



**Pró-Reitoria Acadêmica**

**Escola de Exatas, Arquitetura e Meio Ambiente**

**Curso de Biologia**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL INVASIVO DE *MOINA  
MACROCOPA* (CRUSTACEA, CLADOCERA) NA AMÉRICA DO  
SUL**

**Autor: Leonardo Alemar de Souza**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lourdes Maria Abdu Elmoor-Loureiro**

**Brasília-DF**

**2017**

LEONARDO ALEMAR DE SOUZA

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL INVASIVO DE MOINA MACROCOPA (CRUSTACEA,  
CLADOCERA) NA AMÉRICA DO SUL

Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Católica de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do Título de bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lourdes Maria Abdu Elmoor-Loureiro

Brasília – DF

2017

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b> .....	4
1.1 Aspectos gerais do grupo Cladocera.....	4
1.2 Habitat e características.....	5
1.3 Bioinvasão e problemas relacionados.....	5
<b>2. Objetivos</b> .....	9
2.1 Objetivo Geral.....	9
2.2 Objetivos específicos.....	9
<b>3. Material e Métodos</b> .....	10
3.1 Área de estudo e coleta de dados de ocorrência.....	10
3.2 Levantamento dos dados climáticos.....	10
3.3 Modelagem de dados.....	11
<b>4. Resultados</b> .....	12
4.1 Ocorrências de <i>Moina macrocopa</i> .....	12
4.2 Modelo de distribuição de <i>Moina macrocopa</i> .....	14
<b>5. Discussão</b> .....	15
<b>6. Conclusão</b> .....	17
<b>7. Referências bibliográficas</b> .....	18

## Resumo

Os cladóceros são caracterizados por serem crustáceos microscópicos do filo Arthropoda, que desenvolveram uma relação importante de transferência de energia com as algas que estão integradas nas características ecológicas funcionais no meio aquático. Por terem em sua predominância indivíduos partenogênicos, é observada maior quantidade de fêmeas do que machos nas populações, a qual pode ser alterada pelo clima e pelo seu metabolismo. Geralmente são habitantes de lagos e rios, mas podem também viver no ambiente marinho. Com o problema da bioinvasão, uma espécie de cladóceros, chamada *Moina macrocopa*, tem sido ocorrente em regiões não-nativas, que por sua vez, acaba tomando o nicho dos cladóceros nativos da região e modificando o ecossistema. O objetivo deste trabalho é fazer a avaliação do potencial de invasão da espécie *Moina macrocopa* na América do Sul, através de modelos de distribuição potencial. O modelo será criado com o auxílio de variáveis climáticas fornecidas através do banco de dados Worldclim, juntamente com as informações da biologia da espécie, os pontos de ocorrência da espécie em áreas nativas e não-nativas. A modelagem será feita através do programa de modelagem Maxent, com o propósito de discutir o risco de dispersão da espécie pelo continente.

## Abstract

Cladocerans are characterized by being microscopic crustaceans of the Arthropoda phylum, which have developed an important energy transfer relationship with algae that are integrated into the functional ecological characteristics in the aquatic environment. Because they have a predominance of parthenogenic individuals, more females than males are observed in populations, which can be altered by climate and metabolism. They are usually lakes and rivers but can also live in the marine environment. With the problem of bioinvasion, a species of cladocerans, called *Moina macrocopa*, has been occurring in non-native regions, which in turn, ends up taking the niche of cladocerans native to the region and modifying the ecosystem. The objective of this work is to evaluate the potential of invasion of the *Moina macrocopa* species in South America through potential distribution models. The model will be created with the help of climatic variables provided through the Worldclim database, along with the information of the species biology, the occurrence points of the species in native and non-native areas. The modeling will be done through the Maxent modeling program, with the purpose of discussing the risk of dispersion of the species across the continent.

**Palavras-chave:** Moina, macrocopa, modelo, distribuição, cladocera, maxent, variáveis, ocorrência, dados, climáticos.

**Key words:** Moina, macrocopa, model, distribution, cladocera, maxent, variables, occurrence, data, climatic.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 ASPECTOS GERAIS DO GRUPO CLADOCERA

O grupo Cladocera é formado por crustáceos microscópicos pertencentes à Classe Branchiopoda, do Filo Arthropoda. Morfologicamente, eles se caracterizam por não ultrapassarem o tamanho de 3,0 mm, em sua grande maioria, e por terem um achatamento lateral e terem o copo revestido por uma carapaça (GOULDEN, 1968). Constituem um grupo de grande importância por causa da sua relação com as algas, devido a transferências de energia para os níveis tróficos superiores (SANTOS-WISNIEWSKI et al., 2011). O corpo é bem minúsculo, apresentando, geralmente um olho composto e/ou ocelo, antenas para captação de alimento e olfato, e antênulas, além de serem divididos em organismos residentes de ambientes planctônicos e não planctônicos (DINIZ et al., 2013). Na América do Sul, são conhecidas oito famílias: Bosminidae, Chydoridae, com grande diversidade de espécies distribuídas nas regiões brasileiras, Daphnidae, Ilyocryptidae, Holopedidae, Marothricidae, Moinidae e Sididae (SOUSA; ELMOOR-LOUREIRO, 2008).

