



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UnB)
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS (IG)
INSTITUTO DE BIOLOGIA (IB)
INSTITUTO DE QUÍMICA (IQ)
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO CONTABILIDADE E ECONOMIA (FACE-ECO)
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CDS)

Hugo Garcês de Almeida

DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL E IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA
PRODUÇÃO DE TILÁPIAS NO BRASIL

Brasília

2019

Hugo Garcês de Almeida

DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL E IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA
PRODUÇÃO DE TILÁPIAS NO BRASIL

Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Murilo Sversut Dias.

Brasília

2019

Hugo Garcês de Almeida

DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL E IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA
PRODUÇÃO DE TILÁPIAS NO BRASIL

Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Murilo Sversut Dias.

Data da aprovação:

Prof. Dr. Uidemar Morais Barral
Universidade de Brasília

Prof. Dr. Murilo Sversut Dias.
Universidade de Brasília

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu orientador, Professor Murilo Sversut Dias, por toda instrução e paciência, durante todo esse tempo que trabalhamos juntos.

Agradeço os meus maravilhosos amigos e coorientadores desse trabalho: Isabela Carolina, Laís Salgueiro, Gabriel Garcia, Aline Campelo, Artur Firmino e Vitória Candido por todas sugestões, conselhos e por serem tão prestativos e atenciosos. Esse trabalho é nosso!

Palavras não podem descrever o quão grato sou pela minha fabulosa irmã, Juliana Garcês. Tenho muita sorte por crescer, aprender e compartilhar minha vida e meus pais com você. Agradeço, minha irmã. Você me inspira todos os dias.

Agradeço aos meus pais, Kátia Garcês e Gilson Almeida, por todo companheirismo e amor.

Agradeço ao meu melhor amigo, Wesley Carvalho, por toda paciência, cuidado, afeto e apoio.

Agradeço a secretária de Ciências Ambientais, Elaine por ser tão atenciosa e incrível com todos os estudantes.

RESUMO

A tilápia é uma espécie de peixe originária da África e considerada exótica no Brasil, porém é o peixe mais produzido no país, constituindo uma fonte de alimento de alto teor proteico. Esse peixe possui grande capacidade reprodutiva e tolera condições ambientais extremas, que normalmente são danosas a outras espécies, por isso possui um elevado potencial para aquicultura. Entretanto, a alta adaptabilidade dos tilapíneos resulta em invasões biológicas, já que eles se estabelecem nos ambientes naturais, causando impactos sobre as comunidades nativas. Com isso, o objetivo do trabalho foi identificar quais as áreas favoráveis para a produção de tilápia no Brasil, conciliando a demanda de pescado e a minimização de potenciais danos aos ecossistemas aquáticos. Das espécies de tilapíneos criadas no Brasil, tem-se como ênfase duas de maior importância comercial: *Coptodon rendalli* e *Oreochromis niloticus*. As áreas prioritárias para a produção de tilápia foram definidas a partir da interpolação de quatro dados: o Modelo de Distribuição de Espécie (MDE) utilizando o algoritmo de Máxima Entropia (Maxent), o déficit de consumo de peixes, produção de tilápia e Índice de Pegada Humana (IPH). A ocorrência potencial de *C. rendalli* concentrou-se na região Sudeste do Brasil. *O. niloticus*, por outro lado, foi mais generalista, com habitats potenciais bem mais espalhados ao longo das regiões mais habitadas do país. Os municípios com os maiores déficits de consumo foram São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ) e Brasília (DF). Foram encontrados 52 municípios prioritários para produção de *C. rendalli* e outros 85 para produção de *O. niloticus*. Em geral, as áreas onde a tilapicultura seria mais vantajosa se aglomeram no Sudeste e Sul do país. Essas regiões possuem as maiores densidades populacionais e os mais elevados índices de pegada humana do país. Junto a isso, reúnem as condições ambientais mais favoráveis para a criação das espécies de tilápia avaliadas, conferindo um alto potencial para tilapicultura. No outro extremo, nenhuma área prioritária foi identificada dentro da região amazônica, pois a maioria dos estados da região tem alto consumo de peixes nativos e baixos valores do IPH, ou seja, grandes extensões de vegetação natural. Dessa forma, a rentabilidade da criação de tilápia nessas regiões não compensa o potencial impacto ambiental. Em suma, as áreas prioritárias para cultivo de tilápia coincidem com as regiões mais habitadas do país, onde os potenciais impactos ambientais de invasões biológicas da tilápia seriam minimizados.

Palavras-Chave: tilapicultura; *Oreochromis niloticus*; piscicultura; modelo de distribuição de espécies.

ABSTRACT

Tilapia is a fish species originating from Africa and considered exotic in Brazil, but it is the most produced fish in the country, constituting a high protein food source. This fish has great reproductive capacity and tolerates extreme environmental conditions, which are normally harmful to other species, so it has a high potential for aquaculture. However, the high adaptability of tilapines results in biological invasions as they settle in natural environments, impacting native communities. Thus, the objective of the study was to identify which areas are favorable for tilapia production in Brazil, reconciling the demand for fish and minimizing potential damage to aquatic ecosystems. Of the tilapia species reared in Brazil, two of the most commercial importance are emphasized: *Coptodon rendalli* and *Oreochromis niloticus*. The priority areas for tilapia production were defined from the interpolation of four data: the Species Distribution Model (SDM) using the Maximum Entropy algorithm (Maxent), the fish consumption deficit, tilapia production and the Human Footprint (HF). The potential occurrence of *C. rendalli* was concentrated in the southeastern region of Brazil. *O. niloticus*, on the other hand, was more generalist, with potential habitats much more widespread throughout the country's most populated regions. The municipalities with the largest consumption deficits were Sao Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ) and Brasilia (DF). Fifty-two priority municipalities were found for *C. rendalli* production and another 85 for *O. niloticus* production. In general, the areas where tilapia farming would be most advantageous cluster in the Southeast and South of the country. These regions have the highest population densities and highest human footprint rates in the country. In addition, they meet the most favorable environmental conditions for the breeding of the evaluated tilapia species, conferring a high potential for tilapiculture. At the other extreme, no priority areas have been identified within the Amazon region, as most states in the region have high native fish consumption and low HF values, ie large expanses of natural vegetation. Thus, the profitability of tilapia farming in these regions does not outweigh the potential environmental impact. In short, the priority areas for tilapia cultivation coincide with the most populated regions of the country, where the potential environmental impacts of biological tilapia invasions would be minimized.

Keywords: tilapiculture; *Oreochromis niloticus*; pisciculture; species distribution model.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PRODUÇÃO DE TILÁPIA NO BRASIL (2013 - 2018)	20
FIGURA 2 - <i>COPTODON RENDALLI</i> (TILÁPIA-DO-CONGO) E <i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i> (TILÁPIA-DO-NILO).....	20
FIGURA 3 - REGISTROS DAS ESPÉCIES DE TILÁPIAS: <i>COPTODON RENDALLI</i> (VERMELHO) E <i>OREOCHROMIS NILOTOCUS</i> (AZUL)	33
FIGURA 4 - ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DA ESPÉCIE TILÁPIA-DO-CONGO (<i>C.</i> <i>RENDALLI</i>): AS ÁREAS MAIS ESCURAS REPRESENTAM MAIOR ADEQUABILIDADE DA ESPÉCIE NO LOCAL.....	34
FIGURA 5 - DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DA ESPÉCIE TILÁPIA-DO-NILO (<i>O. NILOTICUS</i>): AS ÁREAS MAIS ESCURAS REPRESENTAM MAIOR ADEQUABILIDADE DA ESPÉCIE NO LOCAL.....	35
FIGURA 6 - MAPA DE PRODUÇÃO DE TILÁPIA NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS	36
FIGURA 7 - MAPA DE DÉFICIT DE CONSUMO DE PESCADO NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS	37
FIGURA 8 - MAPA COM A MÉDIA DO ÍNDICE DE PEGADA HUMANA (2009) DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS.....	38
FIGURA 9 - ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A PRODUÇÃO DE <i>COPTODON RENDALLI</i>	39
FIGURA 10 - ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A PRODUÇÃO DE <i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i>	40

LISTA DE SIGLAS

COEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente

FAO - Food and Agriculture Organization

FISK - Fish Invasiveness Screening Kit

GBIF - Global Biodiversity Information Facility

GEE – Gases de Efeito Estuda

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPH – Índice de Pegada Humana

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDE – Modelo de Distribuição de Espécies

MDP – Modelo de Distribuição Potencial

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PCA – Principal Component Analysis

POF – Pesquisa de Orçamento Familiar

PPM – Pesquisa de Pecuária Municipal

SAP – Secretaria de Pesca e Aquicultura

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática

SISAN – Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	PISCICULTURA, SEGURANÇA ALIMENTAR E CONSUMO DE PESCADO	12
3	SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	14
4	RISCOS AMBIENTAIS DA AQUICULTURA.....	16
5	ESPÉCIES INVASORAS.....	17
5.1	Tilápias: <i>Coptodon rendalli</i> e <i>Oreochromis niloticus</i>	19
6	MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES.....	24
7	MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
7.1	Ocorrência das espécies.....	27
7.2	Modelo de Distribuição de Espécies (MDE).....	28
7.3	Produção de tilápia nos municípios brasileiros.....	29
7.4	Déficit de consumo de pescado.....	30
7.5	Índice de Pegada Humana.....	31
7.6	Áreas prioritárias para produção de tilápias.....	31
8	RESULTADOS.....	33
8.1	Ocorrência das espécies.....	33
8.2	Modelo de Distribuição de Espécies.....	33
8.3	Produção de tilápias e déficit de consumo nos municípios brasileiros.....	35
8.4	Índice de Pegada Humana.....	37
8.5	Áreas prioritárias para a produção de tilápia.....	38
9	DISCUSSÃO.....	40
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
	REFERÊNCIAS.....	47
12.	APÊNDICE.....	56

1 INTRODUÇÃO

Segundo a FAO (2006), espécie introduzida (frequentemente também chamada de espécie não nativa ou espécie exótica) é “toda e qualquer espécie transportada pelo ser humano e solta, intencional ou acidentalmente, fora de sua área de distribuição ou ocorrência natural”. Essa prática, geralmente causada pelo homem, tem aumentado exponencialmente nos últimos anos (AGOSTINHO & JULIO; 1996; VITULE & PRODOCIMO, 2012), sobretudo para fins econômicos, e causado diversos impactos ambientais (VITULE; PRODOCIMO, 2009). Os danos são, por exemplo, diminuição das populações ou extinção de espécies nativas, alteração do habitat, hibridização, competição com a fauna local pelos recursos disponíveis, predação de ovos, larvas e até propagação de doenças na fauna nativa (AGOSTINHO; JULIO, 1996).

No Brasil, a introdução de espécies é antiga e a maior parte das espécies já foram naturalizadas, sendo o país com o maior número de espécies introduzidas (AGOSTINHO; JULIO, 1996; VITULE & PRODOCIMO, 2012). A Tilápia, por exemplo, é um peixe exótico e o mais produzido no Brasil (IBGE, 2019). É o nome comum dado a várias espécies da família *Cichlidae*, nativas da África Tropical e introduzidas no Brasil na década de 1930 (CANONICO et al., 2005). Atualmente, a produção de tilápia está presente em boa parte das regiões tropicais e subtropicais. No Brasil, a produção de tilápia é em grande escala (mais de 311 mil toneladas em 2018) (IBGE, 2019) e está presente em todas as regiões e biomas brasileiros.

O Brasil abriga a mais diversa fauna ictiológica do mundo e, mesmo com toda essa riqueza, aproximadamente 85% de sua produção de peixes são de espécies introduzidas de outros países e continentes, tornando o país o maior produtor de espécies não nativas (JUNIOR et al., 2012). Considerando o Artigo 8º da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), ratificada em 1992, que tem como uma de suas premissas “Impedir que se introduzam, controlar ou erradicar espécies exóticas que ameacem os ecossistemas, habitats ou espécies”, é essencial que seja definido as áreas prioritárias para produção de tilápias, visando a redução dos riscos e ameaças em caso de escape dessas espécies e o fortalecimento e aprimoramento da legislação vigente.

Este trabalho tem como objetivo identificar áreas prioritárias para tilapicultura no Brasil, vinculando a produção do pescado com a conservação dos ecossistemas, indicando municípios brasileiros onde a piscicultura focada na tilápia seria menos danosa aos ecossistemas aquáticos.

2 PISCICULTURA, SEGURANÇA ALIMENTAR E CONSUMO DE PESCADO

O crescimento populacional, aliado à preocupação com a segurança alimentar e os interesses em relação à sustentabilidade ambiental, estão entre os maiores desafios dos países nos próximos anos (FAO, 2019a; SCHULTER & VIEIRA FILHO, 2017). Estima-se que em 2050 a população mundial será de 9,7 bilhões de pessoas (ONU, 2019) e, para que haja recursos suficientes para alimentar esse crescente número de pessoas, as previsões mostram que a produção anual de carne deverá aumentar em mais de 50% da produção atual (SEARCHINGER, 2019). Nesse sentido, a aquicultura pode representar uma alternativa eficiente para promover a segurança alimentar e superar o déficit alimentar previsto (ORSI & AGOSTINHO, 1999; FAO, 2014; SCHULTER & VIEIRA FILHO, 2017), além de mitigar os possíveis impactos ambientais gerados pela agricultura e pecuária.

Aquicultura é o cultivo, em um espaço confinado e manejado, de organismos predominantemente aquáticos (RATH, 2018; PICKLER & VIEIRA FILHO, 2018) e varia de acordo com o tipo de organismo cultivado (piscicultura é o cultivo de peixe, carcinicultura é o cultivo de camarões e malacocultura é o cultivo de moluscos, entre outros). Segundo Rana (1998), a aquicultura tem três características básicas: o cultivo deve ser de organismos em que a água é obrigatória em alguma parte da vida ou em toda a vida; essa prática deve ser controlada e o produto cultivado deve, necessariamente, ter um proprietário a manejá-lo (ou seja, não pode ser um bem coletivo, como a pesca); além disso, deve visar ao lucro.

Dentre essas práticas, a piscicultura destaca-se, no Brasil, por dispor de condições favoráveis (por exemplo, o clima) e uma abundante disponibilidade hídrica (CULTURAL, ACEB, 2014). A piscicultura é considerada um dos setores da pecuária brasileira que mais tem se expandido nos últimos anos (IBGE, 2017), principalmente a piscicultura continental, a qual vem adquirindo uma vasta responsabilidade social e econômica, sobretudo pela criação de empregos em todo o país e garantia da segurança alimentar.

A Lei nº 11.346/2006 (BRASIL, 2006), que criou o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN, define segurança alimentar e nutricional como:

Art. 3º A segurança alimentar e nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis.

Diante da abrangência desse termo, torna-se um desafio para o Brasil alcançar completamente a complexidade da segurança alimentar. Dessa forma, a piscicultura desempenha um papel muito importante, dando uma contribuição valiosa e nutritiva para dietas diversificadas e saudáveis (FAO, 2014).

Os peixes constituem uma fonte importante de proteínas, vitaminas, minerais e nutrientes na dieta, além de ser baixo em gorduras saturadas, carboidratos e colesterol (OLIVEIRA SARTORI & AMANCIO, 2012; FAO, 2014; KEPPLER et al, 2014), representando uma oportunidade para países em desenvolvimento fomentar e investir na piscicultura. Apesar de o consumo médio de pescado *per capita* do Brasil ser muito baixo (4 kg/hab/ano) (POF/IBGE, 2008-2009), pequenas quantidades de consumo podem ter impacto nutricional significativo (FAO, 2014), ressalta-se que a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda o consumo de pescado de no mínimo 12 kg por habitante ao ano.

Deve-se destacar que os cuidados desde a captura até o consumo são essenciais para a garantia de segurança alimentar e nutricional: manuseio, processamento e transporte, pois métodos inadequados podem reduzir a capacidade nutricional dos pescados (FAO, 2016).

3 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Os sistemas de produção para a piscicultura no Brasil são classificados de acordo com a produtividade: extensivo, semi-intensivo, intensivo e superintensivo (LOPES, 2012; FARIA et al, 2013).

No sistema extensivo, os peixes são colocados em lagos ou represas e lá permanecem até a sua captura, alimentam-se de recursos do próprio ambiente onde são cultivados e não há uso de aeradores ou o emprego de ração, nem maiores cuidados referentes à qualidade da água (FARIA et al, 2013). Geralmente, mais de uma espécie é produzida no mesmo local (policultivo) e a densidade de pescado é de 1 peixe para cada 5 m² (100-1.000 kg/ha/ano). Esse sistema de produção é mais vantajoso por demandar menos custo para produção de peixe (LOPES, 2012; FARIA et al, 2013; EMATER, 2015).

O sistema semi-intensivo assemelha-se com o extensivo em algumas características. Nele também ocorre o policultivo e os peixes são cultivados em lagos ou represas, porém o produtor pode fornecer alimento ao peixe, geralmente rações específicas (FARIA et al, 2013), e há renovação de água. A densidade de pescado é de 1 a 3 peixes/m², gerando uma maior produtividade (8.000-10.000 kg/ha/ano) (FARIA et al, 2013).

O sistema intensivo utiliza viveiros construídos especificamente para a produção de peixes, o manejo da produção é mais criterioso, há renovação de água, o alimento é fornecido pelo produtor (ração de acordo com a espécie produzida) e a densidade de pescado é acima de 3 peixes/m² (acima de 20.000 kg/ha/ano) (LOPES, 2012; FARIA et al, 2013; EMATER, 2015). Além disso, é empregado o uso de tecnologias ao sistema de produção, como o uso de fertilizantes e de métodos para monitoramento da qualidade da água.

Por fim, o sistema superintensivo ocorre em um viveiro planejado para atividade. A renovação da água deve ser realizada, devido à grande quantidade de efluentes gerada e a densidade de pescado é superior a 70 peixes/m² (acima de 70 kg/m²/ciclo) (LOPES, 2012; FARIA et al, 2013; EMATER, 2015). Os peixes recebem rações, com proteínas, minerais, vitaminas e nutrientes necessários a sua sobrevivência.

Nesses sistemas de produção, destacam-se, no Brasil, na piscicultura continental, as formas de produção por meio de tanques-rede e viveiro-escavados (SCHULTER & VIEIRA FILHO, 2017). Os tanques-rede, geralmente, são classificados como sistemas intensivos ou superintensivos de produção, uma vez que os peixes dependem dos alimentos dos produtores e a renovação da água é necessária e a densidade de peixes é superior a 3 peixes/m². Esse método de produção se popularizou, pois é mais viável economicamente, uma vez que pode ser implementado em reservatórios, principalmente de hidrelétricas, rios, açudes ou pequenas represas, garantindo maior produtividade por área; além disso, trata-se de uma produção eficaz, tanto para pequenos produtores, quanto para produtores comerciais de larga escala (BEVERIDGE, 2008; TEIXEIRA et al, 2009; BRABO et al, 2013; PICKLER & VIEIRA FILHO, 2018). Constituem-se de uma rede ou telas flutuantes inseridas dentro do reservatório, permitindo livre circulação da água; essas redes deixam o peixe em confinamento, protegendo-os contra predadores, principalmente (TEIXEIRA et al, 2009) e podem ser utilizadas para criação de alevinos ou para produção de peixes.

Os viveiros escavados, por sua vez, requerem um maior custo em sua construção, principalmente pela retirada da terra e adequação do relevo para implementação (SCHULTER & VIEIRA FILHO, 2017; PICKLER & VIEIRA FILHO, 2018).

A produção de tilápia, tem seus principais polos de produção no oeste paranaense, por meio de viveiros escavados; no Nordeste por tanques-rede ao longo do Rio São Francisco e no curso do Rio Jaguaribe; e no Sudeste, no Rio Grande, Paraná e em reservatórios do Rio Tietê e Paranapanema, por meio de tanques-rede (KUBITZA, 2015).

4 RISCOS AMBIENTAIS DA AQUICULTURA

Todos os sistemas de produção de aquicultura são impactantes, principalmente quando realizados sem considerar o uso de técnicas adequadas e de estratégias para a implementação do sistema de produção (ASSAD & BURSZTYN, 2000; ELER & MILLANI, 2007; FARIA et al, 2013). Entretanto, com planejamento e fomento a técnicas adequadas, torna-se possível que essas alterações sejam minimizadas, de uma maneira que não haja redução da biodiversidade, transformação no funcionamento e na estrutura dos ecossistemas ou impactos ambientais negativos de qualquer recurso natural (VALENTI, 2002).

São diversos os impactos ambientais que a aquicultura pode gerar, desde o momento da implementação dos sistemas de cultivo até o momento da sua operação. Tem-se, por exemplo, nos sistemas de cultivo dos viveiros-escavados, os possíveis impactos causados na fase de instalação do cultivo: remoção da cobertura vegetal; remoção de mata ciliar para captar a água; erosão e carregamento dos sedimentos para cursos d'água (VALENTI, 2002).

No momento de operação da aquicultura, os impactos podem ser ainda maiores: eutrofização dos corpos hídricos, causado pela liberação de efluentes ricos em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo; liberação de grandes quantidades de efluentes ricos em matéria orgânica e sólidos suspensos que são responsáveis por causar o aumento da turbidez em corpos hídricos; aumento da sedimentação local; alteração da flora nativa e do comportamento e da distribuição da fauna nativa, introdução de substâncias químicas tóxicas, muitas vezes bioacumulativas, no meio ambiente e, além disso, destaca-se a introdução de espécies invasoras e propagação de doenças e patógenos na fauna nativa, através de escape dos viveiros e tanques (VALENTI, 2002; ASSAD & BURSZTYN, 2000; BEVERIDGE, 2008).

5 ESPÉCIES INVASORAS

Estudos já identificaram redução da biodiversidade aquática em taxas muito maiores do que a biodiversidade terrestre e uma das causas é a introdução de espécies (LODGE et al, 1998; SALA et al, 2000). A introdução de espécies pelo homem e o estabelecimento dessas espécies fora da sua área de distribuição natural (PERRY & VANDERKLEIN, 1996; FAO, 2006) tem aumentado exponencialmente nas últimas décadas (AGOSTINHO & JULIO; 1996; VITULE & PRODOCIMO, 2012). Contudo, com esse aumento em escala global, notou-se a ameaça que espécies invasoras podem representar aos ecossistemas naturais, às espécies nativas e até ao bem-estar humano (SIMBERLOFF et al., 2013). A Millennium Ecosystem Assessment Board (2005) apresenta a introdução de espécies como uma causa direta da mudança nos ecossistemas, junto com poluição, mudança de habitat, superexploração e mudanças climáticas.

A introdução de espécies é realizada principalmente para fins econômicos (aquicultura, agricultura, controle biológico, entre outros) e frequentemente ignora as consequências ambientais que essa introdução pode causar (VITULE; PRODOCIMO, 2012). Sabe-se, porém, que a piscicultura é a principal causa da introdução de espécies em novos ambientes, devido ao rompimento ou transbordamento dos tanques de criação (WELCOMME, 1988; NAYLOR et al, 2001; ORTEGA et al, 2015). Além da piscicultura, outras atividades antrópicas são responsáveis pela introdução de espécies, como estética (e.g. aquarismo), recreação (e.g. pesque-pague) e transporte (e.g. água de lastro) (LODGE et al, 1998; SALA et al, 2000). Lodge et al (1998) relatam que, em comunidades aquáticas intactas que possuem de 1.000 a 10.000 indivíduos, cerca de 10 a 1.000 são transportados frequentemente.

Quando se trata de introdução de espécies, sabe-se que ambientes aquáticos são ainda mais vulneráveis do que os ambientes terrestres, pois, uma vez que a espécie exótica aquática é introduzida, a dispersão dos organismos pode ser mais fácil dentro do corpo d'água do que nos ambientes terrestres (LODGE et al, 1998; SALA et al, 2000).

Pode-se afirmar que impactos dentro da água não são facilmente identificáveis, quando comparados aos impactos terrestres (SIMBERLOFF et al, 2013), pois os

peixes estão menos expostos, principalmente nas fases iniciais da introdução. Muitas vezes, as introduções de peixes só são identificadas quando já estão bem-sucedidas, em fase avançada e os danos causados estão grandes e irreversíveis. Sendo assim, é importante destacar que alguns danos das introduções de espécies só podem ser identificados em longo prazo (VITULE, 2009).

Há diversos estudos e casos que comprovam os impactos ecológicos de espécies invasoras. Cucherousset & Olden (2011) organizaram os impactos ecológicos das invasões de espécies de peixes, baseados em uma revisão de literatura de artigos publicados de 1999 a 2009, em cinco dimensões ecológicas: genético (e.g. hibridização), individual (e.g. comportamento), população (e.g. transmissão de doenças), comunidade (e.g. extinção de espécies) e ecossistema (e.g. modificação de ciclos bioquímicos) (RHYMER & SIMBERLOFF, 1996; ALLENDORF et al, 2001; LIMA et al, 2018; LEUNDA, 2010; CUCHEROUSSET & OLDEN, 2011; FISK et al, 2007; BLANCHET et al, 2008).

Em nível populacional, a introdução de espécies pode acarretar a transmissão de doenças e a propagação de patógenos não nativos (vírus, bactérias, fungos, protozoários e macroparasitas) em espécies nativas (ELVIRA, 2001; LEUNDA, 2010). Também, uma espécie exótica, ao ser inserida em um novo ambiente, além de poder perpetuar novas doenças, é capaz de alterar, direta ou indiretamente, as doenças endêmicas daquele local, seja aumentando a abundância de hospedeiros dos parasitas endêmicos ou induzindo mudanças comportamentais (mudança de habitat, dieta ou até imunossupressão por estresse) e/ou na fisiologia dos hospedeiros nativos, de modo que se tornem mais suscetíveis a infecções (POULIN et al, 2011).

Outro risco associado a introdução de espécie é a extinção das espécies nativas. Um exemplo disso foi a introdução da Perca-do-Nilo (*Lates niloticus*) no século passado, no maior lago do continente africano, Lago Vitoria, local de distribuição de mais de 400 espécies endêmicas, sendo 350 da família dos *Cichlidae*. A Perca-do-Nilo, que se alimenta de pequenos peixes da família *Cichlidae*, foi introduzida por questões comerciais e recreativas. Com a introdução bem-sucedida, na mesma proporção em que a população da espécie crescia, os níveis de predação das espécies nativas cresciam também. A Perca-do-Nilo mostrou-se uma grande predadora e notou-se a redução dos peixes nativos. Estima-se que entre 150-200 espécies nativas e endêmicas do Lago Vitoria tenham sido extintas, devido a

predação, a competição e a redução de oxigênio do lago (KITCHELL et al, 1997; LOWE et al, 2000; CUCHEROUSSET & OLDEN, 2011).

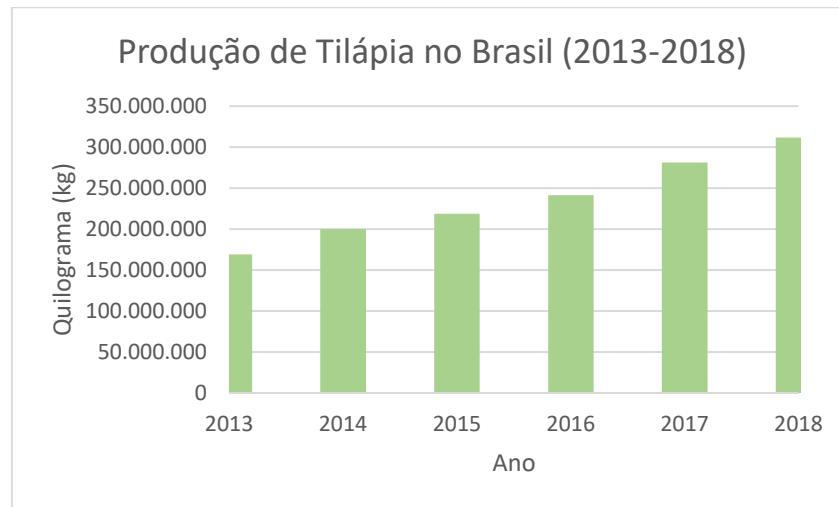
Diante de todos os riscos e impactos que os ecossistemas e o bem-estar humano estão suscetíveis pela introdução de uma espécie não nativa, torna-se essencial que o conhecimento sobre os danos potenciais seja aprofundado e disseminado (SAX et al, 2007). Em um país com dimensão de um continente e com uma vasta biodiversidade, como o Brasil, é ainda mais importante o estudo das espécies invasoras, principalmente para fins preventivos, uma vez que é impossível prever os impactos que uma introdução pode causar.

O estudo da introdução de espécies nos ambientes aquáticos deve ser fomentado, principalmente pelos impactos não se mostrarem tão visíveis quanto os terrestres e constituírem uma notável importância ecológica, de uma grande mobilidade, muitas vezes adaptáveis, especiosos e muito apreciados pelos humanos. No Brasil, uma das características da introdução de espécies aquáticas é que elas já são bem antigas e, por isso, foram naturalizadas e banalizadas (VITULE, 2009). É importante que haja uma conscientização da sociedade sobre quão danosa uma espécie invasora pode ser em ambientes nativos.

5.1 Tilápias: *Coptodon rendalli* e *Oreochromis niloticus*

Mesmo com toda a biodiversidade encontrada na região Neotropical, o Brasil é o país com o maior número de introduções de espécies não nativas (ou exóticas) (AGOSTINHO; JULIO, 1996) – a tilápia, por exemplo, é um peixe exótico e o mais cultivado no Brasil e está em constante crescimento, conforme demonstrado na Figura 1 (IBGE, 2018). Tilápia é o nome comum dado a várias espécies da família *Cichlidae*, nativas da África e do sudoeste do Oriente Médio. Desde a década de 1930, esses animais têm sido introduzidos em diversos ambientes para o controle biológico de plantas aquáticas e insetos (CANONICO et al, 2005). Atualmente, o cultivo de tilápia está presente em boa parte das regiões tropicais e subtropicais. Vinte e duas espécies de tilápia têm sido produzidas no mundo inteiro, sendo oito delas mais utilizadas (*Oreochromis niloticus*, *Coptodon rendalli*, *O. mossambicus*, *O. aureus*, *O. macrochir*, *O. hornorum*, *O. galilaeus* e *Tilapia zillii*) (EL SAYED, 1999).

Figura 1 - Produção de Tilápia no Brasil (2013 - 2018)



Fonte: IBGE, 2019

Este trabalho teve como ênfase a *Coptodon rendalli* (popularmente chamada Tilápia-do-Congo), por ser a primeira espécie de tilápia introduzida no Brasil em meados de 1953, e a *Oreochromis niloticus* (popularmente chamada Tilápia-do-Nilo) (Figura 2), introduzida entre 1971 e 1972, por se tratar da principal espécie cultivada no Brasil (WELCOMME, 1988; IBGE, 2019) e a quinta principal espécie produzida mundialmente na aquicultura (FAO, 2019a). Além disso, essas espécies estão entre as quatro espécies exóticas mais comuns no Brasil (LATINI et al, 2016). Tais espécies são de porte médio a grande e estão amplamente distribuídas em todo território nacional, principalmente pela piscicultura, mas também para pesca esportiva e amadora, repovoamento ou controle biológico. É importante ressaltar que elas foram introduzidas intencionalmente e destacam-se por já terem sido identificadas como espécies invasoras de grande impacto, não apenas nas espécies nativas do Brasil, mas para espécies de outros locais do mundo (VITULE, 2009).

Figura 2 - *Coptodon rendalli* (Tilápia-do-Congo) e *Oreochromis niloticus* (Tilápia-do-Nilo)



Fonte: Seegers, 1996; Schraml, E., 2004 (Fishbase)

Na tentativa de quantificar o potencial invasor de espécies não nativas, Troca & Vieira (2012) realizaram um estudo na região costeira do Rio Grande do Sul, aplicando o software *Fish Invasiveness Screening Kit* – FISK, que permite categorizar as espécies não nativas entre baixo, médio e alto potencial invasor, baseado em informações biogeográficas, histórico invasor da espécie e características biológicas e ecológicas da espécie. Dentre as 14 espécies não nativas avaliadas que são cultivadas nessa região, a *Oreochromis niloticus* foi a que teve a pontuação mais alta, ou seja, categorizada com um alto potencial invasivo. Outros estudos semelhantes, utilizando o mesmo software, comprovam o alto potencial invasivo da espécie (BRABO et al, 2015; ALMEIDA et al, 2013).

Alguns estudos identificam os possíveis impactos negativos das tilápias sobre as espécies nativas. Martin et al (2010), por exemplo, fizeram um experimento com a Tilápia-do-Nilo e um peixe nativo do Golfo do México (*Lepomis miniatus*). Em um aquário que imitava as condições naturais dos estuários do Golfo do México, as duas espécies foram inseridas separadamente e observou-se a preferência de habitat das duas espécies e, em outro aquário, as duas espécies eram inseridas juntas. Nesse experimento, foi identificada a competição agressiva pelo habitat, prevalecendo à preferência da tilápia.

Outro estudo laboratorial, realizado por Sanches et al (2012), buscou identificar os efeitos da Tilápia-do-Nilo com um peixe nativo, *Geophagus brasiliensis*. O objetivo dessa pesquisa era identificar os efeitos da invasão de tilápia sobre diferentes tamanhos corporais. O resultado da pesquisa identificou que a invasão da tilápia estabelece dominância em relação as espécies nativas, independentemente do seu tamanho corporal.

Portanto, esses estudos citados comprovam a tendência da tilápia de se tornar dominante e de ser altamente agressiva; além disso, as tilápias demonstram características compartilhadas com outras espécies invasoras bem-sucedidas, o que evidencia o potencial da tilápia como causa de extinções de espécies nativas (CANONICO et al, 2005). Também são conhecidas por reduzir a ictiofauna nativa e a fauna de invertebrados, alteração da composição do plâncton, qualidade da água, alimentar-se de ovos de peixes nativos e responsáveis por acelerar a eutrofização em corpos aquáticos, principalmente pelos efluentes gerados pelos restos de rações e fertilizantes (LATINI et al, 2016, HENRY-SILVA & CAMARGO, 2018).

Embora esteja ligada a muitos casos de bioinvasão, a tilápia possui um grande potencial para produção de alimentos, devido à facilidade em se reproduzir –atinge a maturidade sexual muito cedo; ao crescimento rápido; à alimentação onívora – aceita diversos tipos de alimento (GAMA, 2008; MARTIN et al, 2010; VICENTE et al, 2013; SCHULTER & VIEIRA FILHO, 2017); e à tolerância em diversas variações ambientais, suportando limites extremos de temperatura (de 8 a 42°C), salinidade e oxigênio. E ainda há o cuidado parental (BEYRUTH, 2004; MARTIN et al, 2010; LATINI et al, 2016), o que permite sua sobrevivência em diversos ambientes. Por essas vantagens, a tilápia ganha a preferência dos produtores, que, por sua vez, a produzem nos sistemas semi-intensivo e intensivo, com a densidade de 150 a 200 peixes/m³ (SANDOVAL, 2013; LITI et al, 2005; SCHULTER & VIEIRA FILHO, 2017).

A tilápia constitui ainda, uma importante fonte de proteína e uma oportunidade para garantir segurança alimentar a países em desenvolvimento, por ser mais acessível e com um impacto potencialmente menor do que o gerado pela agricultura terrestre (CANONICO et al, 2005). Assim, diante da complexidade de espécies invasoras, como a tilápia, mapear a área de ocorrência no território brasileiro e projetar mapas de onde essas espécies poderiam se estabelecer são estratégias fundamentais para políticas de produção e comercialização deste pescado na escala do Brasil a fim de reduzir os impactos potenciais nos ecossistemas naturais, principalmente diante dos conflitos de interesses entre os setores socioambientais e produtores.

Apesar de todas as vantagens de produzir a tilápia, deve-se reconhecer e considerar o potencial de produção de peixes nativos na piscicultura, uma vez que o Brasil possui uma ictiofauna diversa: tambaqui (*Colossoma macropomum*) e pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), por exemplo, são nativos e produzidos em todas as regiões (IBGE, 2019). É notável que o estímulo brasileiro, quando se trata de piscicultura, é focado na produção de espécies não nativas, como é o caso da tilápia, que participou de mais de 50% da produção total de pescado no último ano (PEIXEBR, 2018), tornando o Brasil o maior produtor em nível mundial de espécies não nativas. O incentivo à piscicultura é focado na produção e até na pesquisa de espécies não nativas, já que é perceptível que não há desenvolvimento de tecnologias para o cultivo de espécies nativas, fazendo com que o produtor não tenha a segurança de investir nessas espécies.

Além do incentivo referente às tecnologias, os produtores pressionam os tomadores de decisão para a autorização da produção de espécies exóticas – em especial a tilápia – em diversos estados brasileiros. A legislação está em constante mudança e está favorecendo, a produção de tilápia em reservatórios brasileiros, por meio do tanque-rede, como é o caso do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) de Tocantins, que, por meio da Resolução nº 88, de 05 de dezembro de 2018, permitiu a produção de Tilápia-do-Nilo no Rio Tocantins:

Art. 15. As atividades e empreendimentos de aquicultura em sistemas de tanques redes somente serão permitidos quando houver a utilização de espécies autóctones, alóctones introduzidas e espécie exótica sendo a Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) a única permitida.

§ 1º No caso de espécies exóticas será permitida a criação em:

a) tanques-rede, somente em reservatórios artificiais, de uso múltiplo para geração de energia e projetos agrícolas, localizados na Bacia Tocantins em rios da União e do Estado, observado o preceito legal da LC 140/2011 e que possuam o Plano de uso múltiplo aprovado pelo órgão ambiental e/ou a respectiva licença ambiental do órgão competente;

b) tanques-rede, somente em reservatórios artificiais, de uso múltiplo, localizados na calha do rio Tocantins, observado o preceito legal da LC 140/2011 e que possuam o Plano de uso múltiplo aprovado pelo órgão ambiental e/ou a respectiva licença ambiental do órgão competente (TOCANTINS, 2018)

Além do governo de Tocantins, o governo do Amazonas apresentou a Lei nº 4330/2016 (AMAZONAS, 2016), que ficou conhecida como “Lei da Tilápia”, a qual, entre várias alterações na legislação da aquicultura, desburocratiza a produção de espécies não nativas nos rios e igarapés do estado. Após repercussão, o governo do estado determinou sua revogação:

Art. 24. O órgão ambiental competente autorizará a introdução de espécies exóticas, alóctones, híbridas e organismos geneticamente modificados para aquicultura, em qualquer estágio de desenvolvimento no Estado do Amazonas, com base no grau de risco de escape do sistema produtivo, dos sistemas de prevenção de fugas e do grau de risco da espécie ao meio ambiente natural. (AMAZONAS, 2016)

As legislações brasileiras referentes à aquicultura, mostram-se cada vez mais liberais, sendo que deveria ser submetida a leis e fiscalização mais rigorosas, para prevenção de escapes, principalmente de espécies exóticas (ORSI & AGOSTINHO, 1999).

Como já exposto, as espécies exóticas podem representar uma ameaça aos ambientes aquáticos e a sua biodiversidade, acarretando grandes consequências,

principalmente as espécies nativas. Por isso, considerou-se que não é viável a produção de tilápias em ambientes nativos, pois as externalidades da produção não compensariam a produção e os potenciais impactos ambientais gerados pelas espécies exóticas podem ter maiores dimensões quando comparados a lugares mais degradados.

Nesse sentido, o trabalho de Venter et al (2016a) criou mapas da pegada humana, que fornecem informações sobre onde os humanos estão exercendo pressão sobre os sistemas naturais, alterando-os de seus estados naturais. Esses mapas também fornecem informações sobre onde não há pressões, ou seja, onde é provável que os ecossistemas estejam em um estado mais natural. A compreensão das pressões humanas sobre o meio ambiente fornece uma base para a redução dos danos ambientais em áreas sensíveis ou ecologicamente valiosas, além de ser essencial para identificar áreas prioritárias para proteção ou restauração de sistemas naturais (Venter et al, 2016a; Venter et al, 2016b).

6 MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES

O Modelo de Distribuição de Espécies (MDE) ou Modelo de Distribuição Potencial (MDP) é uma ferramenta computacional que relaciona os registros de ocorrência das espécies examinadas com as características ambientais (e.g. temperatura, precipitação); o resultado desse modelo é um mapa mostrando a distribuição potencial da espécie, ou seja, uma representação geográfica de onde é provável que as espécies consigam estabelecer populações. Essa ferramenta tem se tornado importante para estudos de biogeografia e ecologia (ANDERSON et al, 2003; ELITH & LEATHWICK, 2009; ARAÚJO & PETERSON, 2012; GIANNINI ET AL, 2012). Embora o MDE resulte em mapas da distribuição geográfica potencial, deve-se ressaltar que é baseado apenas nas variáveis ambientais, existem outros aspectos que podem impedir a espécie de ocorrer em determinados locais, como barreiras ecológicas ou interações bióticas (e.g. predação, competição) (PHILLIPS et al, 2006; JUNIOR & SIQUEIRA, 2009).

O MDE está sendo amplamente utilizado, por exemplo, para avaliação de riscos das invasões de espécies exóticas, dos efeitos das mudanças climáticas na

distribuição das espécies e dos riscos de transmissões de doenças (BERTELSMEIER et al, 2013; VILLEMANT et al, 2011; ROURA-PASCUAL, 2009; PETERSON, 2003). A aplicação do MDE para avaliação de riscos de espécies exóticas seria como prevenção da disseminação da espécie, ou seja, permite verificar a adequabilidade ecológica da espécie não nativa em novos ambientes, sendo possível evitar que a invasão ocorra. Além disso, uma vez que a espécie já está no ambiente, o MDE pode identificar locais com condições climáticas e ambientais favoráveis ao estabelecimento e/ou à colonização (VILLEMANT et al, 2011, PETERSON, 2003).

Há diversos métodos de modelagem que se divergem, principalmente, pela exigência de dados de apenas presença e de dados de presença-ausência das espécies. A metodologia com dados de apenas presença tem se popularizado, devido à acessibilidade dos dados de ocorrência das espécies, que podem ser obtidos *online* das coleções de museus e herbários, enquanto os dados de ausência são mais difíceis de serem obtidos. Na abordagem de apenas presença, são necessários apenas os dados de ocorrências das espécies (coordenadas geográficas) e as variáveis ambientais, que são detectadas através de sensoriamento remoto. Ressalta-se que diferentes métodos de MDE podem apresentar resultados bem divergentes (PHILLIPS et al, 2006; PHILLIPS & DUDÍK, 2008; JUNIOR & SIQUEIRA, 2009).

O algoritmo de Máxima Entropia (Maxent), por exemplo, é um método de MDE com dados de apenas presença. A ideia do Maxent, segundo Phillips et al (2006, p. 234, tradução nossa), é:

[...] Estimar uma distribuição de probabilidade-alvo, através do resultado da distribuição da probabilidade da entropia máxima (ou seja, a mais espalhada ou mais próxima do uniforme), sujeita a um conjunto de restrições que representam nossas informações incompletas sobre a distribuição-alvo.¹¹

O Maxent estima a adequabilidade de uma espécie e pode ser interpretado como uma medida de probabilidade de ocorrência para um conjunto de pixels (PHILLIPS et al, 2005; JUNIOR; SIQUEIRA; 2009; ELITH et al, 2009). As principais vantagens no uso do Maxent para o MDE são: necessidade de apenas dados de presença e as informações ambientais, porém é possível adicionar mais informações,

¹¹"The idea of Maxent is to estimate a target probability distribution by finding the probability distribution of maximum entropy (i.e., that is most spread out, or closest to uniform), subject to a set of constraints that represent our incomplete information about the target distribution"

como os dados de ausência; a distribuição calculada pelo Maxent tem uma definição matemática concisa, sendo assim, pode ser compreendida com mais facilidade quando se tem o domínio dos conceitos clássicos matemáticos; utiliza valores contínuos (de 0 até 1) para os pixels, que indica a adequabilidade relativa das espécies, mediante a incorporação das interações das variáveis (PHILLIPS et al, 2006; JUNIOR & SIQUEIRA, 2009).

7 MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar o objetivo do trabalho, pretende-se criar uma base de dados de ocorrência para as espécies *Coptodon rendalli* e a *Oreochromis niloticus*; utilizar o Modelo de Distribuição de Espécies (MDE) para estimar as áreas de distribuição potencial destas espécies no território brasileiro e criar mapas com dados da produção de tilápia e do déficit de consumo. Os mapas resultantes do MDE serão relacionados aos dados sobre o consumo, sobre a produção pesqueira nos municípios brasileiros e ao mapa do grau de degradação desses municípios (VENTER et al., 2016). Desta forma, o cruzamento entre os dados dos produtores de tilápia, dos locais de maior consumo pesqueiro, do grau de degradação dos ecossistemas e da potencial área de distribuição das tilápias subsidiará a otimização da produção em locais (municípios) já degradados e estabelecerá onde o consumo de pescado pode ser incentivado e os potenciais riscos à fauna local, para que estes sejam minimizados em caso de escape e introdução de indivíduos de tilápia em ecossistemas aquáticos.

7.1 Ocorrência das espécies

No intuito de criar uma base de dados de ocorrência das espécies de tilápia, obteve-se os registros de distribuição geográfica das espécies dos bancos de dados Global Biodiversity Information Facility (GBIF; <https://www.gbif.org/>) e SpeciesLINK (<http://splink.cria.org.br/>), que agrupam informações de ocorrência de espécies em todo o mundo, registradas em instituições nacionais e internacionais de ensino e pesquisa. Os dados foram triados, eliminando as ocorrências duplicadas e os registros de coordenadas geográficas de procedência duvidosa. Foram excluídos, por exemplo, os registros de tilápia em que as coordenadas indicavam para dentro do oceano e os registros em que as coordenadas não indicavam o local exato da espécie, apenas as coordenadas dos municípios onde foram encontradas.

Os dados foram compilados separadamente para cada uma das espécies. Utilizou-se, para as espécies *C. rendalli* e *O. niloticus*, respectivamente, 1.294 e 1.804 registros de ocorrência em todo o mundo. É importante ressaltar que os dados de ocorrência da espécie *Coptodon rendalli* foram considerados também os dados correspondentes ao antigo nome científico da espécie (*Tilapia rendalli*).

7.2 Modelo de Distribuição de Espécies (MDE)

O modelo de distribuição potencial de ambas as espécies foi realizado no mundo todo, utilizando as 19 variáveis climáticas do WorldClim 2; estas variáveis incluem, por exemplo, temperatura média anual, máxima temperatura do mês mais quente, precipitação anual, entre outras (Quadro 1). Como muitas delas são correlacionadas, a informação climática foi sumarizada por meio de uma Análise de Componentes Principais (PCA), que selecionou os 2 primeiros eixos contendo 78% de variabilidade total dos dados para criar os MDEs.

Quadro 1 – Variáveis climáticas o WorldClim

Variável	Descrição
BIO1	Temperatura média anual
BIO2	Taxa diurna média
BIO3	Isotermalidade (taxa diurna média/amplitude térmica anual (* 100))
BIO4	Sazonalidade da temperatura (desvio padrão * 100)
BIO5	Máxima temperatura do mês mais quente
BIO6	Mínima temperatura do mês mais frio
BIO7	Amplitude térmica anual (máxima temperatura do mês mais quente – mínima temperatura do mês mais frio)
BIO8	Temperatura média do trimestre mais chuvoso
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 chuvoso
BIO14	Precipitação do mês mais seco

BIO15	Sazonalidade de precipitação (coeficiente de variação)
BIO16	Precipitação do trimestre mais chuvoso
BIO17	Precipitação do trimestre mais seco
BIO18	Precipitação do trimestre mais quente
BIO19	Precipitação do trimestre mais frio

Fonte: WorldClim 2.0²

Para os MDEs, aplicou-se o algoritmo Maxent, a partir dos dados de ocorrência de espécies e do conjunto de preditores ambientais, ele consegue prever os pontos no mapa onde o estabelecimento de populações é favorável. O MDE foi feito para cada uma das espécies no mundo separadamente e, com o objetivo de atingir um resultado mais apurado, considerou-se somente os locais com adequabilidade igual ou superior 0.70 (ou 70%); isto indica que as áreas consideradas aqui têm uma grande probabilidade (>70%) de condições adequadas de estabelecimento da população analisada. Em seguida, o MDE global de cada espécie foi recortado somente para o território brasileiro, pois esta é a área de interesse neste trabalho. Estas análises foram realizadas em ambiente R (versão 3.6.0), utilizando os pacotes “dismo”, “raster”, “rgdal”, “rJava”, “RStoolbox”.

7.3 Produção de tilápia nos municípios brasileiros

Obteve-se os dados da produção de tilápia por município, oriundos da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) do IBGE, uma publicação anual que fornece informações sobre a pecuária existente nos municípios brasileiros. A quantidade de tilápia produzida em cada município (em kg) foi referente ao ano de 2018, extraídos da plataforma *online* SIDRA/IBGE. Esses dados são importantes, pois indicam onde a produção de tilápia deve ser incentivada, ou seja, aqueles municípios onde a tilapicultura é fraca ou inexistente.

É importante ressaltar que os dados apresentados pelo IBGE não abrangem todos municípios brasileiros: foram identificados os dados referentes a apenas 3.795

² Disponível em: <https://www.worldclim.org/>

municípios, sendo que, destes, os valores relativos a 334 municípios não estavam disponíveis, pois a pesquisa não havia sido realizada nesses locais, e 991 foram declarados como zero. Além disso, o PPM do IBGE considera apenas os peixes vendidos vivos, *in natura* e resfriados; isto é, não inclui peixes ornamentais, congelados e processados, como pratos prontos, filé e embalados.

7.4 Déficit de consumo de pescado

Estimou-se o déficit de consumo de peixes nos municípios brasileiros com base nos dados da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) 2008-2009 do IBGE, a mais recente base encontrada e disponível *online* (Plataforma SIDRA/IBGE). A POF tem como objetivo estimar, através de amostragem probabilística, as estruturas de consumo familiar e, com isso, traçar um perfil das condições de vida da população.

Utilizou-se os dados da aquisição alimentar domiciliar *per capita* anual, por grupos, subgrupos e produtos da POF que registram, em quilogramas (kg), o consumo médio de alimentos consumidos pela população brasileira. Foram extraídos apenas os dados de consumo de peixe, por habitante, ano e unidade de federação; embora a pesquisa detalhe os principais tipos de pescado consumidos, optou-se por considerar todo o consumo de pescado em geral, tanto de água salgada quanto doce e sem especificação. Além disso, utilizou-se a estimativa populacional em cada um dos municípios brasileiros, do IBGE no ano 2018. Seguindo a quantidade de consumo de peixe recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) de 12 kg por habitante ao ano (Consumo ideal, ou C_i), calculou-se o déficit de consumo de pescado nos municípios com a equação:

$$D = (N * C_i) - (N * C_r)$$

Onde:

D = déficit de consumo;

N = população do município;

C_i = consumo ideal; e

C_r = consumo real.

Esta medida reflete, portanto, a deficiência no consumo de pescado nos municípios brasileiros, e nos permite identificar quais municípios estão consumindo pescado abaixo do recomendado pela OMS, sendo assim, é essencial para definir onde o consumo deve ser incentivado.

Os dados de produção de tilápia e déficit de consumo foram mapeados, em formato *shapefile*, usando o software ArcGIS Desktop 10.6.1 Advanced. Para diminuir a amplitude dos dados e tornar a exibição dos mapas mais legíveis, os dados foram agrupados em classes a partir do log da produção de tilápia e do log do déficit de consumo de cada município.

7.5 Índice de Pegada Humana

Para identificar o grau de degradação ambiental no Brasil, utilizou-se o Índice da Pegada Humana (IPH) calculado para o mundo todo (VENTER et al. 2016). Este índice é calculado utilizando a porcentagem de ambientes construídos, densidade populacional, intensidade de iluminação noturna, porcentagem de terras de cultivo/pastagens, densidade de estradas, ferrovias e hidrovias por pixel de 1 x 1 km (VENTER et al. 2016). Desta forma, valores de IPH igual a 0 correspondem às áreas nativas (sem impactos causados pelo homem) e valores diferentes de zero às áreas com graus variados de impacto humano (por exemplo, pixels sobre a cidade de São Paulo-SP assumem valores superiores à 45, é possível visualizar a média do IPH municípios na Figura 8). Os mapas nos fornecem a informação da localização e da intensidade das pressões humanas nos ecossistemas naturais. No presente trabalho, utilizou-se IPH correspondente ao ano de 2009, por ser o mais recente e, portanto, mais similar às condições atuais. Por fim, calculou-se a média do IPH em cada um dos municípios brasileiros para ter uma estimativa de quanto os ecossistemas estão degradados em cada um deles.

7.6 Áreas prioritárias para produção de tilápias

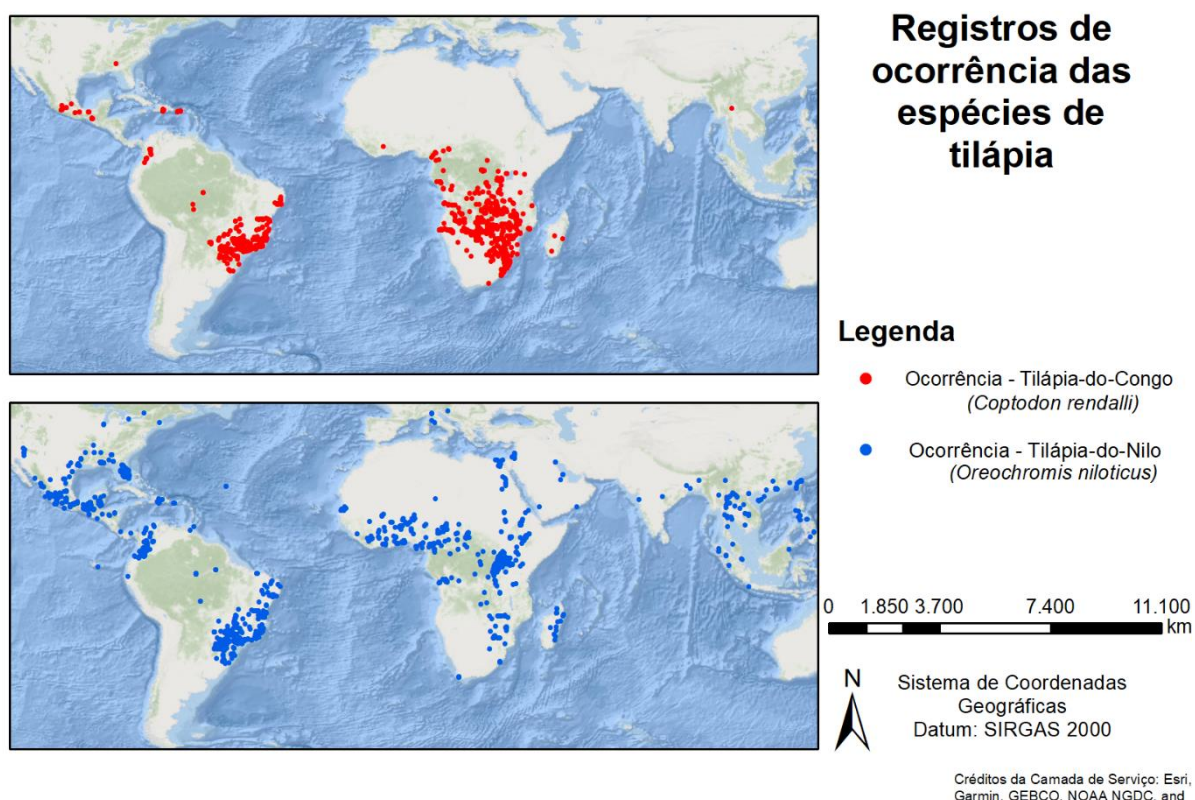
Para a identificação das áreas prioritárias para a produção de tilápias, selecionou-se os municípios onde há deficiência no consumo de pescado, a produção de tilápia é mínima ou inexistente, a espécie tem potencial de se estabelecer e onde há um alto grau de degradação dos ecossistemas nativos. Este cruzamento de informações socioeconômicas, produtivas e de adequabilidade da espécie permite indicar potenciais municípios onde o mercado consumidor (baixo consumo) e produtivo (pequena produção de tilápias) pode se desenvolver, sem que novos ecossistemas nativos sejam degradados pela atividade produtiva ou pela introdução de tilápias em corpos d'água.

8 RESULTADOS

8.1 Ocorrência das espécies

Utilizou-se os registros de ocorrências das espécies de *Coptodon rendalli* e *Oreochromis niloticus* para o mundo inteiro, sendo que a espécie *C. rendalli* tem seus registros concentrados no Sudeste brasileiro e na África. Enquanto a *Oreochromis niloticus* é encontrada em todo continente americano e alguns trechos da África e Ásia (Figura 3).

Figura 3 - Registros das espécies de tilápias: *Coptodon rendalli* (vermelho) e *Oreochromis niloticus* (azul)



Fonte: GBIF³, SpeciesLink⁴, ESRI (elaborado pelo autor)

8.2 Modelo de Distribuição de Espécies

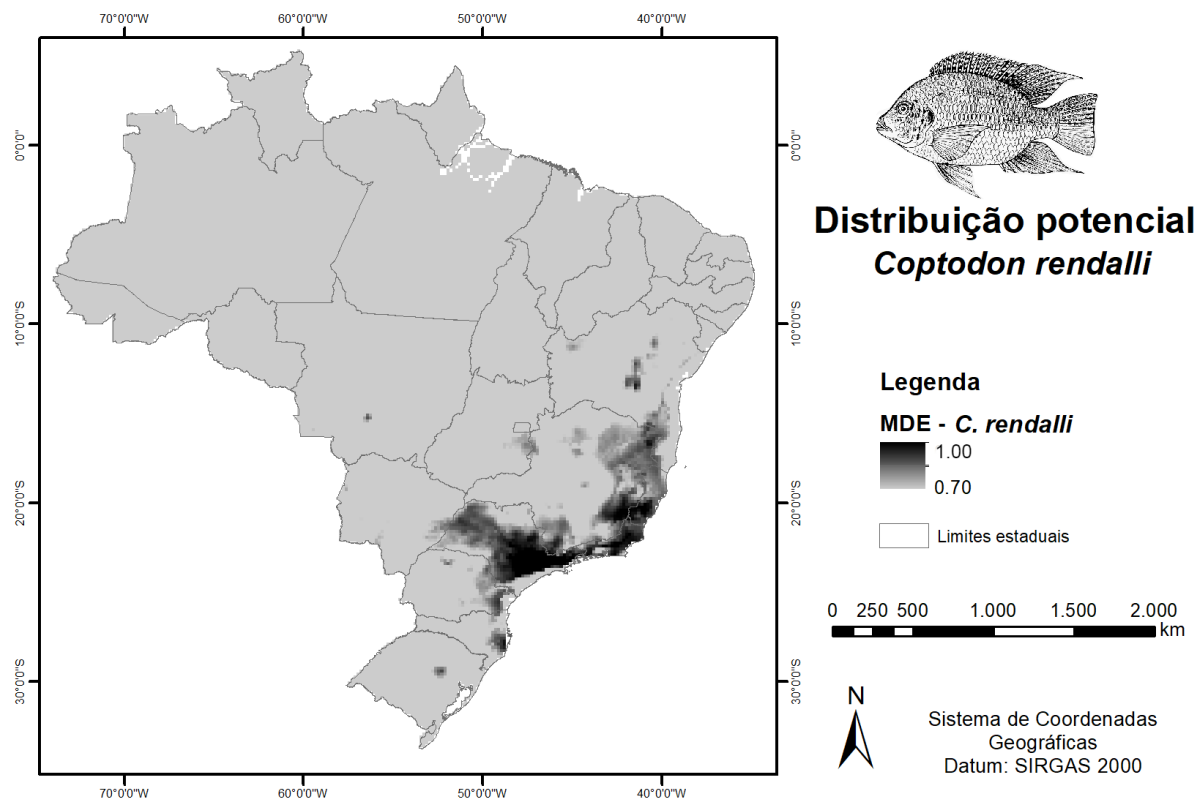
O Modelo de Distribuição de *Coptodon rendalli* evidencia o potencial desta espécie se estabelecer e sobreviver na região Sudeste do Brasil, principalmente nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, onde a espécie teria facilidade

³ Disponível em: <https://www.gbif.org/>

⁴ Disponível em: <http://splink.cria.org.br/>

de se adequar em quase todo território, conforme mostra a Figura 4. Além desses, destaca-se a parte leste de Minas Gerais. No Sul, Paraná e Santa Catarina tem potencial e na região Nordeste, apenas a Bahia apresenta condições favoráveis em pequenos trechos. As regiões Norte e Centro-Oeste não se mostraram viáveis para a sobrevivência da espécie.

Figura 4 - Área de distribuição potencial da espécie Tilápia-do-Congo (*C. rendalli*): as áreas mais escuras representam maior adequabilidade da espécie no local

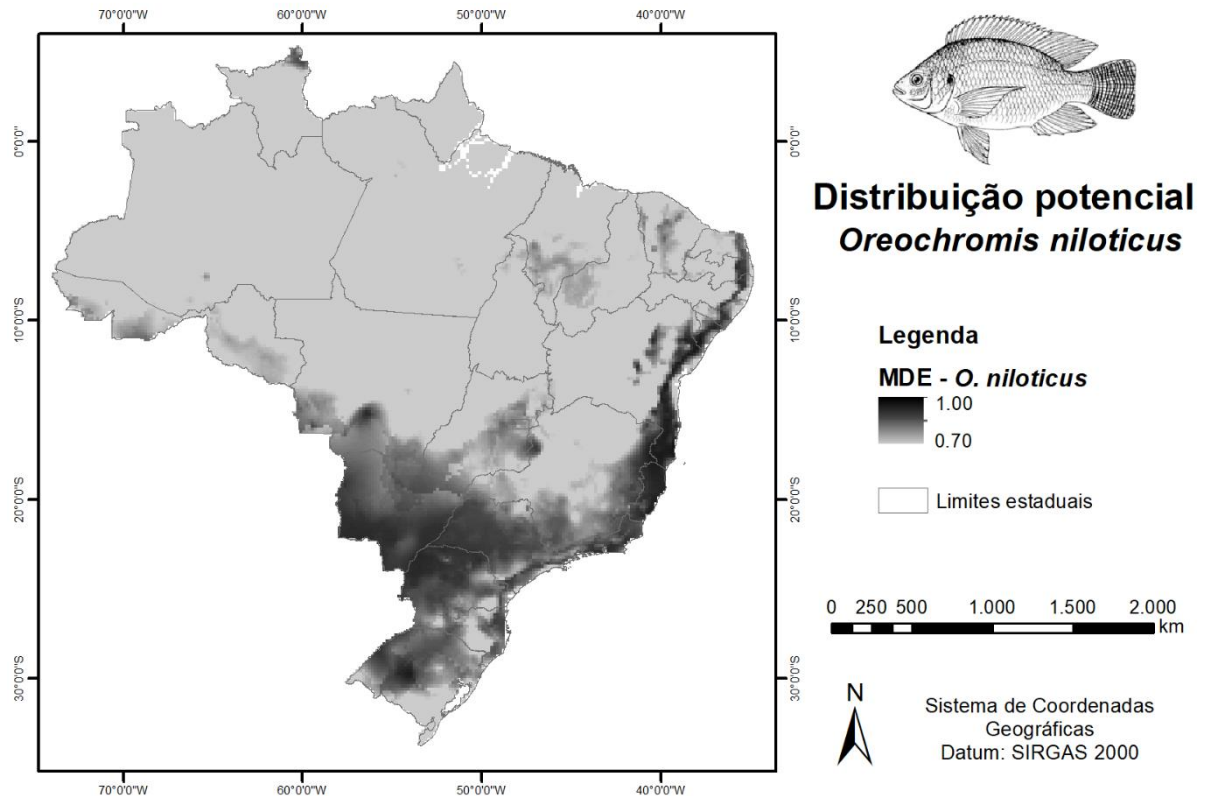


Fonte: ESRI, FAO, R. Studio (elaborado pelo autor)

A espécie *Oreochromis niloticus* se mostrou mais generalista (Figura 5), em termos de condições climáticas favoráveis, os locais onde potencialmente ela poderia ocorrer estão espalhados em todas as regiões do país. Sua distribuição potencial se concentra nas regiões Sudeste (principalmente São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo), Sul e nas faixas litorâneas do Rio Grande do Sul ao Rio Grande do Norte. No Centro-Oeste, o Mato Grosso do Sul tem um grande potencial para a espécie se estabelecer, com condições favoráveis em toda a área do estado, assim como o sul do Mato Grosso e alguns trechos de Goiás e Distrito Federal. Na Região Norte, apenas

pequenos trechos se mostraram favoráveis para a permanência da espécie, principalmente no norte do estado de Roraima.

Figura 5 - Distribuição potencial da espécie Tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*): as áreas mais escuras representam maior adequabilidade da espécie no local



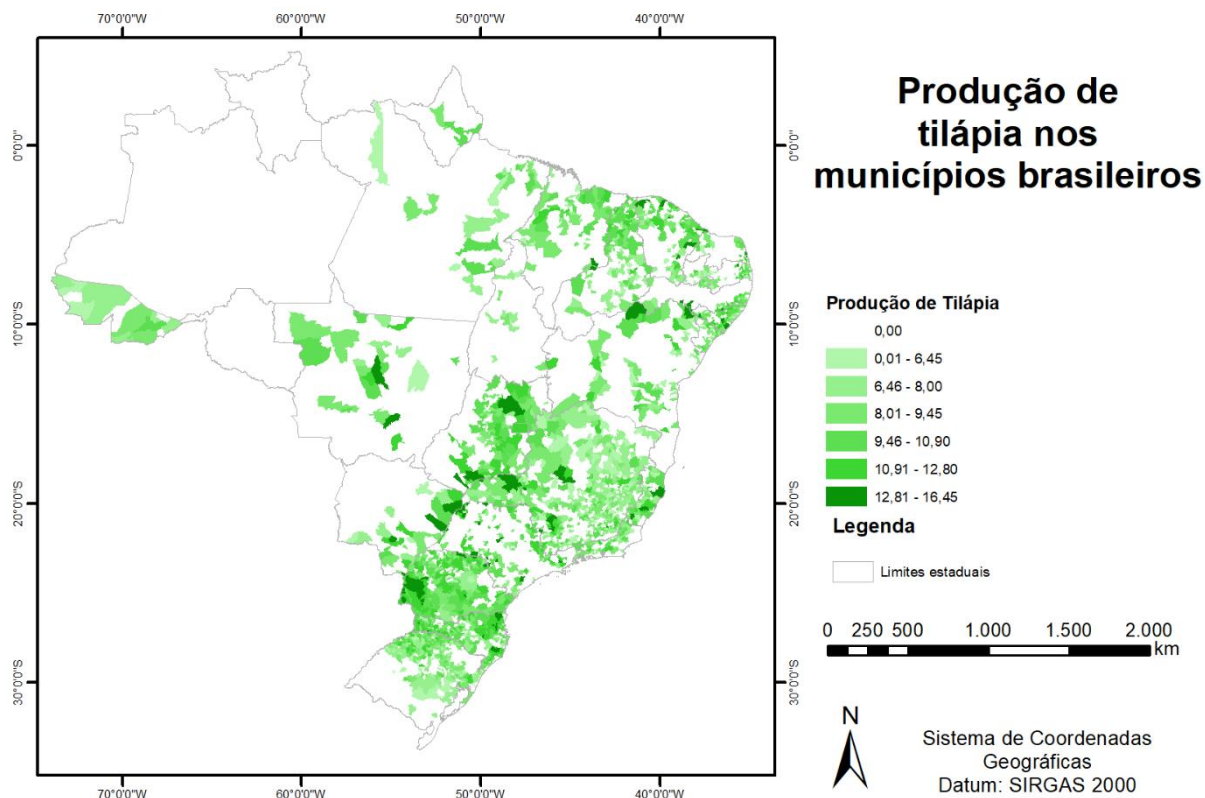
Fonte: ESRI, FAO, R. Studio (elaborado pelo autor)

8.3 Produção de tilápias e déficit de consumo nos municípios brasileiros

De acordo com o PPM-IBGE, a tilápia foi o peixe mais produzido no Brasil em 2018, com 311,5 mil toneladas em 2460 municípios (Figura 6). O crescimento da produção de Tilápia tem sido registrada nos últimos anos, desde que a pesquisa contou com a participação da aquicultura. O município de Nova Aurora-PR, foi o principal produtor (com 13,9 mil toneladas) e o município de Angélica-MS foi o que teve menor participação na produção de tilápia (apenas 15 kg). Apenas os estados Roraima, Amazônia e Rondônia não produziram tilápia em 2018. É importante ressaltar que entre os dez municípios que mais produziram tilápia, cinco deles (Aparecida do Taboado-MS, Glória-BA, Jatobá-PE, Morada Nova de Minas-MG e

Santa Fé do Sul-SP) contam com corpos d'água de domínio da união em que é permitido praticar aquicultura (MAPA, 2019).

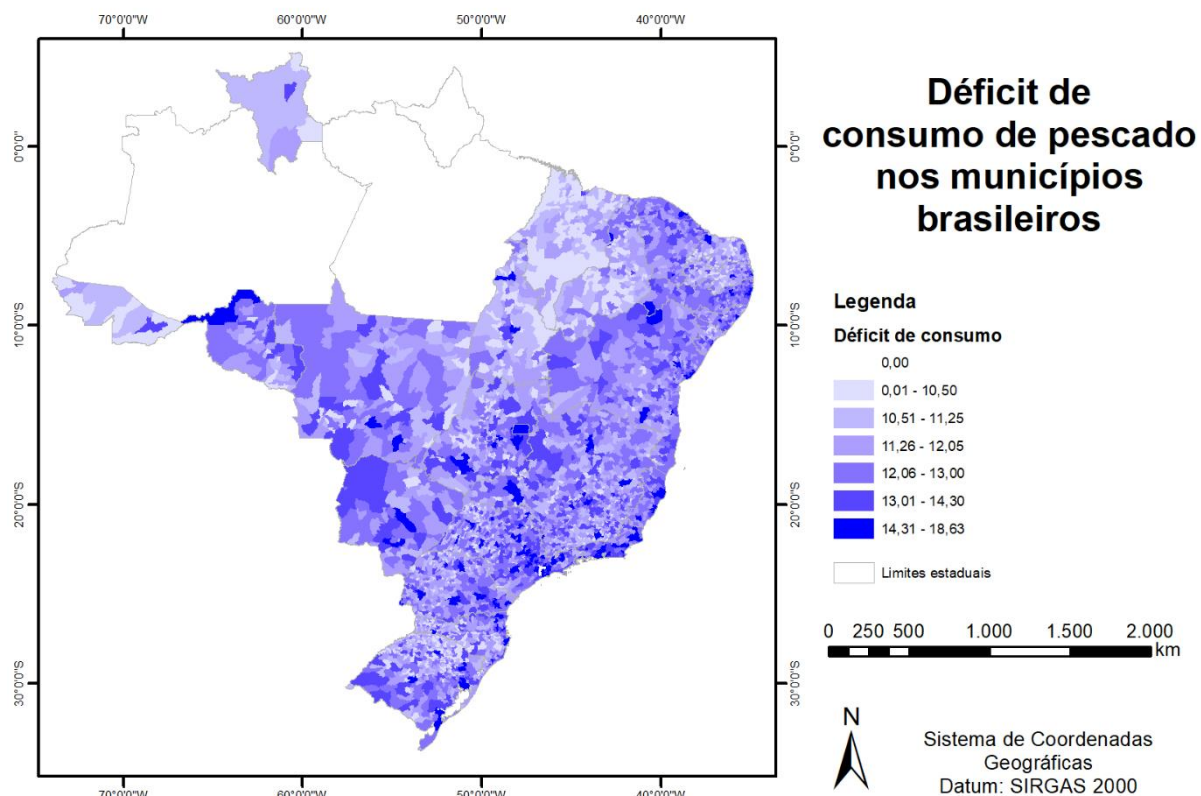
Figura 6 - Mapa de produção de tilápia nos municípios brasileiros



Fonte: ESRI, IBGE (elaborado pelo autor)

Os dados de consumo, em geral, mostram que boa parte dos estados brasileiros estão consumindo pescado bem abaixo do recomendado pela OMS (Figura 7). Apenas Amazonas, Amapá e Pará consumiram, por ano, mais peixe do que o recomendado. Goiás, Paraná e Minas Gerais são os estados que menos consomem peixe, respectivamente. Os três municípios com as maiores densidades populacionais foram os que mostraram os maiores déficits de consumo de pescado: São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ) e Brasília (DF).

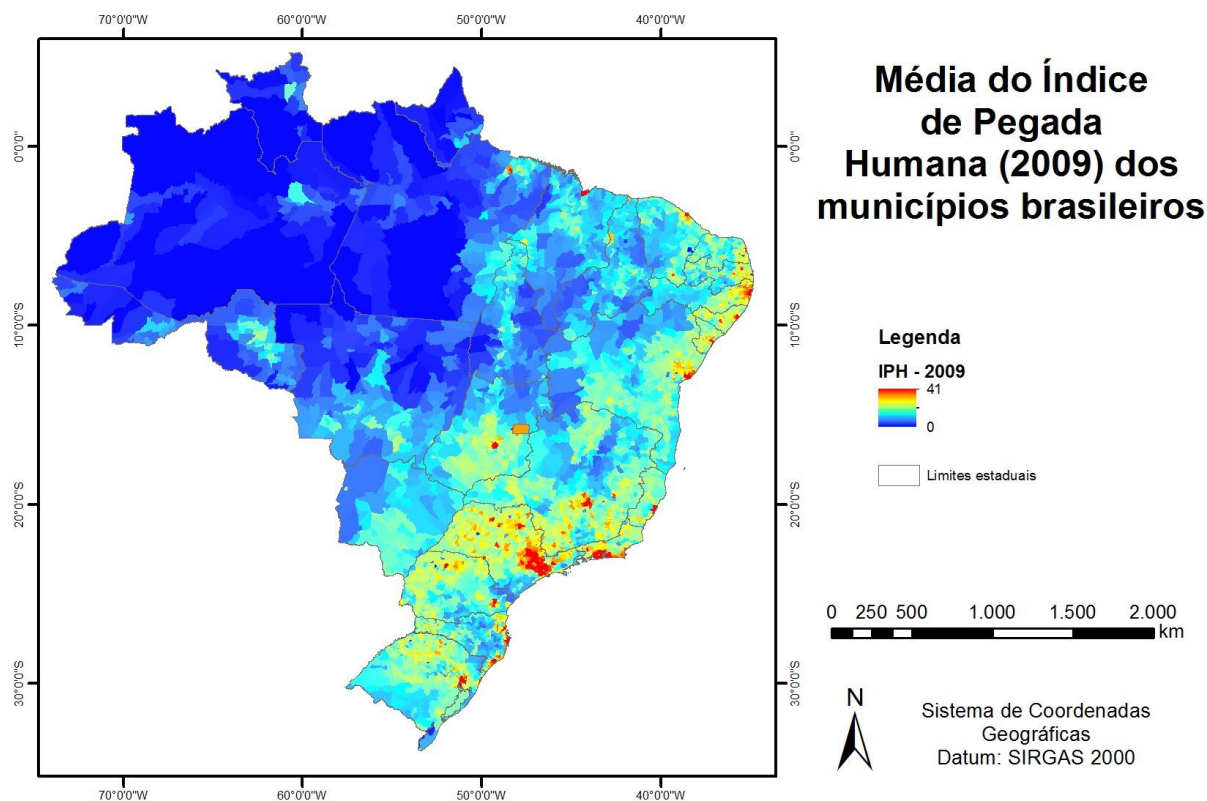
Figura 7 - Mapa de déficit de consumo de pescado nos municípios brasileiros



8.4 Índice de Pegada Humana

A média do IPH dos municípios brasileiros evidencia um contraste entre a região Norte e as regiões Sudeste e Sul. Enquanto o Norte possui uma média de IPH mais baixo, o Sul e Sudeste brasileiro demonstram uma média de índice de pegada humana bem mais elevado. São Paulo é o estado com os índices mais altos de pegada humana, com a média de alguns municípios paulistas chegando a 41. As capitais nordestinas e entorno, no entanto, também mostram um elevado IPH (Figura 8).

Figura 8 - Mapa com a média do Índice de Pegada Humana (2009) dos municípios brasileiros

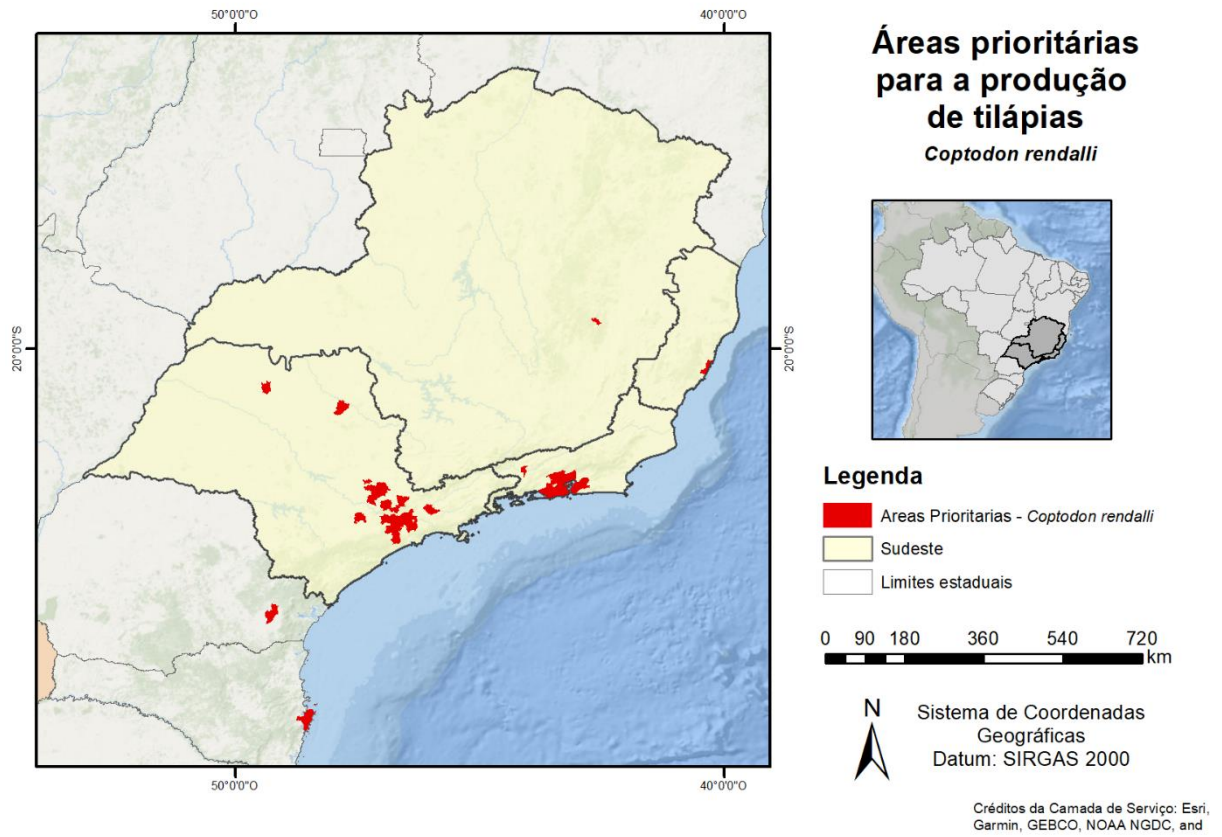


Fonte: ESRI, Venter et al (2016a). (Elaborado pelo autor)

8.5 Áreas prioritárias para a produção de tilápia

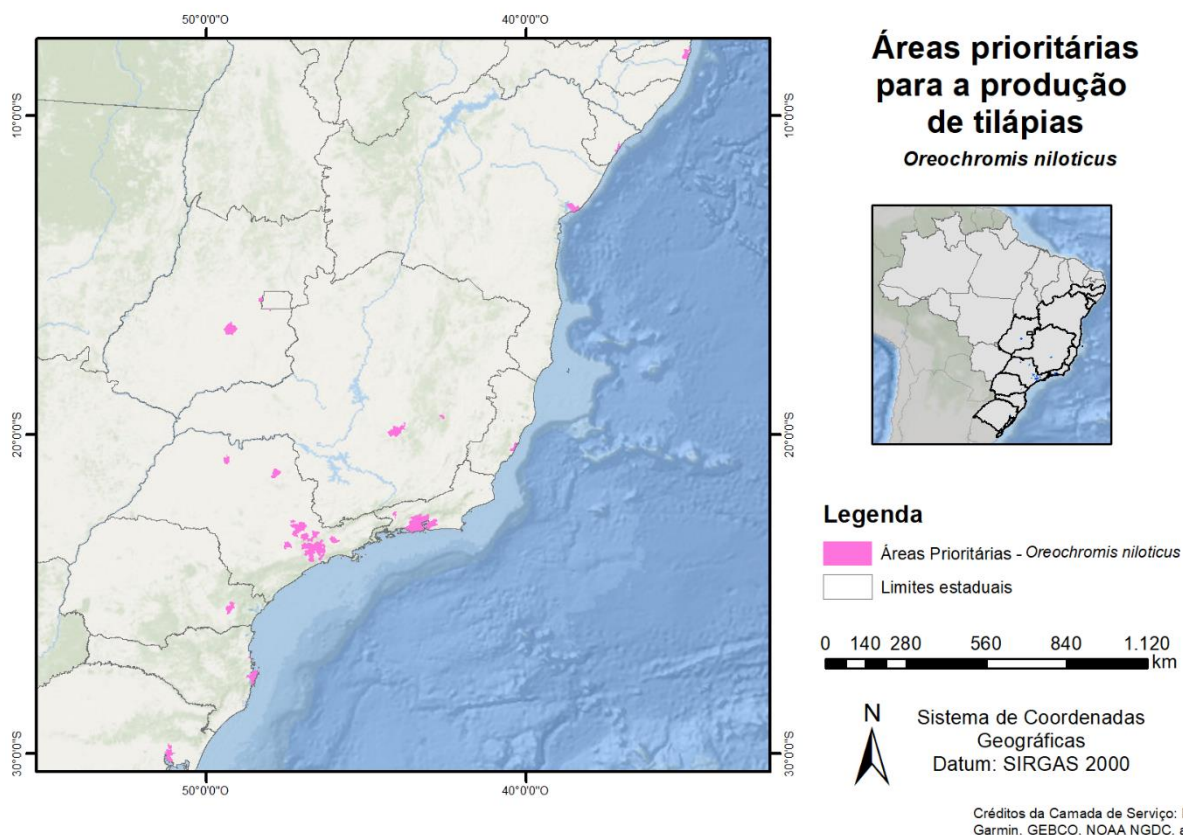
De todos os municípios brasileiros, 52 (para *C. rendalli*) e 85 (para *O. niloticus*) municípios apresentaram deficiência no consumo de pescado, um IPH mais elevado que os demais e produção de tilápia mínima ou inexistente (**Figura 9 e 10**).

Figura 9 - Áreas prioritárias para a produção de *Coptodon rendalli*



Fonte: ESRI (elaborado pelo autor)

Figura 10 - Áreas prioritárias para a produção de *Oreochromis niloticus*



Fonte: ESRI (elaborado pelo autor)

A maioria dos municípios identificados como prioritários na produção de tilápia foram no Sudeste e no Sul, porém, algumas capitais nordestinas e municípios adjacentes as capitais também se destacaram como áreas prioritárias para produção da *Oreochromis niloticus*: Aracaju-SE, Camaragibe-PE, Fortaleza-CE, Jaboatão dos Guararapes-PE, Lauro de Freitas-BA, Maracanaú-CE, Natal-RN, Parnamirim-RN, Paulista-PE, Recife-PE e Salvador-BA. Nos municípios do Centro-Oeste, apenas cinco municípios goianos foram identificados: Águas Lindas de Goiás-GO, Aparecida de Goiânia-GO, Goiânia-GO, Senador Canedo-GO e Valparaíso de Goiás-GO.

9 DISCUSSÃO

Apesar dos compromissos assumidos pelo Brasil na CDB, ainda há muita pressão dos grandes produtores para o incentivo do cultivo de espécies exóticas em todo o país, principalmente a tilápia. Identificou-se 52 municípios para *C. rendalli* e 85

municípios para *O. niloticus* como áreas prioritárias para produção de tilápia; destes, 33 e 35 municípios selecionados como áreas prioritárias para a produção de *Coptodon rendalli* e *Oreochromis niloticus* são no estado de São Paulo, respectivamente. Isso pode ser explicado pelo elevado índice de pegada humana no estado, quando comparado aos demais, assim como grande déficit de consumo, intensificado pela densidade populacional do estado.

Entre as áreas prioritárias para produção de tilápia definidas, não foi identificado nenhum município dentro da região amazônica, uma vez que os estados amazônicos são os que mais consomem peixe, além de apresentar pequenos índices de pegada humana (ou seja, ainda possuem áreas nativas) e não existir muitas áreas onde a tilápia poderia se estabelecer. Em geral, as áreas onde a tilapicultura seria mais vantajosa são no Sudeste e Sul do país, por possuírem as maiores densidades populacionais, junto ao índice de pegada humana elevado, além de apresentarem condições ambientais mais favoráveis para a criação.

Comparando a Pesquisa de Orçamento Familiar do IBGE nos anos de 2002 e 2008, os estados de Goiás e Minas Gerais são os que registram, nas duas pesquisas, as menores taxas de consumo per capita de pescado, sendo possível relacionar com a questão cultural ou preferência alimentar dos estados vizinhos, onde a presença da carne é bastante presente. Em 2008, o consumo per capita da carne (bovina, suína, de cabrito, de carneiro) em Goiás foi de 24,5 kg/hab/ano e em Minas Gerais foi de 21 kg/hab/ano, representando quase 20 kg de diferença entre o consumo de pescado e carne. Em contrapartida, a região Norte, em que três estados consumiram acima do recomendado pela OMS, registrou o maior consumo de carne, tendo a média de 17 kg/hab/ano, enquanto as outras regiões não passaram de 5 kg/hab/ano. Maciel et al (2012) destacam que o consumo de pescado pode estar associado a idade, renda, sexo e questões culturais. No presente trabalho não foi incluído essa dimensão socioeconômica nas estimativas de consumo, mas seria interessante novos estudos abordarem esta questão no futuro para gerar melhores estimativas de déficit de consumo de peixes no Brasil.

Lopes et al (2016) realizaram uma pesquisa sobre as preferências alimentares nas regiões brasileiras e seus resultados mostram que a única região que mostrou preferência por pescado foi a região Norte, enquanto as outras quatro regiões tiveram como preferência a carne bovina. Os nortistas, em sua maioria, consomem peixe pelo

menos três vezes na semana, enquanto o restante do Brasil consome peixe uma ou duas vezes no mês. Lopes et al (2016) sugere que as preferências variadas entre as regiões sejam influenciadas pelos valores dos alimentos ou por diferenças de origem e de ofertas. Outra pesquisa, realizada em Parintins-AM, confirma a preferência dos nortistas pela carne de peixe (COSTA, 2013).

A maior parte da população rural e periurbana da bacia amazônica utiliza o peixe como fonte primária de alimento, sendo a principal fonte de proteína das regiões mais pobres, populações ribeirinhas e indígenas. Estudos mostram que algumas regiões da Amazônia possuem os maiores valores de consumo de pescado já registrados no mundo, reforçando a forte relação e importância da Amazônia com os recursos pesqueiros (BATISTA et al, 2004; ISAAC & ALMEIDA, 2011).

Embora o Paraná tenha sido o maior produtor de Tilápias no Brasil nos últimos anos, representando mais de 35% da produção total em 2018 (IBGE, 2019) e tendo seu município de Nova Aurora como maior produtor (sendo reconhecido como Capital Nacional da Tilápia – tramitação do Projeto de Lei 5104/ 2019), há um contraste com os registros de consumo: o estado teve o terceiro menor consumo de pescado em 2008 (1,383 kg/hab/ano). Em 2008 o Paraná era o quinto maior produtor na aquicultura continental do Brasil (BRASIL, 2009). Além disso, a região Sul, que foi a maior produtora de tilápias em 2018, registrou o menor consumo *per capita* em 2008 de pescado.

Apesar das estatísticas de produção de pescado no Brasil mostrarem uma ascensão nos últimos anos, o consumo de pescado em nível nacional não tem apresentado crescimento na mesma proporção, portando, deve-se considerar que o consumo de pescado diferente nas regiões do Brasil é influenciado pela diferença de hábitos alimentares e tradições, disponibilidade de peixe, preço e nível socioeconômico dos consumidores, falta de qualidade dos pescados, falta de diversidade e praticidade oferecidas pelos produtos industrializados (BOMBARDELLI et al, 2005; ISAAC & ALMEIDA, 2011).

Minozzo et al (2008) realizaram uma pesquisa nas cidades de São Paulo-SP, Curitiba-PR e Toledo-PR, para identificar o perfil dos consumidores de pescado nessas cidades. Os pesquisadores identificaram que a preferência entre as carnes bovina, suína, de aves e pescado, a carne bovina prevalecia e o pescado, no caso de Toledo, era a menos apreciada, enquanto em São Paulo e Curitiba era a penúltima

opção entre as carnes selecionadas, entretanto, nas três cidades foi identificado que entre os peixes de água doce, a tilápia era o peixe mais consumido, destacando Toledo, em que mais de 90% dos consumidores de pescado optavam pela tilápia. São Paulo e Curitiba foram estabelecidas como áreas prioritárias para a produção de tilápias no presente trabalho e o resultado encontrado por Minozzo et al (2008) comprova que há possibilidade de abertura de mercado e aumento do consumo de tilápia nesses dois municípios, uma vez que é registrada a preferência do pescado entre estes. Políticas de conscientização sobre o consumo de peixes podem ajudar a estabelecer o mercado de consumo de tilápia próximo destes grandes centros e minimizar o impacto de tilápias em outras áreas do Brasil.

Apesar do baixo consumo de pescado no Brasil, o governo brasileiro tem fomentado o consumo de peixe, a Secretaria da Aquicultura e Pesca do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SAP/MAPA) apoia a campanha “Semana do Pescado”, que tem como objetivo unificar as campanhas relacionadas ao consumo de pescado, aumentar o consumo sazonal e consolidar o consumo de peixe em ao menos uma vez na semana. A campanha tem alcançado bons resultados e suas ações ocorrem, principalmente, por meio de preços promocionais na venda de pescado e informativos sobre os benefícios do consumo de pescado (BRASIL, 2019).

Dentre os municípios prioritários para a produção de tilápia, treze deles são capitais dos estados brasileiros das regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Esses municípios têm em comum uma grande densidade populacional e são registrados os maiores déficits de consumo (São Paulo, por exemplo, há um déficit de mais de 120 mil toneladas no consumo de pescado). A proximidade da produção dos grandes centros consumidores pode ser uma vantagem, principalmente pela diminuição da distância das áreas produtoras de pescado ao consumidor.

O peixe, por ser um alimento muito perecível e suscetível a perdas pós-captura, exige boa infraestrutura física dos transportes e das estradas e é essencial que se reduza ao máximo o tempo até o mercado, sendo assim, encurtar a distância dos produtores até o consumidor garante a maior qualidade e conservação do pescado. Estatísticas mostram que 3% dos peixes capturados na Amazônia brasileira são perdidos durante o transporte (FAO, 2019b). