus tarichi</i> (Pallas, 1811) exposed to sub-lethal concentrations of methyl parathion	Kankaya, E., Arslan, Ö.C., Parlak, H., Ünal, G.
Aberrations of the peripheral erythrocytes and its recovery patterns in a freshwater teleost, silver barb exposed to profenofos	Khan, M.M., Moniruzzaman, M., Mostakim, G.M., (...), Rahman, M.K., Islam, M.S.
Genotoxicity testing of the herbicide trifluralin and its commercial formulation treflan using the piscine micronucleus test	Könen, S., Çavaş, T.
Investigation of the genotoxicity of malathion to freshwater teleost fish <i>channa punctatus</i> (Bloch) using the micronucleus test and comet assay	Kumar, R., Nagpure, N.S., Kushwaha, B., Srivastava, S.K., Lakra, W.S.
Genotoxic response of <i>Piaractus mesopotamicus</i> blood, gill and liver cells after acute exposure to a glyphosate herbicide https://doi.org/10.1080/00087114.2016.1254454	Leveroni, FA (Leveroni, Flavia Antonela), Caffetti, JD (Caffetti, Jacqueline Diana), Pastori, MC (Pastori, Maria Cristina)
Biomarkers in an invasive fish species, <i>Oreochromis niloticus</i> , to assess the effects of pollution in a highly degraded Brazilian River	Linde-Arias, AR (Linde-Arias, Ana Rosa), Inacio,

	AF (Inacio, Alan F.) , de Albuquerque, C (de Albuquerque, Carla), Freire, MM (Freire, Marina M.), Moreira, JC (Moreira, Josino C.)
Impacts of the biocide chlorothalonil on biomarkers of oxidative stress, genotoxicity, and sperm quality in guppy <i>Poecilia vivipara</i>	Lopes, F.C., Junior, A.S.V., Corcini, C.D., (...), Fillmann, G., Martins, C.D.M.G.
Spatial and temporal biomarkers responses of <i>Astyanax jacuhiensis</i> (Cope, 1894) (Characiformes: Characidae) from the middle rio Uruguai, Brazil	Loro, V.L., Murussi, C., Menezes, C., (...), Perazzo, G.X., Zanella, R.
Biological plausibility as a tool to associate analytical data for micropollutants and effect potentials in wastewater, surface water, and sediments with effects in fishes	Maier, D., Blaha, L., Giesy, J.P., (...), Scheurer, M., Tribskorn, R.
Genotoxic effects of organophosphate insecticide thiometon in some exotic fishes of Kashmir	Malik, M., Ganie, F.A.
Assessment of impacts of combined treatment of solid urban waste landfill leachate and sewage on aquatic biota	Mannarino, C.F., Moreira, J.C., Ferreira, J.A., Arias, A.R.L.
FISH in micronucleus test demonstrates aneugenic action of rotenone in a common freshwater fish species, Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Melo, KM (Melo, Karina M.), Grisolia, CK (Grisolia, Cesar K.), Cogumelo, JC (Cogumelo, Julio C.), de Souza, LR (de Souza, Ludmilla R.), de Souza, J (de Souza Filho, Jose), Nagamachi, CY (Nagamachi, Cleusa Y.)

Chlorpyrifos levels within permitted limits induce nuclear abnormalities and DNA damage in the erythrocytes of the common carp	Mitkovska, V., Chassovnikarova, T.
Modulação da genotoxicidade e efeitos desreguladores endócrinos do malatião por pólen de abelha e própolis na dieta de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Mohamed MM Kandiel, Amel M. El-Asely, Hasnaa A. Radwan, Amany A. Abbass
Distorção de micronúcleos e outros eritrócitos periféricos causada por fenitrothion e sua assembléia de recuperação no peixe-zebra	Monte Marufa Khatun, Golam Mohammad Mostakim, Md. Moniruzzaman, Umme Ohida Rahman, M. Sadiqul Islam
Embryotoxic, developmental and genotoxic evaluations of a endosulfan and deltamethrin mixture on the African sharptooth catfish (<i>Clarias gariepinus</i>)	Mumuni, A.A., Sogbanmu, T.O.
Toxicity effect of dichlorvos on loach (<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>) assessed by micronucleus test, analysis of hepatase activity and comet assay	Nan, P (Nan, Ping), Yan, SG (Yan, Shuaiguo), Li, L (Li, Li), Chen, JJ (Chen, Jianjun), Du, QY (Du, Qiyan), Chang, ZJ (Chang, Zhongjie)
Genotoxic effects of 8-hydroxyquinoline in loach (<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>) assessed by the micronucleus test, comet assay and RAPD analysis	Nan, P., Xia, X.-H., Du, Q.-Y., (...), Wu, X.-H., Chang, Z.-J.
Efeitos histológicos, genotóxicos e bioquímicos em <i>Cnesterodon decemmaculatus</i> (Jenyns 1842) (Cyprinodontiformes, Poeciliidae): Bioensaios de resposta precoce para avaliar o impacto das águas receptoras	Natalia Alejandra Ossana, Federico Gastón Baudou, Patricia Mónica Castañé, Luis Tripoli, Sonia Soloneski, Lucrecia Ferrari

Endosulfan-induced genotoxicity detected in sea bream, <i>Sparus aurata</i> L., by flow cytometry and micronucleus assays	Neuparth, T., Bickham, J.W., Theodorakis, C.W., Costa, F.O., Costa, M.H.
Mutagenic and genotoxic effects of carbosulfan in freshwater fish <i>Channa punctatus</i> (Bloch) using micronucleus assay and alkaline single-cell gel electrophoresis	Nwani, C.D., Lakra, W.S., Nagpure, N.S., (...), Kushwaha, B., Srivastava, S.K.
Mutagenic and genotoxic assessment of atrazine-based herbicide to freshwater fish <i>Channa punctatus</i> (Bloch) using micronucleus test and single cell gel electrophoresis	Nwani, C.D., Nagpure, N.S., Kumar, R., (...), Kumar, P., Lakra, W.S.
Genotoxicity assessment and oxidative stress responses in freshwater African catfish <i>Clarias gariepinus</i> exposed to fenthion formulations	Nwani, C.D., Somdare, P.O., Ogueji, E.O., (...), Ukonze, J.A., Nwadinigwe, A.O.
Induction of micronuclei and nuclear lesions in <i>Channa punctatus</i> following exposure to carbosulfan, glyphosate and atrazine	Nwani, CD (Nwani, Christopher Didigwu), Nagpure, NS (Nagpure, Naresh Sahebrao), Kumar, R (Kumar, Ravindra), Kushwaha, B (Kushwaha, Basdeo), Kumar, P (Kumar, Pavan), Lakra, WS (Lakra, Wazir Singh)
Toxicity and genotoxic evaluations in African catfish <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell 1822) exposed to Act Force Gold(R), Butaforce(R), and Atrforce®	Nwani, CD (Nwani, Christopher Didigwu), Proprietários, VC (Proprietários, Vincent Chikwendu), Querida, JC (querida, Josephine Chinenye)
Sublethal concentrations of dichlorvos and paraquat induce genotoxic and	Oladokun, E.I., Sogbanmu, T.O., Anikwe, J.C.

histological effects in the clarias gariepinus	
Effects of triclosan on zebrafish early-life stages and adults	Oliveira, R., Domingues, I., Grisolia, C.K., Soares, A.M.V.M.
Toxicidade aguda da atrazina comercial em <i>Piaractus mesopotamicus</i> : avaliação histopatológica, ultraestrutural, molecular e genotóxica	Paula Pereira de Paiva, Mariana Cruz Delcorso, Valquíria Aparecida Matheus, Sonia Claudia do Nascimento de Queiroz, Carla Beatriz Collares-Buzato, Sarah Arana
Toxicological assessment of spinosad: Implications for integrated control of <i>Aedes aegypti</i> using larvicides and larvivorous fish	Pereira, BB (Pereira, Boscolli Barbosa), Caixeta, ES (Caixeta, Evelyn Siqueira), Freitas, PC (Freitas, Priscila Costa), Santos, VSV (Vieira Santos, Vanessa Santana), Limongi, JE (Limongi, Jean Ezequiel), de Campos, EO (de Campos Junior, Edimar Olegario), Campos, CF (Campos, Carlos Fernando), Souto, HN (Souto, Henrique Nazareth) Rodrigues, TS (Rodrigues, Tamiris Sabrina), Morelli, S (Morelli, Sandra)
Mutagenic impact on fish of runoff events in agricultural areas in south-west France	Polard, T., Jean, S., Gauthier, L., (...), Sánchez-Pérez, J.M., Pinelli, E.
Genotoxic Potential Assessment of the Herbicide Bispyribac-Sodium in a Fresh Water Fish <i>Clarias batrachus</i> (Linn.)	Pradhan, D., Singh, R.K., Verma, S.K.