No que diz respeito à reprodução, são predominantemente partenogênicos. A reprodução sexuada ocorre ocasionalmente; neste caso, os machos são menores do que as fêmeas, e só é possível observar as suas gônadas no estágio de maturação sexual, e durante este tempo, é notável uma maior quantidade de fêmeas: sendo este um tipo de dimorfismo sexual que ocorre somente no período reprodutivo, somando o fato de que é o ambiente que define a sua distinção sexual (GOULDEN, 1968). Com base nestas características reprodutivas, foi criado um modelo de desenvolvimento cíclico sobre a espécie *M. macrocopa* (STRAUSS, 1820), que avalia quando e quais processos metabólicos influenciam no seu crescimento, maturação, a seleção sexual (partenogênica ou gametogênica), e comprovou que os fatores climáticos somados aos fatores metabólicos influenciam no seu crescimento (ZADEREV et al., 2002). Em um estudo feito por Sousa, Elmoor-Loureiro & Mendonça-Galvão (2013), foi observado que a profundidade afeta as comunidades de cladóceros em relação à riqueza e similaridade. Se eles ocorrem em ambiente com excelentes condições e alta possibilidade de recursos, a reprodução permanece assexuada; se as condições deste ambiente se tornam mais limitantes e desfavoráveis, então ocorre o depósito dos ovos de resistência, que dão origem a fêmeas.

## 1.2 HABITAT E CARACTERÍSTICAS

Os Cladocera são encontrados em ambientes de caráter límnic, em rios e lagos, mas podem ocorrer também em ambientes marinhos; existe uma maior diversidade de cladóceros, contudo, no ambiente límnic. No plâncton lacustre, mas podem viver em diversas profundidades no plâncton, mas se eles são associados às plantas aquáticas, elas também podem ocorrer em águas rasas, e ocasionalmente, o ambiente deixa de ser adequado, e este fator tem um enfoque muito importante na sua associação com macrófitas (SOUSA; ELMOOR-LOUREIRO, 2008). Um hábito característico das espécies que vivem em lagos, é que para evitar predação, eles vivem nas partes mais profundas dos lagos e dos bentos na maior parte do dia, e somente à noite alcançam a superfície.

O grupo Moinidae é um grupo composto por espécies de Cladocera que, do ponto de vista morfológico, compartilha algumas semelhanças com os membros da família Daphniidae, de acordo com observações feitas por Goulden (1968), que também, em seus estudos, observou que este grupo possui características morfológicas específicas que as diferem dos outros cladóceros, desde formato e tamanho das antenas até a extensão cônica do pós-abdômen. Uma parte de espécies deste grupo necessita de ambientes com grande oferta de recursos para sobreviver, mas possui uma preferência por áreas com temperatura mais elevada, e com maior disponibilidade de recursos, para melhor desenvolvimento de seu ciclo sexual, e que quando há mudanças no ambiente, as fêmeas produzem os machos, e da reprodução sexuada, surgem os ovos de resistência (PETRUSEK, 2002).

## 1.3 BIOINVASÃO E PROBLEMAS AMBIENTAIS RELACIONADOS

Hoje, o mundo enfrenta um problema muito sério em relação à biodiversidade, que é a bioinvasão de espécies exóticas, que são as espécies oriundas de uma região distinta que acabam sendo introduzidas em um novo lugar, seja espontaneamente ou intencionalmente e ocupam novos nichos e ecossistemas, e hoje já é notável a ocorrência destas no meio aquático nos oceanos ao redor do mundo, com destaque para as regiões marítimas brasileiras (SOUZA; CALAZANS; SILVA, 2009). Estas bioinvasões estão relacionadas a um fator importante a ser destacado: a ação antrópica,

que através do transporte marítimo, acaba levando espécies próprias de uma região para outra, isso acaba gerando prejuízos econômicos e também na área da saúde em várias cidades, com destaque para as águas de lastro dos navios, um dos principais vetores que introduzem espécies invasoras a uma região (FERREIRA; GONÇALVES; COUTINHO, 2004).

Entre os cladóceros invasores que tem causado problemas na América do Sul, é importante destacar a espécie *Moina macrocopa* (Figura 1) e a espécie *Daphnia lumholtzi* (Sars, 1885) (Figura 2). *Moina macrocopa* é bem ocorrente na maior parte da Europa, América do Norte e Norte da África, e apesar desta estar dispersa por continentes diferentes, não ocorre alterações morfológicas em sua estrutura (PETRUSEK 2002). Em um estudo feito por Martínez-Jerónimo e Gutierrez-Valdivia (1991), foi observada a sua importância econômica e comercial, principalmente em alimentação de peixes e crustáceos de aquários.

A espécie *M. macrocopa* é dividida em 2 subespécies: *Moina macrocopa macrocopa* e *Moina macrocopa americana*; elas se diferem devido à primeira ser restrita ao Velho Mundo, e a segunda por ser mais encontrada na América, além de que o tamanho das suas carapaças e o aspecto das “células” de seus epílios serem diferentes, com uma forma hexagonal (GOULDEN, 1968).

