



Novas ferramentas de modelação e Ecotoxicológicas para avaliar o risco ambiental de Contaminantes de Preocupação Emergente (CECs)

Workshop Nor-Water
15 de Março 2022

Teresa Neuparth, Miguel Santos e Irene Martins

tneuparth@ciimar.up.pt



ciimar
Centro Interdisciplinar de Investigação
Marinha e Ambiental



Interreg
Espanha - Portugal

Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



norwater

Equipa:

- Teresa Neupath
- Miguel Santos
- Irene Martins
- Susana Barros
- Nélsón Alves
- Marta Ribeiro
- Raquel Chaves
- Ana Fernandes
- António Nogueira



ciimar
Centro Interdisciplinar de Investigação
Marinha e Ambiental

Grupo de Disruptores Endócrinos e Contaminantes Emergentes



Interreg
Espanha - Portugal

Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNION EUROPEA
UNIÃO EUROPEIA

norwater

	Ensaaios desenvolvidos
Testes Ecotoxicológicos e avaliação de risco	a) Ensaaios com embriões de peixe-zebra: (1) Avaliação dos efeitos ecotoxicológicos elutriados de cinzas de incêndios (2) Avaliação dos efeitos ecotoxicológicas de perfluorados de cadeia longa e curta (PFOS; PFOA; PFBS; PFBA; PFDA e PFUnA) incluídos na lista de candidatos a estudos de toxicidade fornecida por Santiago de Compostela (3) Avaliação dos efeitos ecotoxicológicas das amostras de água recolhidas no verão de 2020 nas campanhas de amostragem no âmbito da atividade 1 (4) Avaliação da toxicidade de efluentes de ETAR fortificados com CECs antes e após os métodos de tratamento desenvolvidos na actividade 3 b) Ensaio de ciclo de vida completo com peixe zebra (1) Metformina (2) Naproxeno



Interreg
Espanha - Portugal



Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

norwater

a) Ensaios com embriões de Peixe-zebra:

Testes de Toxicidade com Embriões de Peixe Zebra

Protocolo adaptado de *Fish Embryo Acute Toxicity (FET) Test* da OCDE (2013)

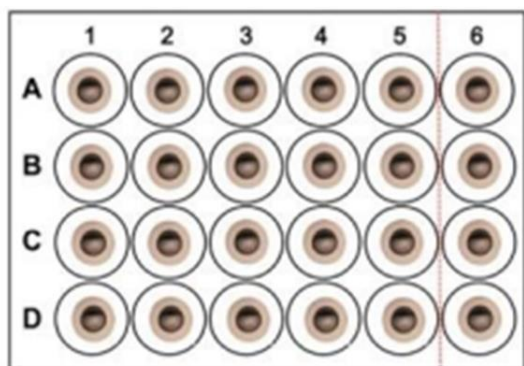
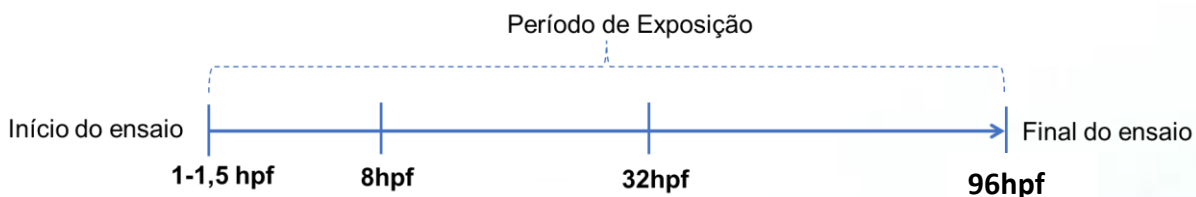
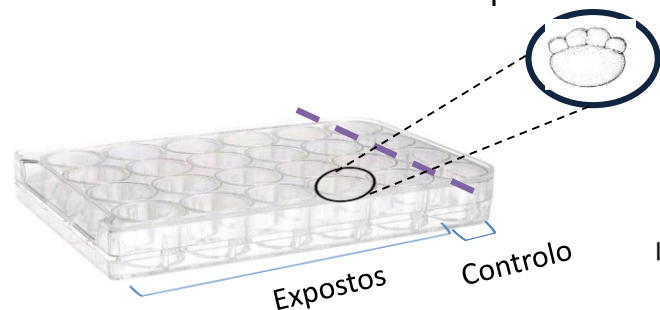
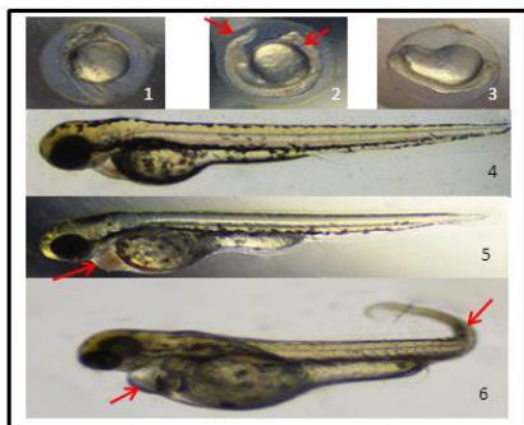


Tabela 2- Fases de desenvolvimentos e parâmetros a registar

hp / hpf	8 hpf	24 hpf	48 hpf	72 hpf	96 hpf Larvae
Parâmetros					
Taxa de mortalidade	X	X	X	X	X
Divisão celular	X				
Desenvolvimento (atraso/avançado)	X	X	X	X	X
Natação livre					X
Desenvolvimento dos olhos		X	X	X	X
Malformações da cabeça		X	X	X	X
M. da cauda		X	X	X	X
Edema saco vitelino		X	X	X	X
Edema do coração		X	X	X	X
Distribuição dos melanóforos		X	X	X	X
Frequência cardíaca		X	X	X	X
Taxa eclosão				X	X



a) Ensaio com embriões de Peixe-zebra:

(1) Avaliação dos efeitos ecotoxicológicos de **elutriados de cinzas de incêndios**

Testou-se a toxicidade de cinzas de um incêndio florestal real que ocorreu em Agosto de 2020 no norte de Portugal (Castelo do Neiva 41°37'22.9"N 8°46'59.5"W) numa zona de **Eucaliptos e vegetação rasteira com elutriados das cinzas**

Diluições dos elutriados:

0%

50%

75%

87.5%



Interreg
Espanha - Portugal



Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

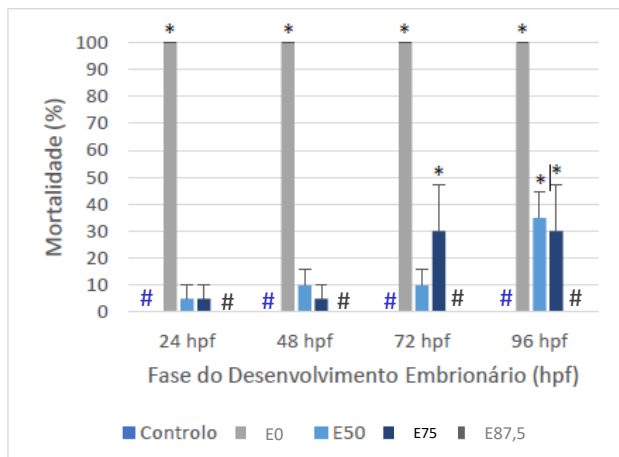
norwater

a) Ensaios com embriões de Peixe-zebra:

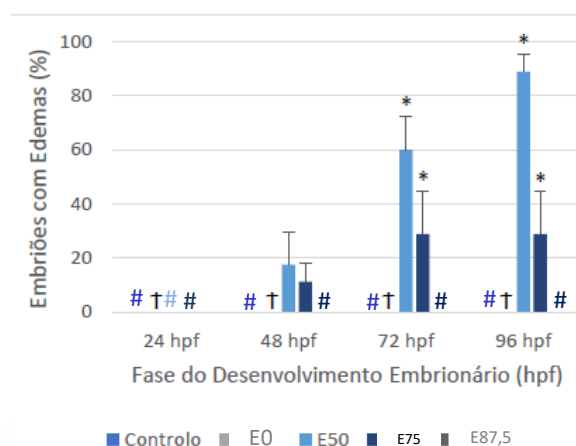
(1) Avaliação dos efeitos ecotoxicológicos de elutriados de cinzas de incêndios

Resultados:

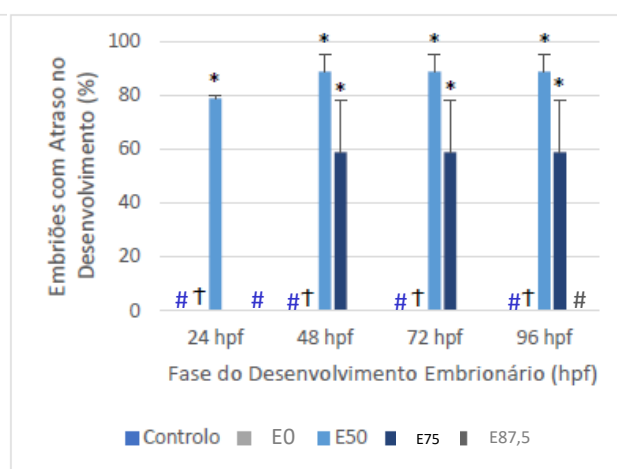
Mortalidade



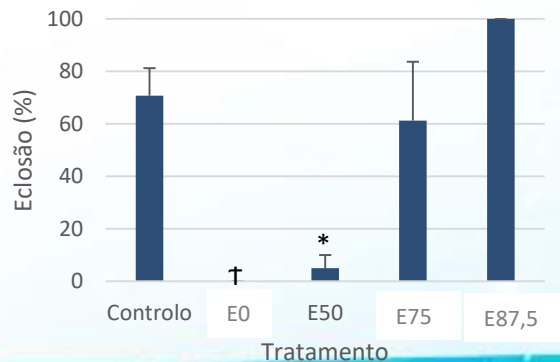
Edemas



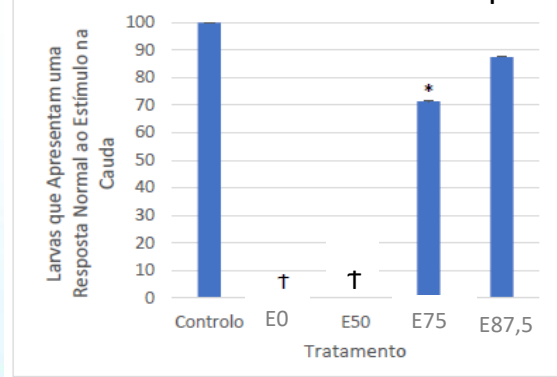
Atrasos no desenvolvimento



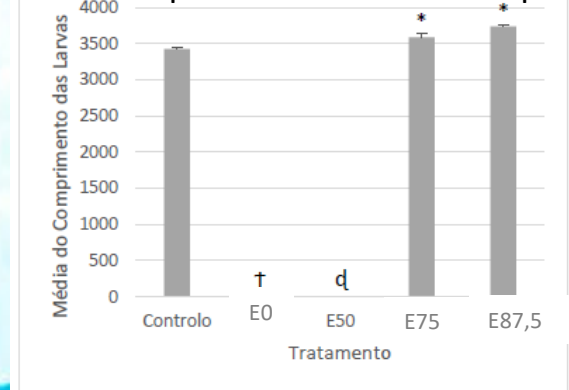
Taxa de eclosão



Teste sensorial às 96hpf



Comprimento larvar às 96hpf



Interreg
Espanha - Portugal



norwater

Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

a) Ensaios com embriões de Peixe-zebra:

(1) Avaliação dos efeitos ecotoxicológicos de elutriados de cinzas de incêndios

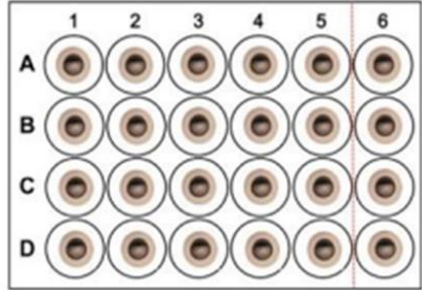
Quantificação Química /INTECMAR						
PAHs		PCBs		Pesticidas		
Compuesto	CONTAMINANTE	CO00920 (ng/g)/ WHO-TEQ pg/g	CO00920 elutriado (ng/mL)/ WHO-TEQ pg/mL	CONTAMINANTE	CO00920 (ng/g)	CO00920 elutriado (ng/mL)
Naftaleno	PCB 31	0,12	0,0072	α- HCH	0,23	0,0245
Acenafteno	PCB 28	0,18	0,0079	HCB	0,21	0,0076
Fluoreno	PCB 52	0,06	0,0069	γ- HCH	0,47	0,0324
Fenantreno	PCB 101	0,12	0,0055	Heptaclor	0,15	0,0728
Antraceno	PCB 118	0,12/3,6 10 ⁻⁶	0,0062/1,86 10 ⁻⁷	Aldrin	0,12	0,0145
Fluoranteno	PCB 153	0,37	0,0121	Heptaclorepóxido	0,19	0,0131
Pireno	PCB 105	0,13/3,9 10 ⁻⁶	0,0083/2,49 10 ⁻⁷	p,p´ - DDE	0,54	0,0224
Benzo[a]antraceno	PCB 138	0,32	0,0083	Dieldrin	0,29	<LD
Criseno	PCB 156	0,03/0,9 10 ⁻⁶	3,45 10 ⁻⁴ /1,04 10 ⁻¹⁰	Endrin	<LQ	<LD
Retene	PCB180	0,18	0,0035	p,p´ - DDD	0,25	<LD
Benzo[b]fluoranteno				o,p´ - DDT	0,15	<LD
Benzo[k]fluoranteno				p,p´ - DDT	0,33	<LD
Benzo[a]pireno						
Dibenzo[a,h]antraceno						
Benzo[ghi]perileno						
Indeno[1,2,3-cd]pireno						

- ✓ 15 PAHs da lista da EPA mais o Retene e **não detetou nenhum dos compostos analisados**
- ✓ PCBs – concentrações muito baixas
- ✓ Pesticidas - lindano (HCH), hexaclorobenceno (HCB), pp'-dichlorodiphenyltrichloroethane (pp'-DDT) e seus metabolitos apresentam concentrações mais elevada

a) Ensaaios com embriões de peixe-zebra e de orço do mar (96 horas):

2) Ensaaios com perfluorados de cadeia longa e curta (PFOS; PFOA; PFBS; PFBA; PFDA e PFUnA)

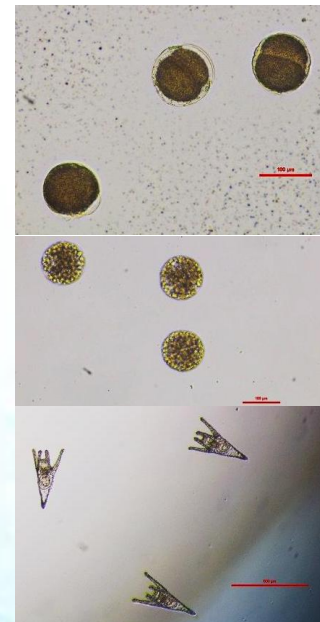
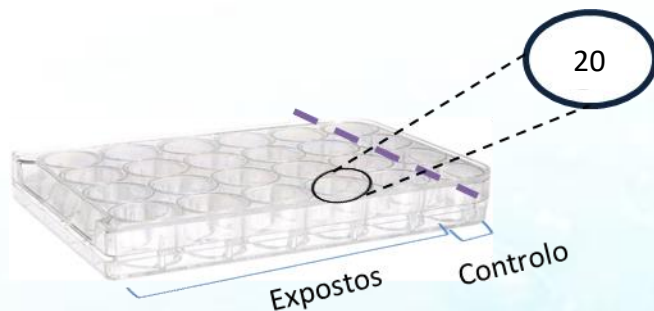
Testes de Toxicidade com embriões de peixe-zebra



Concentrações testadas de cada perfluorado:

- 10000 µg/L
- 1000 µg/L
- 100 µg/L
- 10 µg/L

Teste de toxicidade com embriões de orço do mar (*Paracentrotus lividus*)



Concentrações testadas de cada perfluorado:

- 1000 µg/L
- 400 µg/L
- 100 µg/L
- 40 µg/L
- 16 µg/L
- 6.4 µg/L
- 2.56 µg/L
- 1.024 µg/L



Interreg
Espana - Portugal



norwater

Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

a) Ensaios com embriões de peixe-zebra e de oríço do mar:

2) Ensaios com perfluorados de cadeia longa e curta (PFOS; PFOA; PFBS; PFBA; PFDA e PFUnA)

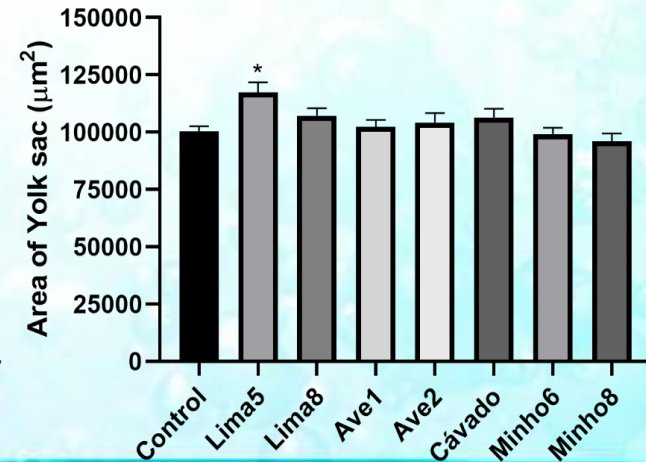
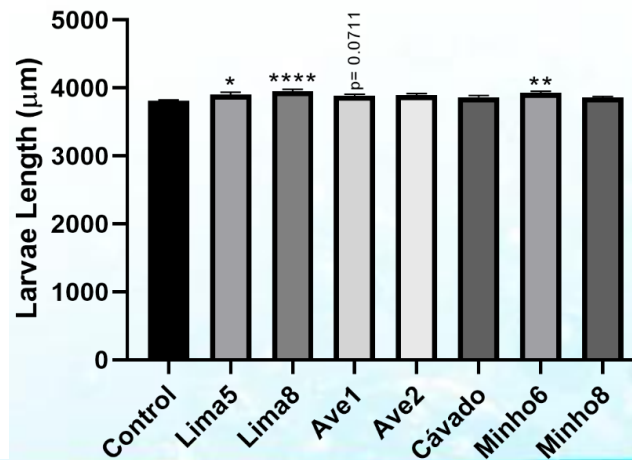
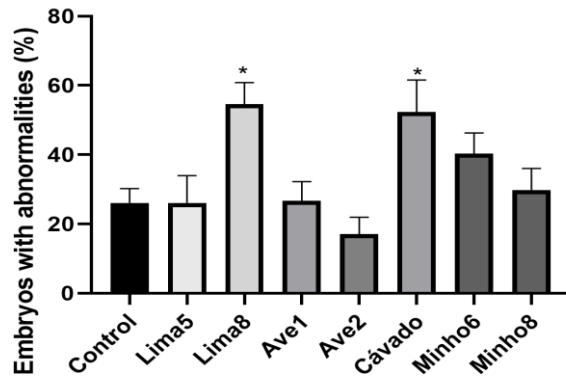
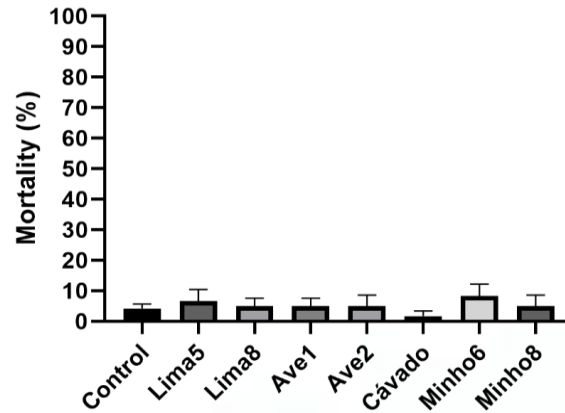
	Zebrafish (<i>D. rerio</i>)		Oriço (<i>P. Lividus</i>)	
	Mortalidade/ [µg/L]	Anomalias /[µg/L]	Comprimento larvar/[µg/L]	Anomalias/ [µg/L]
PFOS	10000	-	2.56; 1000	-
PFOA	-	-	40; 400; 1000	-
PFBS	-	-	6.4; 1000	-
PFBA	-	-	-	-
PFDA	-	10000	1000	-
PFUnA	10000	10000	1000	-

	Zebrafish (<i>D. rerio</i>)		Oriço (<i>P. Lividus</i>)	
	NOEC/ [µg/L]	LOEC/ [µg/L]	NOEC/ [µg/L]	LOEC/ [µg/L]
PFOS	1000	10000	1.024	2.56
PFOA	10000	>10000	16	40
PFBS	10000	>10000	2.56	6.4
PFBA	10000	>10000	1000	>1000
PFDA	10000	>10000	400	1000
PFUnA	1000	10000	1.024	2.56

a) Ensaios com embriões de peixe-zebra (120 horas):

3) Efeitos ecotoxicológicas das amostras de água recolhidas nas campanhas de amostragem (LIMA 5; LIMA 8; AVE 1; AVE 2; CAVADO; Minho 6; Minho 8)

Lima 5 (P. de LIMA)
Lima 8 (P. BARCA)
Ave 1 (BAGUNTE)
Ave 2 (V. do CONDE)
Cávado
Minho 6 (MONÇÃO)
Minho 8 (CERVEIRA)



Interreg
Espana - Portugal



Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

norwater

a) Ensaios com embriões de peixe-zebra (96 horas):

4) Avaliação da toxicidade de efluentes de ETAR fortificados com CECs antes e após os métodos de tratamento desenvolvidos na actividade 3

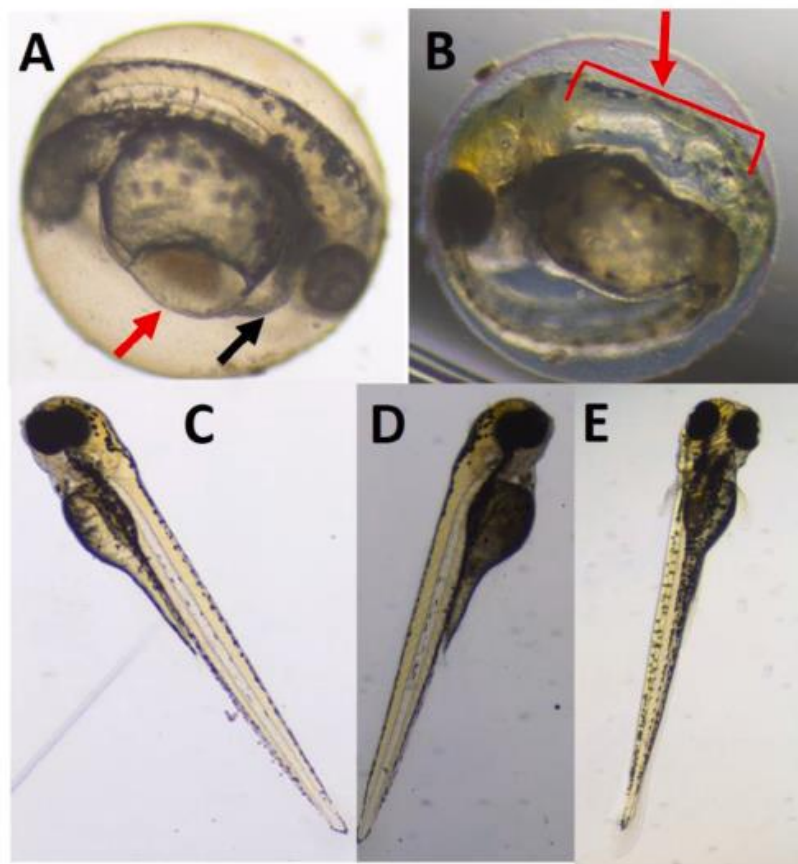


Fig. 7. Abnormalities observed in the zebrafish embryo bioassay: Pericardial oedema – black arrow; yolk sac oedema – red arrow at 48 hpf exposition to CECs + real matrix (A); Abnormal notochord formation at 96 hpf exposition to CECs + synthetic matrix (B); normal development at 96 hpf recorded in CECs + real matrix + MA-3 (C), CECs + real matrix + MB-2 (D) and control – synthetic water (E).

- **CECs:** diclofenac, 17β -estradiol, 17α -ethinylestradiol e amoxicilina (500 $\mu\text{g/L}$ cada)
- Tratamentos da FEUP foram 2 tipos de **membranas tubulares cerâmicas revestidas com óxido de titânio**

(b) Ensio de ciclo de vida completo com peixe zebra expostos a CECs prioritários

Foram selecionados dois CECs (**Metformina**, **Naproxeno**) para efetuar uma análise ecotoxicológica mais detalhadas

Metformina e Naproxeno em diferentes concentrações ambientalmente relevantes:

Metformina: 361, 2166 e 13000 ng/L



Avaliação dos efeitos:

- Parâmetros ecológicos - Crescimento e Reprodução
- Parâmetros Bioquímicos: níveis de colesterol e triglicerídeos e atividade da COX I
- Parâmetros moleculares - Transcritômica e Expressão génica (vias metabólicas afetadas)



Interreg
Espanha - Portugal



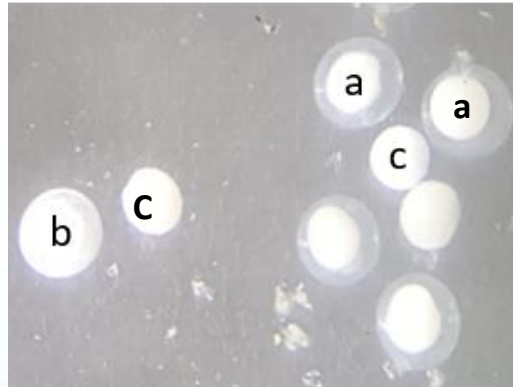
norwater

Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

b) Ensio de ciclo de vida completo com CEs prioritários

1) Metformina

Reprodução



Eggs with 2 hpf: a – fertilized eggs; b – unfertilized eggs; c – un-activated oocytes

b) Ensaio de ciclo de vida completo com CEs prioritários

1) Metformina

Reprodução

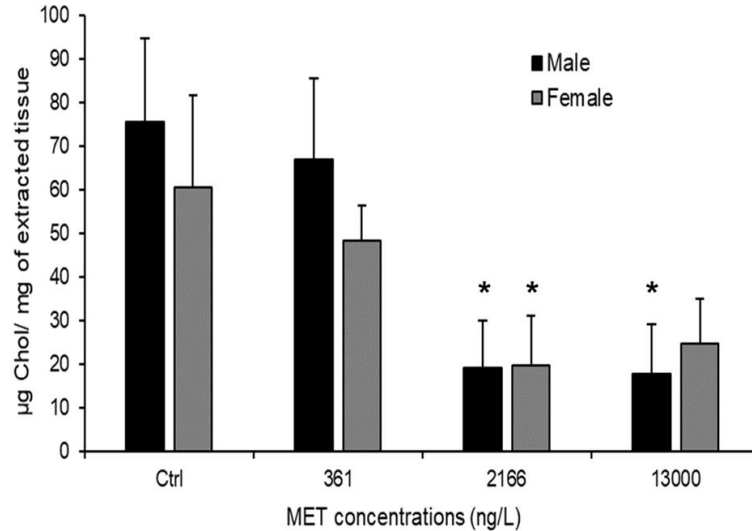
Table 2. Chronic effects of MET on crossed reproduction fecundity (number of embryos/female/day), % of fertilization (% of fertilized eggs/female/day), frequency of reproductions with small unfertilized eggs, and % of small unfertilized eggs of *D. rerio* after 4 months of exposure. ♂Exp x ♀Ctrl – reproduction of exposed male with a control female; ♂Ctrl x ♀Exp – reproduction of control male with exposed female. Data expressed as mean $\pm$ standard error. Significant differences are highlighted in bold ($p < 0.05$). Cardinals (#) indicate $p < 0.1$.

		Fecundity	% Fertilization	% of reproductions with non-activated oocytes	% non-activated oocytes
♂Ctrl x ♀Ctrl		286.4 $\pm$ 22,7	98.1 $\pm$ 0,7	0	0
MET = 13 000	♂Exp x ♀Ctrl	198.8 $\pm$ 62.9 [#]	88.5 $\pm$ 4.1	56	22,57 $\pm$ 5,33
ng/L	♂Ctrl x ♀Exp	226.9 $\pm$ 39.7	97.2 $\pm$ 0.8	0	0

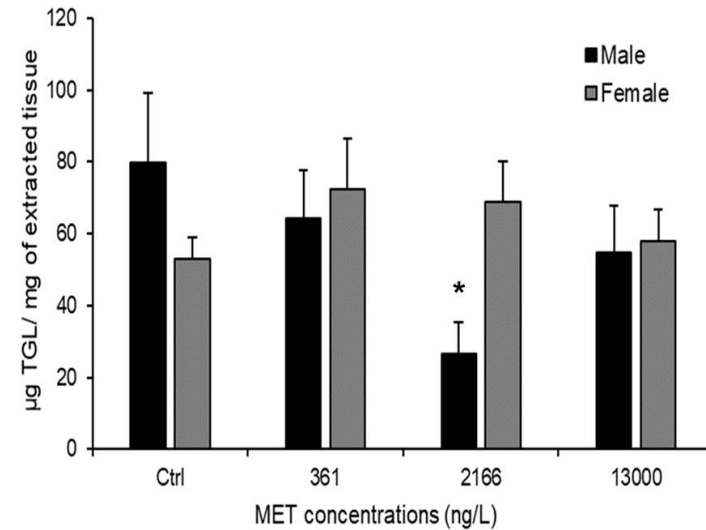
1) Metformina

Parâmetros Bioquímicos

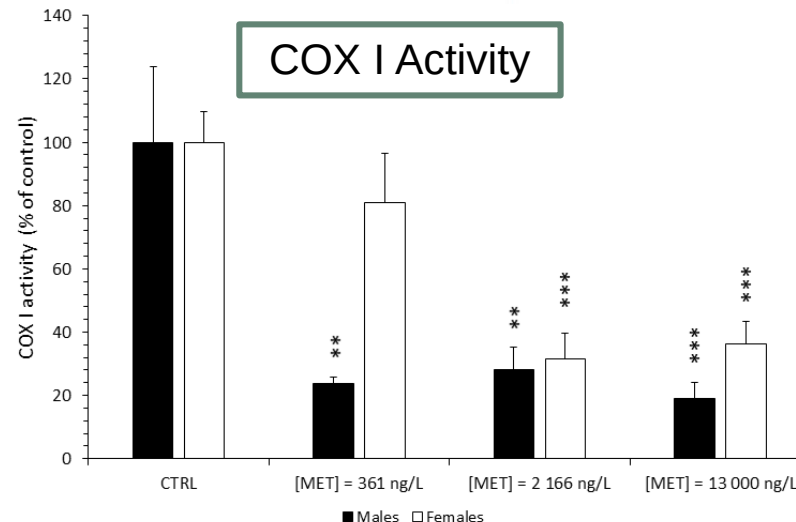
Cholesterol



Triglycerides



COX I Activity



b) Ensio de ciclo de vida completo com CEs prioritários

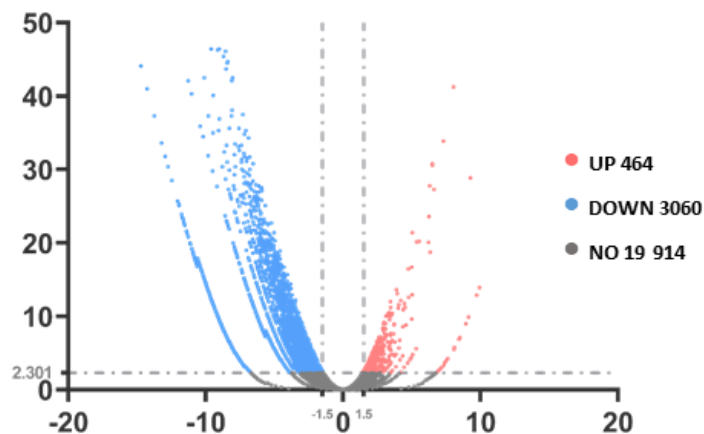
1) Metformina

Parâmetros Moleculares

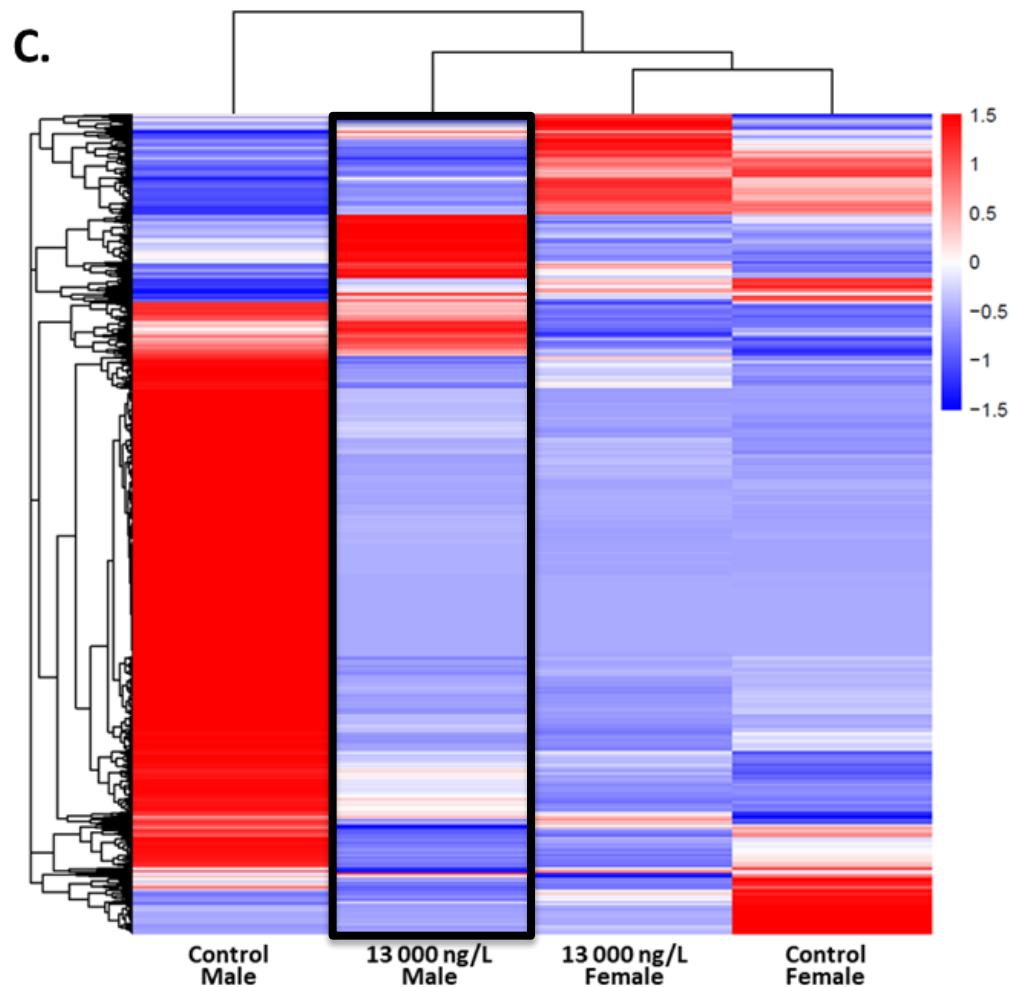
Transcriptoma Fígado da concentração 1300 ng/L (genes/vias metabólicas afetadas)

A.

Male Differentially Expressed Genes

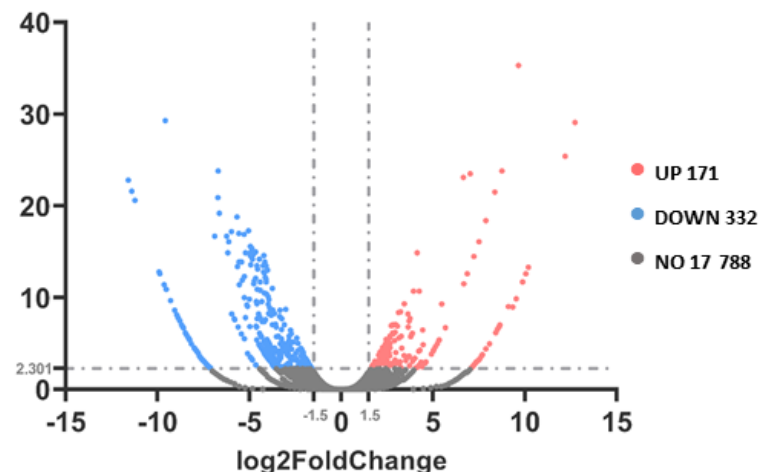


C.



B.

Female Differentially Expressed Genes

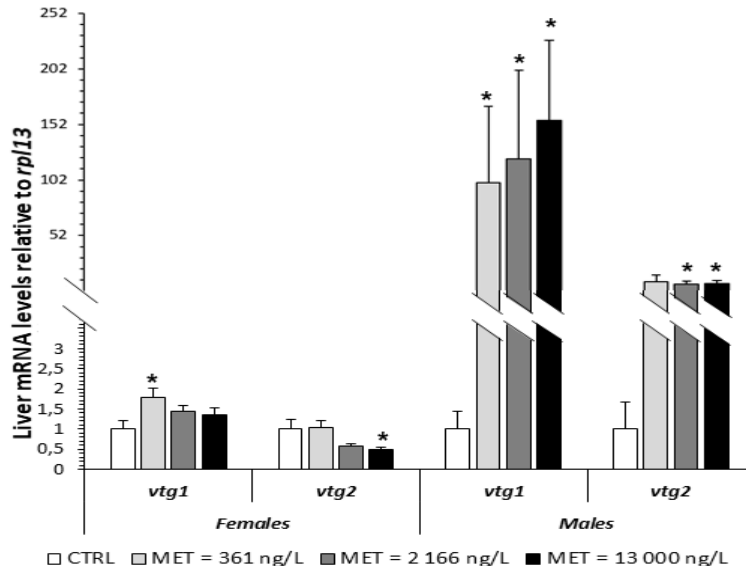
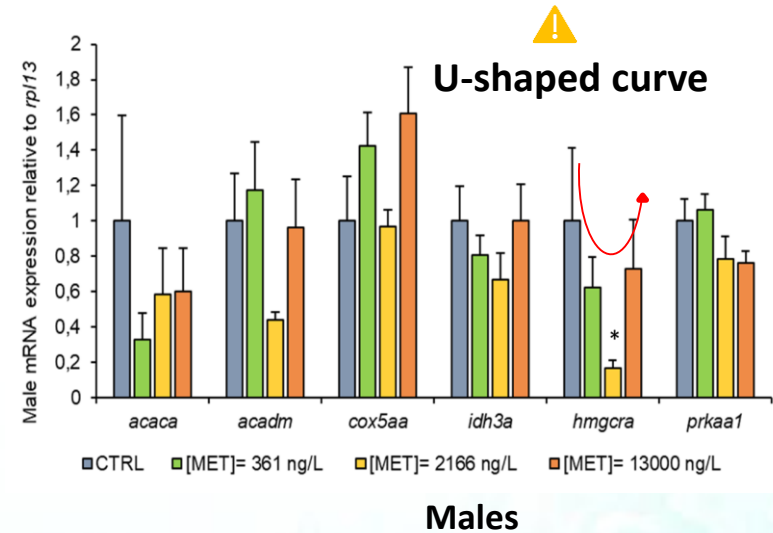
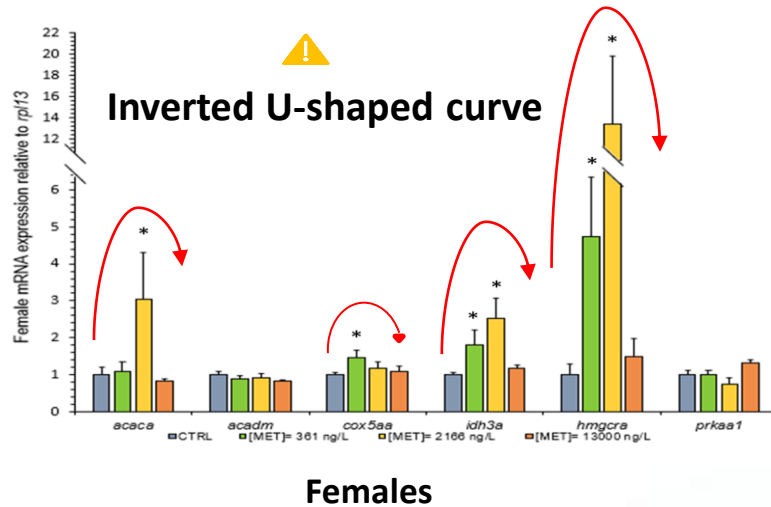


1) Metformina



Parâmetros Moleculares

Expressão gênica do Fígado q-PCR (vias metabólicas afetadas)



Alteração da expressão de genes relacionados Com:

- Cadeia transportadora de eletroes
- Ciclo de krebs
- Síntese de colesterol
- Reprodução

b) Ensio de ciclo de vida completo com CEs prioritários

2) Naproxeno

Concentrações ambientalmente relevantes de **Naproxeno: 83.3, 500 e 3000ng/l**



Avaliação dos efeitos:

- Parâmetros ecológicos - Crescimento e Reprodução
- Parâmetros moleculares - Transcritômica (vias metabólicas afetadas)



Interreg
Espana - Portugal

Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



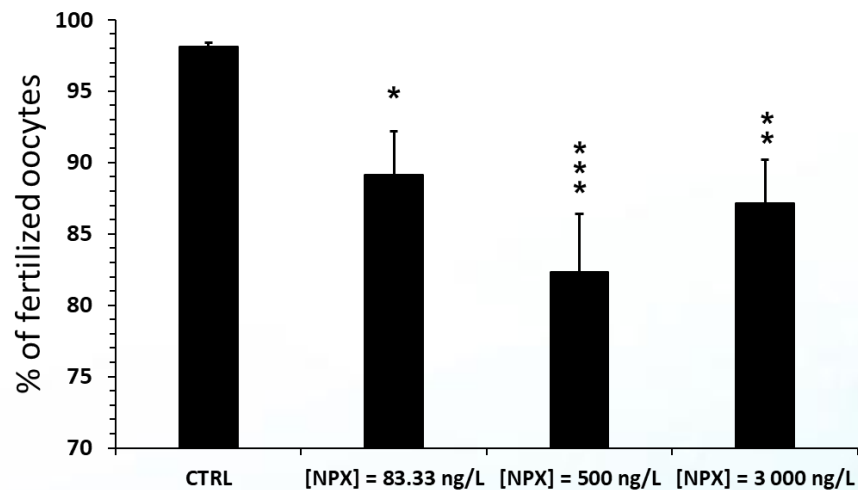
norwater

b) Ensaio de ciclo de vida completo com CEs prioritários

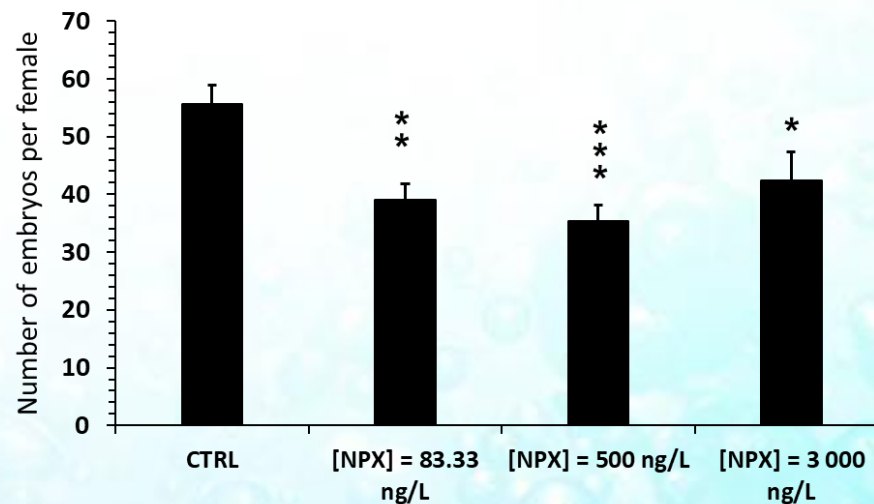
2) Naproxeno

Parâmetros ecológicos (Reprodução)

% Fertilization



Fecundity



Interreg
Espana - Portugal

Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

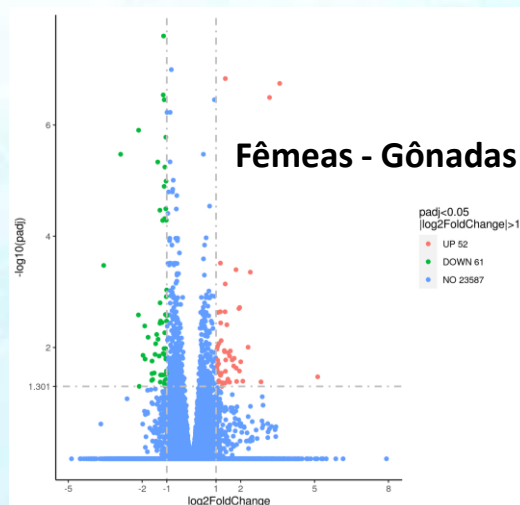
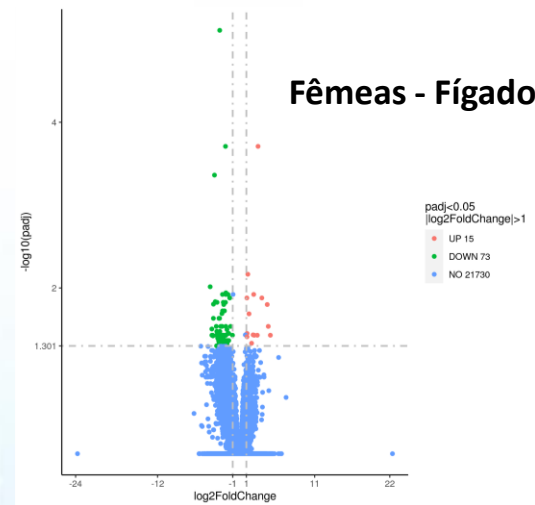
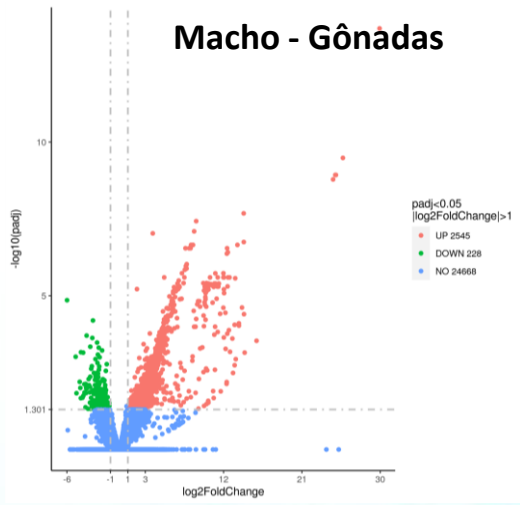
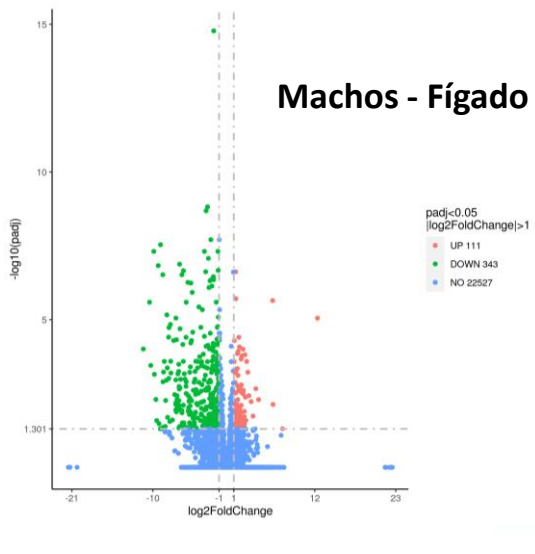


norwater

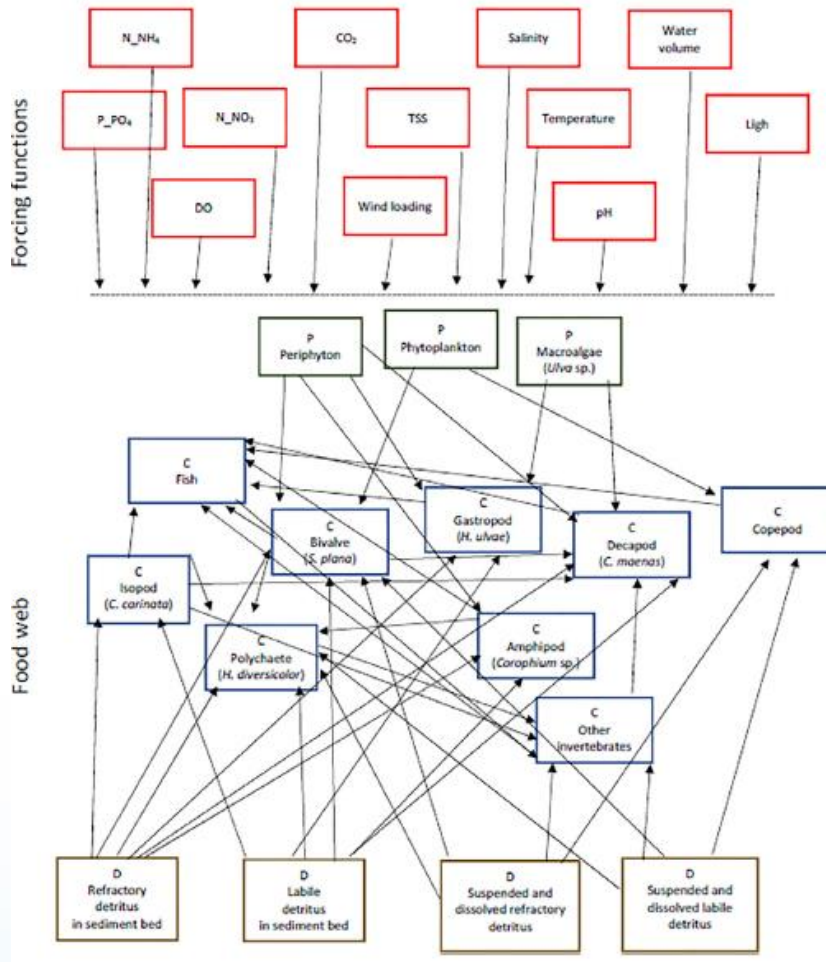
2) Naproxeno

Parâmetros Moleculares

Transcriptoma Fígado e Gônadas da concentração 3000 ng/L (genes/vias metabólicas afetadas)



Modelo de ecossistema aplicado ao estuário do rio Minho (AQUATOX, EPA-USA)



Incorpora características:

- Físicas
- Ambientais
- Biogeoquímicas
- Composição biológica/relações tróficas das comunidades estuarinas



Interreg
Espana - Portugal



Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

norwater

Ferramenta numérica de previsão da composição e funcionamento do ecossistema sob o efeito de vários fatores de stress



Single and combined effects
of four emerging pollutants
and two polycyclic aromatic
hydrocarbons on the
macroinvertebrate
communities from the Minho
estuary under different
temperature rise scenarios

Cândido Artur Carmezim Xavier
Mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade da Água
Departamento de Biologia
2020
Orientador
Irene Martins, Researcher, CIIMAR
Coorientador
Maria Natividade Vieira, Associated Professor, FCUP



No âmbito de uma tese de Mestrado:

- 4 CEs (BPA, 4-NP, EE2, DCF)
- Fenantreno, Fluoranteno (PAHs)
- 2 cenários de aumento de temperatura: RCP4.5/RCP8.5

Agradecimentos Nor-Water—Poluentes emergentes nas águas da Galiza-Norte de Portugal: novas ferramentas para gestão de risco” financed by “Programa de Cooperação Interreg Portugal/Espanha” [0725_NOR_WATER_1_P/(POCTEP) 2014-2020]

Ferramenta numérica de previsão da composição e funcionamento do ecossistema sob o efeito de vários fatores de stress



Article

Prioritizing the Effects of Emerging Contaminants on Estuarine Production under Global Warming Scenarios

Irene Martins ^{1,*}, Joana Soares ^{1,†}, Teresa Neuparth ¹, Aldo E. Barreiro ¹, Cândido Xavier ², Carlos Antunes ^{1,3} and Miguel M. Santos ^{1,2,*}

¹ CIMAR/CIIMAR—Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research, University of Porto, Av. General Norton de Matos S/N, 4450-208 Matosinhos, Portugal; joana@ciimar.up.pt (J.S.); tneuparth@ciimar.up.pt (T.N.); abarreiro@ciimar.up.pt (A.E.B.); cantunes@ciimar.up.pt (C.A.);

² FCUP—Faculty of Sciences, University of Porto, Rua do Campo Alegre S/N, 4169-007 Porto, Portugal; candido.cac@gmail.com

³ Aquamuseu do Rio Minho, Parque do Castelinho, 4920-290 Vila Nova de Cerveira, Portugal

* Correspondence: imartins@ciimar.up.pt (I.M.); miguel.santos@fc.up.pt (M.M.S.)

† Present address: AIR Centro, TERINOV—Parque de Ciência e Tecnologia da Ilha Terceira, Canada de Belém S/N, Terra Chã, 9700-702 Angra do Heroísmo, Portugal.

Abstract: Due to non-linear interactions, the effects of contaminant mixtures on aquatic ecosystems are difficult to assess, especially under temperature rise that will likely exacerbate the complexity of the responses. Yet, under the current climatic crisis, assessing the effects of water contaminants and temperature is paramount to understanding the biological impacts of mixtures of stressors on aquatic ecosystems. Here, we use an ecosystem model followed by global sensitivity analysis (GSA) to prioritize the effects of four single emerging contaminants (ECs) and their mixture, combined with two temperature rise scenarios, on the biomass production of a NE Atlantic estuary. Scenarios ran for 10 years with a time-step of 0.1 days. The results indicate that macroinvertebrate biomass was significantly explained by the effect of each single EC and by their mixture but not by temperature. Globally, the most adverse effects were induced by two ECs and by the mixture of the four ECs, although the sensitivity of macroinvertebrates to the tested scenarios differed. Overall, the present approach is useful to prioritize the effects of stressors and assess the sensitivity of the different trophic groups within food webs, which may be of relevance to support decision making linked to the sustainable management of estuaries and other aquatic systems.

Keywords: AQUATOX; ecosystem model; standard regression coefficients; general linear model; endocrine disrupting chemicals; BPA; *Scrobicularia plana*; *Carcinus maenas*

1. Introduction

- 2 CEs (BPA, 4-NP) induzem efeitos adversos a médio prazo (10 anos);
- 2 CEs (EE2, DCF) não causam efeitos perceptíveis;
- Efeito sinérgico adverso dos 4 CEs no ecossistema;
- Globalmente, os aumentos de temperatura testados (RCP4.5/RCP8.5) têm um impacto adverso inferior ao da mistura dos 4CEs.

“...we recommend that food web models of rivers and estuaries be used as tools to support implementation of legislation regarding the Environmental Quality Standards (EQS) of down-the-drain contaminants, particularly the ones widely used by human populations.”



Citation: Martins, I.; Soares, J.; Neuparth, T.; Barreiro, A.E.; Xavier, C.; Antunes, C.; Santos, M.M. Prioritizing the Effects of Emerging Contaminants on Estuarine Production under Global Warming Scenarios. *Toxics* 2022, 10, 46. <https://doi.org/10.3390/toxics1002046>

Academic Editor: Suzanne M. Brander

Received: 23 November 2021
Accepted: 10 January 2022
Published: 20 January 2022

Agradecimentos Nor-Water—Poluentes emergentes nas águas da Galiza-Norte de Portugal: novas ferramentas para gestão de risco” financed by “Programa de Cooperação Interreg Portugal/Espanha” [0725_NOR_WATER_1_P/(POCTEP) 2014-2020]

Aplicação a outros contaminantes

Compostos pré-seleccionados

	Acesulfame
	Acetamidoantipyrine
	Acetaminophen
	BPS
	Diclofenac
	Diuron
	e-Caprolactam
	Metformin
	PFMS
	Propanil
	T CPP
	Tributoxyethyl phosphate
	Xylenesulfonate

Trabalho em curso para a metformina e acetominofeno

10 Artigos publicados com agradecimento ao Nor-Water:



Ecotoxicology and Environmental Safety 183 (2019) 109486

Contents lists available at ScienceDirect

Ecotoxicology and Environmental Safety

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecoenv



Does the antidepressant sertraline show chronic effects on aquatic invertebrates at environmentally relevant concentrations? A case study with the keystone amphipod, *Gammarus locusta*



Teresa Neuparth^{a,*}, Ana I. Lopes^a, Nelson Alves^a, Jorge M.A. Oliveira^b, Miguel M. Santos^{a,c,*}



Science of The Total Environment

Volume 705, 25 February 2020, 135740



Review

Embryo bioassays with aquatic animals for toxicity testing and hazard assessment of emerging pollutants: A review

Ricardo Capela^{a,b,c}, Jeanne Garric^c, Luís Filipe Costa Castro^{a,b}, Miguel Machado Santos^{a,b}

Aquatic Toxicology 244 (2022) 106095

Contents lists available at ScienceDirect

Aquatic Toxicology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/aqtox



Neuroendocrine pathways at risk? Simvastatin induces inter and transgenerational disruption in the keystone amphipod *Gammarus locusta*

T. Neuparth^{a,b,*}, N. Alves^{a,b,c}, A.M. Machado^{a,b}, M. Pinheiro^{a,b}, R. Montes^d, R. Rodil^d, S. Barros^{a,c}, R. Ruivo^a, L.Filipe C. Castro^{a,b}, J.B. Quintana^d, M.M. Santos^{a,b,*}



Chemical Engineering Journal 430 (2022) 132639

Contents lists available at ScienceDirect

Chemical Engineering Journal

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cej



A Novel ceramic tubular membrane coated with a continuous graphene-TiO₂ nanocomposite thin-film for CECs mitigation

Pedro H. Presumido^a, Lucrécio F. dos Santos^b, Teresa Neuparth^c, Miguel M. Santos^{c,d}, Manuel Feliciano^e, Ana Primo^f, Hermenegildo Garcia^f, Maja B-Đolić^g, Vítor J.P. Vilar^{a,*}

JOURNAL OF TOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL HEALTH, PART A
2020, VOL. 83, NO. 3, 113–125
<https://doi.org/10.1080/15287394.2020.1733722>

Taylor & Francis
Taylor & Francis Group



Chronic exposure to environmentally relevant levels of simvastatin disrupts zebrafish brain gene signaling involved in energy metabolism

Susana Barros^{a,b}, Ana M. Coimbra^{a,b}, Nelson Alves^a, Marlene Pinheiro^a, José Benito Quintana^c, Miguel M. Santos^{a,d,*}, and Teresa Neuparth^{a,*}

Data in brief 29 (2020) 105220



Contents lists available at ScienceDirect

Data in brief

journal homepage: www.elsevier.com/locate/dib



Data Article

Data collection on the use of embryo bioassays with aquatic animals for toxicity testing and hazard assessment of emerging pollutants



Ricardo Capela^{a,b,c}, Jeanne Garric^c, Luís Filipe Costa Castro^{a,b}, Miguel Machado Santos^{a,b}



Contents lists available at ScienceDirect

Data in Brief

journal homepage: www.elsevier.com/locate/dib



Data Article

Life-history data of a key amphipod species from three NE Atlantic estuaries under different levels of anthropogenic pressure



I. Martins^{a,b}, A. Guerra^a, N. Leite^{a,b}, E. Constantino^a, M.I. Ilarri^c, A.T. Souza^d, M.M. Santos^{c,e}, A.T. Ford^f, J. Campos^{c,g}



Marine Environmental Research

Volume 173, January 2022, 105538



Comparing production and life-history traits of a key amphipod species within and between estuaries under different levels of anthropogenic pressure

I. Martins^{a,b}, A. Guerra^a, N. Leite^{a,b}, E. Constantino^a, M.I. Ilarri^c, A.T. Souza^d, M.M. Santos^{c,e}, A.T. Ford^f, J. Campos^{c,g}

Article

Prioritizing the Effects of Emerging Contaminants on Estuarine Production under Global Warming Scenarios

Irene Martins^{1,*}, Joana Soares^{1,†}, Teresa Neuparth¹, Aldo F. Barreiro¹, Cândido Xavier², Carlos Antunes^{1,3} and Miguel M. Santos^{1,2,*}



Obrigada pela vossa Atenção!



Interreg
Espana - Portugal

Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNION EUROPEA
UNIAO EUROPEIA

norwater