Toxic effects of glyphosate on diploid and triploid fin cell lines from <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	Qin, Y., Li, X., Xiang, Y., (...), Li, Z., Liang, Y.
Evaluation of the genotoxic and cytochrome P450 monooxygenase-inhibitory potential of Dicuran on procaryotic and eucaryotic test systems	Ramljak, S (Ramljak, S), Hackenberger, BK (Hackenberger, BK), Smital, T (Smital, T), Britvic, S (Britvic, S)
Phorate induced oxidative stress, DNA damage and differential expression of p53, apaf-1 and cat genes in fish, <i>Channa punctatus</i> (Bloch, 1793)	Ratn, A., Awasthi, Y., Kumar, M., (...), Tripathi, R., Trivedi, S.P.
Genotoxic effects of water from são francisco river, Brazil, in <i>Astyanax paranae</i>	Ribeiro, D.L., Barcelos, G.R.M., D'Arce, L.P.G.
Toxic and genotoxic effects of the 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)-based herbicide on the Neotropical fish <i>Cnesterodon decemmaculatus</i>	Ruiz de Arcaute, C., Soloneski, S., Larramendy, M.L.
Micronuclei and other nuclear abnormalities in phorate exposed fish, <i>Channa punctatus</i>	S.P. Trivedi *, A. Ratn , Y. Awasthi , N. Gupta , M. Kumar and A. Trivedi
Acute exposure to a quinalphos containing insecticide (convoy) causes genetic damage and nuclear changes in peripheral erythrocytes of silver barb, <i>Barbonymus gonionotus</i>	Sadiqul, I.M., Ferdous, Z., Nannu, M.T.A., Mostakim, G.M., Rahman, M.K.
Multi-level Integrative Biomarker Responses in Freshwater Teleostean Fishes Exposed to Almix Herbicide	Samanta, P., Pal, S., Mukherjee, A.K., (...), Jung, J., Ghosh, A.R.

<p>Biochemical, Endocrine and Genetic Impairments in Response to Agrochemicals Intoxication in Common Carp (<i>Cyprinus carpio</i>)</p>	<p>Sanna, S. , Ghayyur, S. , Tabassum, S. , (...), Sajid, M. , Khan, MF</p>
<p>Sublethal Toxicity of Esbiothrin Relationship with Total Antioxidant Status and In Vivo Genotoxicity Assessment in Fish (<i>Cyprinus carpio</i> L., 1758) Using the Micronucleus Test and Comet Assay</p>	<p>Selvi, M (Selvi, Mahmut), Cavas, T (Cavas, Tolga), Benli, ACK (Benli, A. Caglan Karasu), Memmi, BK (Memmi, Burcu Kocak), Cinkilic, N (Cinkilic, Nilufer), Dincel, AS (Dincel, Aylin Sepici), Vatan, O (Vatan, Ozgur), Yilmaz, D (Yilmaz, Dilek), Sarikaya, R (Sarikaya, Rabia), Zorlu, T (Zorlu, Tolga), Erkoc, F (Erkoc, Figen)</p>
<p>In vivo Genotoxicity Assessment of Esbiothrin in Fish (<i>Cyprinus carpio</i> L., 1758) Using the Micronucleus Test and Comet Assay</p>	<p>Selvi, M (Selvi, Mahmut), Cavas, T (Cavas, Tolga), Benli, ACK (Benli, A. Caglan Karasu), Memmi, BK (Memmi, Burcu Hilarious), Cinkilic, N (Cinkilic, Nilufer), Dincel, AS (Dincel, Aylin Sepici), Vatan, O (Vatan, Ozgur), Yilmaz, D (Yilmaz, desejo), Sarikaya, R (Sarikaya, Rabia), Zorlu, T (Zorlu, Tolga), Erkoc, F (Erkoc, Figen)</p>
<p>Genotoxicity assessment of carp (<i>Cyprinus carpio</i> L.) fingerlings by tissue DNA damage and micronucleus test, after environmental exposure to fenitrothion</p>	<p>Sepici-Dincel, A (Sepici-Dincel, Aylin), Sahin, D (Sahin, Duygu), Benli, ACK (Benli, A. Caglan Karasu), Sarikaya, R (Sarikaya, Rabia), Selvi, M (Selvi, Mahmut), Erkoc, F (Erkoc, Figen), Altan, N (Altan, Nilgun)</p>

<p>Increase in water temperature increases acute toxicity of sumithion causing nuclear and cellular abnormalities in peripheral erythrocytes of zebrafish <i>Danio rerio</i></p>	<p>Shahjahan, M (Shahjahan, Md), Rahman, MS (Rahman, Mohammad Shadiqur), Islā, SMM (Islā, SM Majharul), Uddin, MH (Uddin, Md Helal), Al-Emran, M (Al-Emran, Md)</p>
<p>Comparative assessment of the acute toxicity, haematological and genotoxic effects of ten commonly used pesticides on the African Catfish, <i>Clarias gariepinus</i> Burchell 1822</p>	<p>Shahjahan, M., Rahman, M.S., Islam, S.M.M., Uddin, M.H., Al-Emran, M.</p>
<p>Using multibiomarker approach as a tool to improve the management plan for a Private Reserve of Natural Heritage (RPPN)</p>	<p>Silva, M.D., Rossi, S.C., Ghisi, N.D.C., (...), Cestari, M.M., Silva De Assis, H.C.</p>
<p>Lethal and sublethal exposure of <i>Hemichromis bimaculatus</i> (Gill, 1862) to malachite green and possible implications for ornamental fish</p>	<p>Souza, ACP (Paes Souza, Augusto Cesar), Melo, KM (Melo, Karina Motta), de Azevedo, LFC (Calandrini de Azevedo, Luana Franca), Vilhena, AOD (de Almada Vilhena, Andryo Orfi) , Nagamachi, CY (Nagamachi, Cleusa Yoshiko), Cogumelo, JC (Cogumelo, Julio Cesar)</p>
<p>Protective effects of perennial herb, <i>Melissa officinalis</i> against furadan 3G induced cytotoxicity in <i>Channa punctatus</i></p>	<p>Tiwari, V (Tiwari, V.), Kumar, M (Kumar, M.), Trivedi, SP (Trivedi, SP)</p>
<p>Investigations on remedial role of <i>Rauwolfia serpentina</i> root extract against carbofuran formulation induced genotoxicity in <i>Channa punctatus</i></p>	<p>Tiwari, V (Tiwari, V.), Trivedi, SP (Trivedi, SP)</p>
<p>Co-exposure of iron oxide nanoparticles and glyphosate-based herbicide</p>	<p>Trigueiro, NSDS , Gonçalves, BB , Dias, FC , (...),</p>

induces DNA damage and mutagenic effects in the guppy (<i>Poecilia reticulata</i>)	Rocha, TL , Sabóia-Morais, SMT
Assesment of hematotoxic, oxidative and genotoxic damage potentials of fipronil in rainbow trout <i>Oncorhynchus mykiss</i> , Walbaum	Uçar, A. , Parlak, V. , Çilingir Yeltekin, A. , (...), Alak, G. , Atamanalp, M.
Pirimicarb-based formulation-induced genotoxicity and cytotoxicity in the freshwater fish <i>Cnesterodon decemmaculatus</i> (Jenyns, 1842) (Pisces, Poeciliidae)	Vera-Candioti, J., Soloneski, S., Larramendy, M.L.
Chlorpyrifos-based insecticides induced genotoxic and cytotoxic effects in the ten spotted live-bearer fish, <i>Cnesterodon decemmaculatus</i> (Jenyns, 1842)	Vera-Candioti, J., Soloneski, S., Larramendy, M.L.
Evaluation of the genotoxic and cytotoxic effects of glyphosate-based herbicides in the ten spotted live-bearer fish <i>Cnesterodon decemmaculatus</i> (Jenyns, 1842)	Vera-Candioti, J., Soloneski, S., Larramendy, M.L.
DNA damage and oxidative stress induced by imidacloprid exposure in different tissues of the Neotropical fish <i>Prochilodus lineatus</i>	Vieira, C.E.D., Pérez, M.R., Acayaba, R.D., Raimundo, C.C.M., dos Reis Martinez, C.B.
Multiple biomarker responses in <i>Prochilodus lineatus</i> subjected to short-term in situ exposure to streams from agricultural areas in Southern Brazil	Vieira, CED (Delfino Vieira, Carlos Eduardo), Costa, PG (Costa, Patricia Gomes), Lunardelli, B (Lunardelli, Bruna), de Oliveira, LF (de Oliveira, Luciana Fernandes), Cabrera, LD (Cabrera, Liziara da Costa), Risso, WE (Risso, Wagner Ezequiel), Primel, EG (Primel, Ednei Gilberto),

	Meletti, PC (Meletti, Paulo Cesar), Fillmann, G (Fillmann, Gilberto), dos Reis Martinez, CB (dos Reis Martinez, Claudia Bueno)
An integrated approach in subtropical agro-ecosystems: Active biomonitoring, environmental contaminants, bioaccumulation, and multiple biomarkers in fish	Vieira, CED (Delfino Vieira, Carlos Eduardo), Costa, PG (Costa, Patricia Gomes), Caldas, SS (Caldas, Sergiane Souza), Tesser, ME (Tesser, Maria Eduarda), Risso, WE (Risso, Wagner Ezequiel), Escarrone, ALV (Venquiaruti Escarrone, Ana Laura), Primel, EG (Primel, Ednei Gilberto), Bianchini, A (Bianchini, Adalto), Martinez, CBD (dos Reis Martinez, Claudia Bueno)
Integrated biomarker response index using a Neotropical fish to assess the water quality in agricultural areas	Vieira, CED (Delfino Vieira, Carlos Eduardo), Almeida, MD (Almeida, Mayara da Silva), Galindo, BA (Galindo, Bruno Ambrosio), Pereira, L (Pereira, Lindalva), Martinez, CBD (dos Reis Martinez, Claudia Bueno)
A comparative approach using biomarkers in feral and caged Neotropical fish: Implications for biomonitoring freshwater ecosystems in agricultural areas	Vieira, CED (Delfino Vieira, Carlos Eduardo), Costa, PG (Costa, Patricia Gomes), Cabrera, LC (Cabrera, Liziara Costa), Primel, EG (Primel, Ednei Gilberto), Fillmann, G (Fillmann, Gilberto), Bianchini, A (Bianchini, Adalto), Martinez, CBD (dos Reis Martinez, Claudia Bueno)

<p>Usando biomarcadores genotóxicos e hematológicos como evidência de contaminação ambiental nos peixes nativos do Rio Ocoa , Villavicencio — Meta, Colômbia</p>	<p>Wilson Corredor-Santamaría, Marlon Serrano Gómez, Yohana María Velasco-Santamaría</p>
<p>Micronuclei and dyskaryosis of erythrocytes and oxidative stress response with endosulfan exposure in topmouth gudgeon <i>Pseudorasbora parva</i></p>	<p>Wu, H., Ding, S.</p>
<p>Toxic effects of imidacloprid on adult loach (<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>)</p>	<p>Xia, X., Xia, X., Huo, W., (...), Zhang, L., Chang, Z.</p>
<p>Assessment of genotoxic effects of butachlor in fresh water fish, <i>cirrhinus mrigala</i> (Hamilton)</p>	<p>Yadav, A.S., Bhatnagar, A., Kaur, M.</p>
<p>Evaluation of the genotoxic and cytotoxic effects of exposure to the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in <i>Astyanax lacustris</i> (Pisces, Characidae) and the potential for its removal from contaminated water using a biosorbent</p>	<p>Zafra-Lemos, L., Cusioli, L.F., Bergamasco, R., Borin-Carvalho, L.A., Portela-Castro, A.L.D.B.</p>
<p>Genotoxic evaluation of Río Grande (Antioquia, Colombia) water using micronucleus frequency in erythrocytes of <i>Brycon henni</i> (Characiformes: Characidae) [Evaluación genotóxica del agua del Río Grande (Antioquia, Colombia) mediante frecuencia de eritrocitos micronucleados de <i>Brycon henni</i> (Characiformes: Characidae)]</p>	<p>Zapata-Restrepo, L.M., Orozco-Jiménez, L.Y., Rueda-Cardona, M., (...), Mena-Moreno, N., Palacio-Baena, J.A.</p>
<p>Aquatic ecotoxicology approaches in Western Mexico</p>	<p>Zavala-Aguirre, J.L., Torres-Bugarin, O., Zamora-Perez, A.L.</p>