O local de ocorrência natural comum da *M. macrocopa macrocopa*, geralmente, ocorre em países como Inglaterra, e Hungria e até mesmo na África (GOULDEN 1968), mas ocorre divergências quanto à sua localização. Esta espécie também já foi encontrada no Canadá, em países da Europa, como Noruega, Espanha e Alemanha (GBIF 2016). Da mesma forma, ela já foi encontrada no lago Dhebar, na Índia (SHARMA et al., 2008), no Lago Kamisugaura, no Japão (TATSUTA et al., 2009) e Taiwan (YOUNG; TUO, 2011). Já *M. Macrocopa americana* está restrita à estados norte-americanos, como Califórnia, Kansas, Idaho, Winsconsin e Nova York (GOULDEN, 1968).

O modelo de distribuição espacial é um método que pode contribuir para a conservação de espécies ameaçadas ou com risco aparente de extinção. De modo geral, consiste projetar uma probabilidade de ocorrência de uma dada espécie em uma

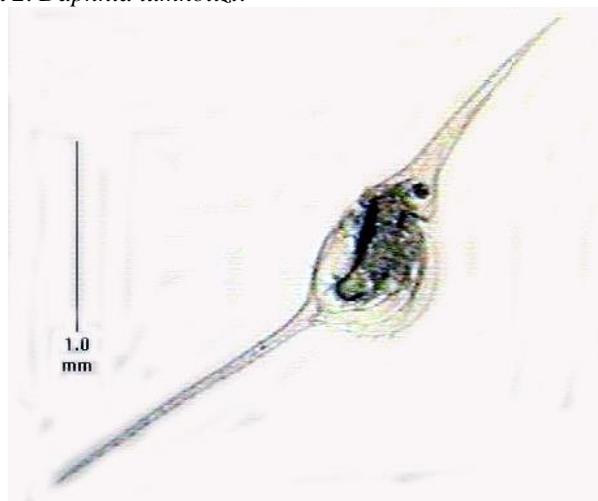
região, baseando-se em dados de ocorrência reais e nas características do habitat, da sua biologia, do ecossistema onde a espécie vive e da biogeografia da região (PAGLIA et al., 2012). Um modelo de distribuição pode também, avaliar o estado de um nicho de uma determinada espécie, e analisar se ele tem capacidade de se sobrepor ao de espécies locais em uma determinada região (PALAORO et al., 2013)

Figura 1 - *Moina macrocopa*



Fonte: [http://winvertebrates.uwsp.edu/Branchiopoda\\_images.html](http://winvertebrates.uwsp.edu/Branchiopoda_images.html)

Figura 2: *Daphnia lumholtzi*.



Fonte: <http://flocculate.missouristate.edu/zooplankton/daphnia%20lumholtzi%20pic14.htm>



A espécie *D.lumholtzi* é uma espécie mais agressiva, e com tamanho maior do que a *M. macrocopa*. É uma espécie comum no sudoeste asiático, na Austrália e em uma parte do continente africano; por ter uma afinidade com temperaturas mais baixas, apresentou um alto potencial de invasão na América do Norte (PETERSON et al., 2005). Conseqüentemente, esta invasão pode causar alterações no ecossistema aquático, pois esta espécie acaba tomando o lugar de espécies nativas e dificultando a alimentação dos peixes da região (STOECKEL; CHARLEBOIS, 1999).

Em um estudo recente feito por Kotov e Taylor (2014), foi relatado um elevado potencial de invasão de *D. lumholtzi* na Argentina. Por causa do uso do mar pelo homem para comércio e outras transações marítimas, surgiram problemas de invasão de espécies marítimas que foram observados por Santos e Lamônica (2008), e acredita-se que os fatores principais que facilitam a invasão destas espécies para água doce sejam: o transporte de navios pelos oceanos, que acabam levando estas espécies para águas diferentes por meio de pequenos canais de afluência; as águas de lastro destes navios, que conseqüentemente as introduzem em ambientes bentônicos e também os meios de cultura para alimentação de peixes, já que se feito de maneira inadequada acaba introduzindo-as em um novo ecossistema.

Na América do Sul, já foi relatado casos de invasão de *M. macrocopa*, por exemplo, em regiões brasileiras como Rio de Janeiro, em uma poça de água na região portuária da capital (ELMOOR-LOUREIRO, et al. 2010), e recentemente no reservatório da Pampulha, no estado de Minas Gerais (RIETZLER, et al. 2013). Também já foram realizados estudos com registro desta espécie no México (GBIF, 2016), na Bolívia (ELIAS-GUTIERREZ; ZAMURIANO-CLAROS, 1994), Argentina (PAGGI, 1997; VIGNATTI et al., 2013)

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo é de avaliar o potencial invasivo do cladóceros exótico *Moina macrocopa* na América do Sul.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Fazer o levantamento de dados de ocorrência de *Moina macrocopa* em área típica e na América do Sul, criar um modelo de distribuição potencial desta espécie na América do Sul, a partir de dados climáticos, e discutir o risco de dispersão pelo continente, com base no mapa de distribuição construído e informações sobre a biologia da espécie.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO E COLETA DE DADOS DE OCORRÊNCIA

A princípio, foram feitos levantamentos dos pontos de ocorrência da espécie *M. macrocopa* em áreas nativas ou não nativas em todo o mundo, com base na literatura e no banco de dados on-line Global Biodiversity Information Facility (GBIF), visando encontrar mais registros de busca. Os pontos de ocorrência utilizados encontram-se na seção de resultados (Tabela 1).

Com base nas informações obtidas dos periódicos, foi realizado o georreferenciamento destes pontos, para fazer a modelagem. Como algumas das informações das coordenadas não foram fornecidas totalmente, a busca foi pelo Google Earth; as coordenadas encontradas foram transformadas em graus decimais.

#### 3.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS CLIMÁTICOS

Logo depois da coleta dos dados da espécie, foram obtidas as informações climáticas de todos os pontos. A partir do banco de dados do Worldclim (<http://www.worldclim.org>) foi obtido, o pacote genérico de variáveis bioclimáticas com condições climáticas ocorrentes atualmente. As variáveis representam 19 características climáticas, que são: média de temperatura anual, média mensal de intervalo diurno, isotermia, temperatura da sazonalidade, temperatura máxima do mês mais quente, temperatura mínima do mês mais frio, temperatura da faixa anual, temperatura média da área mais úmida, temperatura do trimestre mais seco, temperatura média da área mais quente, temperatura média do trimestre mais frio, precipitação anual, precipitação do mês mais úmido, precipitação do mês mais seco, precipitação de sazonalidade, precipitação de área úmida, precipitação do trimestre mais seco, precipitação da área mais quente, e precipitação do trimestre mais frio.

Antes da modelagem, as variáveis foram submetidas à análise de correlação, utilizando-se Excel, para saber se estão correlacionadas, e as que tiveram maior correlação entre si foram descartadas (acima de 0,9); isso foi feito para que não ocorra a multicolinearidade, fator que ocorre quando duas ou mais variáveis independentes tem um alto índice de correlação (PALAORO et al. 2013). Desse modo, foram utilizadas as seguintes variáveis para montar o modelo: BIO1 (temperatura média

anual), BIO2 (média de temperatura mensal), BIO3 (Isothermalidade), BIO4 (sazonalidade da temperatura), BIO7 (faixa de temperatura anual), BIO9 (temperatura média do trimestre mais seco), BIO10 (temperatura média do trimestre mais quente), BIO11 (temperatura média do trimestre mais frio), BIO12 (precipitação anual), BIO13 (precipitação do mês mais úmido), BIO14 (precipitação do mês mais seco), e BIO15 (sazonalidade de precipitação. Assim, foi gerado o modelo de distribuição das ocorrências de *Moina macrocopa*, a partir de dados de sua ocorrência em áreas nativas.

### 3.3 MODELAGEM DE DADOS

Baseado nas características ecológicas e biológicas da *M. macrocopa*, foram usados os dados de ocorrência em área nativa e, depois, projetados para a América do Sul. O processo foi feito com o Maxent (PHILLIPS; ANDERSON; SCHAPIRE 2006), um programa recomendado para estimar a probabilidade de ocorrência de uma espécie em uma determinada área. Assim então, foi feita a modelagem de distribuição desta espécie. No Maxent, foi utilizada duas opções de parâmetros, chamada Jackknife, que diz qual é a influência das variáveis usadas no modelo, e a opção Bootstrap, que tem a função de replicar os conjuntos de amostra escolhidos por amostragem com substituição, neste caso, os pontos de ocorrência. O modelo foi criado com as áreas nativas da espécie no programa, englobando regiões da Ásia e da Europa, e também com os locais de ocorrência na América do Sul. Foi feita também a criação de um teste de correlação entre as variáveis bioclimáticas, e a escolha das menos correlacionadas entre estas, e a definição dos parâmetros, foi gerado o segundo mapa com as áreas não-nativas, apenas na América do Sul. Durante a geração do modelo, foi observado também que a área sob a curva, ou Area Under the Curve (AUC), que faz parte da análise estatística bruta dos pontos de ocorrência, sendo valores acima de 0,5 indicativos de alto poder de predição.

Depois de feito o modelo, os pontos de ocorrência na América do Sul foram projetados no mapa, permitindo testar se o modelo previu corretamente uma adequabilidade climática para a espécie.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 OCORRÊNCIAS DE *MOINA MACROCOPA*

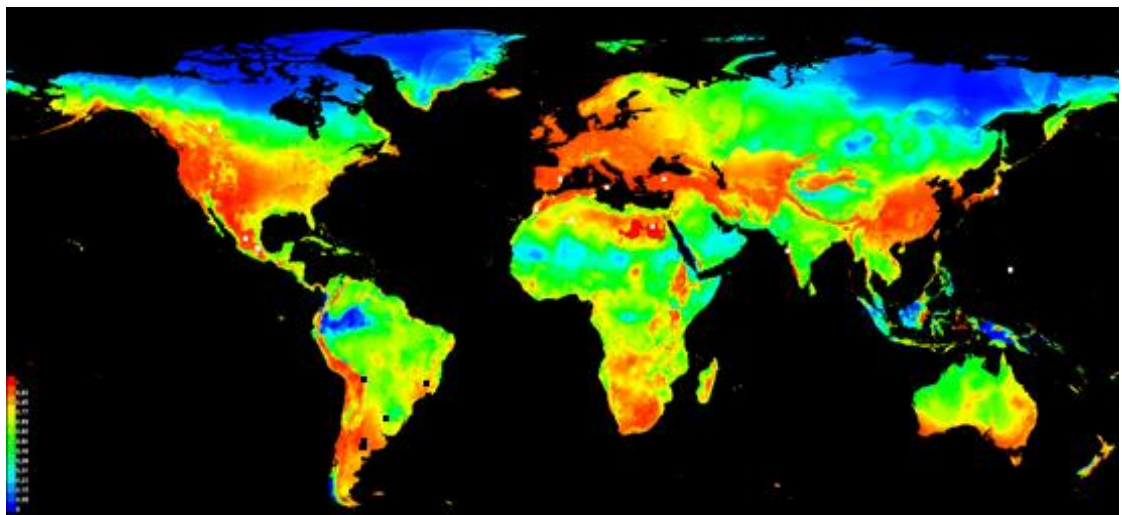
Foram levantados 38 pontos de ocorrência de *Moina macrocopa* (Tabela 1). Ela foi observada na América do Norte, Europa, África e Ásia, regiões de ocorrência natural da espécie. Além disso, foram obtidos dados de ocorrência na América do Sul (Brasil e Argentina), onde a espécie é invasora: o número de ocorrências na Argentina foi maior do que no Brasil, e já é considerada invasão.

Tabela 1: Pontos de ocorrência de *Moina macrocopa*, com suas coordenadas geográficas (grau decimal), utilizadas para elaboração do modelo de distribuição.

País (Por Continente)	Longitude	Latitude	Fonte
Ásia			
Índia (Lago Jaisamand)	74	24,26	Sharma et al. (2008)
Índia (TamilNadu)	80,45	13,15	Raghunatan e Kumar (2002)
Índia (Reserva Karanja)	76,98	17,37	Majagi e Vijaykumar (2009)
Índia (Bombaim)	72,82	18,97	Michael e Sharma (1988)
Taiwan	121	23,76	Young e Tuo (2011)
Tailândia (Bangkok)	100,49	13,75	Boomsom (1984)
Turquia (Região Trácia)	32,83	39,91	Gührer (2000)
Turquia (Águas Internas)	32,83	39,91	Kaya e Altındağ (2007)
Japão (Lago Kamisugaura)	140,38	36,03	Tatsuta et al. (2009)
África			
África do Sul (Porto Elizabeth)	-25,6	-33,96	Sars (1916)
Argélia	3	28	Petrusek (2002)
Marrocos	-8,4	30,93	Ramdani et al. (2001)
Tunísia	10,36	37,4	Ramdani et al. (2001)
Egito	29,21	26,03	Ramdani et al. (2001)
Camarões	11,51	3,86	Chiamberg e Dumont (2005)
Europa			
Noruega	10,48	60,25	GBIF (2016)
Espanha	-0,8	39,83	GBIF (2016)
Alemanha	11,96	51,53	GBIF (2016)
República Tcheca	14,46	50,08	Petrusek (2002)
Itália (Sicília)	14,26	37,56	Marrone et al. (2006)
América do Norte			

Canadá	-94,4	59,28	GBIF (2016)
Canadá	-114,05	54,3	GBIF (2016)
Canadá	-112,11	51,76	GBIF (2016)
México	-99	19,75	GBIF (2016)
México	-98,26	19,51	GBIF (2016)
México	-102,45	22,51	GBIF (2016)
América do Sul			
Brasil (Rio de Janeiro)	-43,18	-22,88	Elmoor-Loureiro et al. (2010)
Brasil (Minas Gerais)	-43,96	-19,85	Rietzler et al. (2014)
Argentina (Aime)	-64,25	-35,46	Vignattiet al. (2013)
Argentina (Bajo de La Tigrá)	-63,63	-37,43	Vignattiet al. (2013)
Argentina (El Carancho)	-65,06	-37,45	Vignattiet al. (2013)
Argentina (El Destino)	-64,28	-37,1	Vignattiet al. (2013)
Argentina (La Laura)	-64,28	-37,16	Vignattiet al. (2013)
Argentina (Pey-ma)	-64,25	-35,43	Vignattiet al. (2013)
Argentina (Província de Corrientes)	-57,05	-29,66	Paggi (1997)
Bolívia (Lago Abarrancho)	-66,15	-17,39	Elías-Gutierrez e Zamuriano-Claros (1994)
Oceano Pacífico			
Guam	144,77	13,44	Belk (1973)

Figura 3. Modelo de adequabilidade climática para de *Moina macrocopa*, baseado em sua ocorrência natural. De acordo com a legenda ao lado do mapa, são indicadas as colorações das regiões que oferecem capacidade de adequabilidade da espécie sobreviver. (1) alaranjada: ótima taxa de adequabilidade; (2) amarelada: boa taxa de adequabilidade; (3) esverdeada: taxa de adequabilidade regular; (4) de azulada clara a mais escura: baixa taxa de adequabilidade. Os pontos brancos indicam os pontos de ocorrência nativa da espécie; os pontos pretos as ocorrências conhecidas para a América do Sul.



#### 4.2 MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE *MOINA MACROCOPA*

Este modelo mostra a probabilidade de ocorrência da espécie, onde é possível ver que na Ásia e na Europa, onde há grande concentração, e observa-se uma capacidade de dispersão da espécie para fora destas regiões. Isto também ocorre, de fato, devido às variações de temperatura nos locais de ocorrência. No mapa, as regiões com cores mais fortes, desde a cor mais alaranjada até a cor amarelada, indicam que a probabilidade de ocorrência é alta, levando apenas em consideração os dados do modelo, e que a espécie poderia viver bem nestes lugares, considerando que ela encontraria condições climáticas semelhantes a aquelas encontradas em locais onde ela ocorre realmente. As áreas com a coloração mais esverdeada indicam boa probabilidade da espécie se desenvolver e se ocupar maiores áreas.

Na alta bacia do Paraná até a porção pré-andina, mostrada com a cor alaranjada, mostra um bom índice de adequabilidade para um bom crescimento de *M. macrocopa*. O mapa também mostra que desde a porção média do Chile até o sul do Brasil, ocorre baixa probabilidade de adequabilidade para o cladóceros se desenvolver. Nas regiões dos locais de ocorrência, já se observa que a espécie está se tornou fixa já que são lugares que propiciam uma ótima qualidade de crescimento, ocorrendo grande chance de haver dispersão dela para outras regiões. Aqui, o valor da AUC é de 0,9. Isso significa que este valor informa que o modelo apresentou um alto poder de predição.

## 5 DISCUSSÃO

Com base nos resultados, observa-se no primeiro modelo criado, que na Europa, e em uma parte da Ásia e da África, há maior probabilidade de ocorrência da espécie, pois é onde a espécie é tem sua distribuição natural. Apesar de este mapa ter sido gerado com os pontos de ocorrência natural, ele também mostra alguns pontos próximos destas áreas com maior probabilidade dela se adequar e de se dispersar para outros lugares.

No segundo modelo, as áreas de maior adequabilidade climática foram mostradas nas regiões com a coloração mais alaranjada. Uma das áreas de grande probabilidade da espécie se estabelecer corresponde, aproximadamente, à sub-região chaquenha (*sensu* MARTÍNEZ et al. 2011). No que diz respeito à ocorrência da espécie na América do Sul, este trabalho reforça as ideias de Vignatti et al (2013), que mostra regiões diferentes e próximas, na Argentina, onde *M. macrocopa* já está estabelecida e corresponde a uma área com clima muito adequado para a espécie.

Outra área de destaque que este estudo reforça é o Sudeste do Brasil, onde a espécie também já ocorre (ELMOOR-LOUREIRO et al., 2010; RIETZLER et al., 2014), e que possui maior adensamento humano, o que pode favorecer sua dispersão para outras áreas brasileiras. A região litorânea do Nordeste também apresenta uma área de expansão potencial para espécie, já que a sua coloração alaranjada-vermelha indica um clima favorável para que ela se estabeleça.

O resultado deste modelo tem um significado semelhante ao que é mostrado no trabalho de Palaoro et al. (2013), com a espécie *Procambarus clarkii*, que também mostra que esta espécie possui capacidade para se fixar na América do Sul

É interessante ver que em um ponto do modelo, há uma região em que a espécie ocorre, mas em uma parte mais esverdeada, com baixas condições para ela se manter. Mas isso não significa que ela não possa ser distribuída para além de onde ela já está ocorrendo.

Outro ponto que deve ser levado em questão são os prejuízos econômicos nos pontos de ocorrência e o impacto ambiental que as espécies exóticas podem causar no ecossistema. Um dos exemplos a ser observado, é através do comércio marítimo, com as águas de lastro dos navios, como é relatado no trabalho de Santos e Lamonica



(2008), pois uma vez que a espécie consiga se estabelecer permanentemente pode acabar prejudicando a biota destas regiões, apesar de que a possibilidade de *M. macrocopa* possa ter sido introduzida na América do Sul por este meio seja muito mais remota, devido esta ser uma espécie de água doce, e seria baixíssima a probabilidade dela sobreviver em água salgada. Isto sugere que a espécie tenha sido introduzida no continente de outra maneira.

O estudo de Elías-Gutiérrez & Zamuriano-Claros (1994) mostra que a espécie foi trazida para o Peru para ser usado na aquicultura, e eles sugerem que a partir daí, ocorreu a sua dispersão para a Bolívia. Este estudo também reforça a ideia de que é possível que a ocorrência na Argentina e no Brasil tenham se irradiado deste ponto.

A espécie possui um grande risco de sobrepor seu nicho sobre os nichos da biota das áreas locais, e pode apresentar de baixa até alta velocidade de sobreposição. Com este cenário, se pode ter a hipótese de ela cause impacto nos ecossistemas das regiões onde ela está ocorrendo e, futuramente, pode trazer maiores consequências para outras áreas do continente.

No estudo de Ferreira et al. (2004), é reforçada a importância de políticas mais rigorosas quanto à bioinvasão e ao comércio marítimo, para evitar que mais espécies nativas de outras regiões se estabeleçam em outras regiões e causem danos ao ambiente.

## 6 CONCLUSÃO

O modelo de distribuição permitiu mostrar que a espécie *Moina macrocopa* já possui um elevado risco de distribuição na América do Sul, com grande índice de adequabilidade para crescimento e dispersão para áreas além dela.

O presente estudo também reforça a ideia de que as ocorrências do cladócero nas regiões do Brasil, tanto no Rio de Janeiro quanto em Minas Gerais, assim como na Bolívia e Argentina, possam ser resultantes da bioinvasão impulsionada pela antropização, tendo como base para esta teoria os estudos feitos por Elías-Gutiérrez & Zamuriano-Claros (1994) e Santos e Lamónica (2008), sendo o comércio um dos fatores que podem acarretar esta invasão. Não é muito provável, devido às características biológicas da espécie, que a invasão tenha ocorrido por meio de transporte em água de lastro.

Este projeto apresenta suporte para a ideia de que a espécie *Moina macrocopa* já representa uma ameaça ao continente sul-americano, e é esperado que este modelo de distribuição contribua para estudos futuros com a própria espécie e até mesmo outras espécies, no que diz respeito à avaliação potencial de risco em uma determinada área, ecossistema, bioma, país e continente.

## 7 REFERÊNCIAS

- BELK, D. The Cladocera of Guam. **Crustaceana**. Brill Academic Publishers, v. 24, n. 1, p.146-147, 1973.
- BOONSOM, J. Zooplankton feeding in the fish *Trichogaster pectoralis*. **Tropical Zooplankton**, v. 23, p.217-221. Springer Science + Business Media. 1984.
- CHIAMBENG, G. Y.; DUMONT, H. J. The Branchiopoda (Crustacea: Anomopoda, Ctenopoda and Cyclestherida) of the rain forests of Cameroon, West Africa: low abundances, few endemics and a boreal–tropical disjunction. **Journal of Biogeography**, vol. 32, p. 1611-1620, 2005.
- DINIZ, L. P. et al. Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) of a temporary shallow pond in the Caatinga of Pernambuco, Brazil. **Nauplius**, Cruz das Almas, v. 21, n. 1, p. 65-78, Junho, 2013.
- ELIAS-GUTIERREZ, M.; ZAMURIANO-CLAROS, R. Primer registro de *Moina macrocopa* (Daphniiformes: Moinidae) em Bolivia. **Revista de Biología**, vol. 42, no. 1/2, p. 385, 1994.
- ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. et al. A new report of *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (Cladocera, Anomopoda) in South America. **Braz. J. Biol.**, São Carlos, v. 70, n. 1, p. 225-226, 2010.
- GOULDEN, C. E.: The Systematics and Evolution of the Moinidae. **Revue Ges. Hydrobiol. Hydrogr.**, v. 54, n. 5, p.803-803, 1968.
- GÜHER, H. A Faunistic Study on the Freshwater Cladocera (Crustacea) Species in Turkish Thrace (Edirne, Tekirdag, Kirklareli). **Turk J Zool**, vol. 24, p. 237-243, 2000.
- FERREIRA, C.E.L.; GONÇALVES, J.E.A.; COUTINHO, R. Cascos de navios e plataformas como vetores na introdução de espécies exóticas. In: Silva, J.S.V., Souza, R.C.C.L. (Org.). **Água de lastro e bioinvasão**, p. 143-155. Rio de Janeiro: Ed. Interciência. 2004.
- KAYA, M.; ALTINDAĞ, A. Some Cladoceran Species From Turkish Inland Waters. **Sdu Faculty Of Science And Literature Fen Magazine**, v. 2(1), p. 60-76, 2007.
- KOTOV, A. A.; TAYLOR, D. J. *Daphnia lumholtzi* Sars, 1885 (Cladocera: Daphniidae) invades Argentina. **Journal of Limnology**, v. 73, p. 369-374. 2014.
- LANE, M. Global Biodiversity Informatic Facility (GBIF). 2008 Disponível em: <http://www.gbif.org>>.
- MAJAGI, S.;VIJAYKUMAR, K. Ecology and abundance of zooplankton in Karanja reservoir. **Environ Monit Assess**, v. 152, p. 451-458, 2009.

MARRONE, F.; BARONE, R.; NASELLI-FLORES, L. Cladocera (Branchiopoda: Anomopoda, Ctenopoda, and Onychopoda) from Sicilian inland waters. **Crustaceana**, v. 78, n. 9, p.1025-1039, 2005.

MARTÍNEZ-JERÓNIMO, F.; GUTIERREZ-VALDIVIA, A. Fecundity, reproduction, and growth of *Moina macrocopa* fed different algae. **Hydrobiologia**, v. 222, n. 1, p. 49-55. 1991.

MARTÍNEZ, S. R. et al. Biogeographic Map of South America. An initial advance. **International Journal of Geobotanical Research**, v. 1, n. 1, p.21-40, 2011.

MICHAEL, R. G.; SHARMA, B. K. Fauna of India and adjacent countries. **Zoological Survey of India**, v. 1, p. 89-92, 1988.

PAGGI, J. C. *Moina macrocopa* (Strauss, 1820) (Branchiopoda, Anomopoda) in South America: Another case of species introduction? **Crustaceana**, v. 70(8), p. 886-893, 1997.

PAGLIA, A. P. et al. Modelos de distribuição de espécies em estratégias para a conservação da biodiversidade e para Adaptação baseada em Ecossistemas frente a mudanças climáticas. **Natcon**, v. 10, n. 2, p.231-234, 2012.

PALAORO, A. V. et al. Niche conservatism and the potential for the crayfish *Procambarus clarkii* to invade South America. **Freshwater Biology**, v. 58, n. 7, p.1379-1391, 2013

PETRUSEK, A. *Moina* (Crustacea: Anomopoda, Moinidae) in the Czech Republic: a review. **Acta Soc. Zool. Bohem.**, v. 66, p. 213-220. 2002.

PETERSON, B. C. et al. *Daphnia lumholtzi*, an exotic zooplankton, invading a Nebraska reservoir. **Prairie Naturalist**, v. 37, p. 1-2, 2005.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological modelling**, v. 190, p. 231-259, n. 3. 2006.

RAGHUNATHAN, M. B.; KUMAR, R.S. Cladocera (Crustacea) of Tamil Nadu – Checklist and Bibliography. **Zoo's print journal**, v. 17(12), p. 959-961, 2002.

RAMDANI, M; ELKHIATI, N; Flower, R.J. Open water zooplankton communities in North African wetland lakes: the CASSARINA Project. **Aquatic Ecology**, v. 35, p. 319-333, 2001.

RIETZLER, A.C. et al. On the first record of the exotic *Moina macrocopa* (Straus, 1820) in Minas Gerais State, Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 74, p. 518-520, n. 2, 2014.

SANTOS, J. G. A. S.; LAMONICA, M. N. Água de lastro e bioinvasão: introdução de espécies exóticas associada ao processo de mundialização. **Vértices**, v. 10, p. 141-152 n. 1. 2008.

SANTOS-WISNIEWSKI, M. J. et al. O estado atual do conhecimento da diversidade dos Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) nas águas doces do estado de Minas Gerais. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 287-301, n. 3.2011.

SARS, G.O. The fresh-water Entomostraca of the cape province (Union of South Africa). Part 1: Cladocera. **Ann. S. Afr. Mus.**,v.15, p.303-351, 1916.

SHARMA, S.; WALKER, S.C.; JACKSON, D.A. Empirical modelling of lake water-temperature relationships: a comparison of approaches. **Freshwater Biology**, v. 53, n. 5, p.897-911, 2008.

SOUZA, R. C. C. L.; CALAZANS, S. H.; SILVA, E. P. Impacto das espécies invasoras no ambiente aquático. **Cienc. Cult**, São Paulo, v. 61, p. 35-41, n. 1. 2009.

SOUSA, F. D. R.; ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. Cladóceros fitófilos (Crustacea, Branchiopoda) do Parque Nacional das Emas, estado de Goiás. **Biota Neotropica**, vol. 8, p.159-166, no. 1, 2008.

SOUSA, F. D. R.; ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A.; MENDONCA-GALVAO, L. Cladocerans (Crustacea, Anomopoda and Ctenopoda) from Cerrado of Central Brazil: Inventory of phytophilous community in natural wetlands. **Biota Neotropica**, v. 13,p. 222-229 n. 3, 2013.

STOECKEL, J. A.; CHARLEBOIS, P. M. *Daphnia lumholtzi*: The Next Great Lakes Exotic?. Illinois–Indiana Sea Grant College Program at Purdue University and the University of Illinois Urbana-Champaign, West Lafayette, Indiana and Champaign, Illinois. **Retrieved March**, v. 7, p. 1-2, 1999.

TATSUTA, H.; YAO, I.; TANAKA, Y. Isolation of eight microsatellite markers from *Moina macrocopa* for assessing cryptic genetic structure in the wild. **Molecular Ecology Resources**,v. 9, n. 3, p.904-906, 2009.

VIGNATTI, A. M.; CABRERA, G. C.; ECHANIZ, S.A.. Distribution and biological aspects of the introduced species *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (Crustacea, Cladocera) in the semi-arid central region of Argentina. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3, p.86-92, 2013.

YOUNG, S.; TUO, Y. The Freshwater Cladocera: Families Sididae, Bosminiidae, Daphniidae, Moinidae, Ilyocryptidae, and Macrothricidae(Crustacea: Branchiopoda) of Taiwan, with Description of a new Species *Daphnia ueno* sp. nov.**Journal of the National Taiwan Museum**, v. 64(1), p. 19-73, 2011.

ZADEREEV, E. S. et al. Individual-based model of the reproduction cycle of *Moina macrocopa*(Crustacea: Cladocera).**Ecological Modelling**,v. 162, n. 1-2, p.15-31, 2003.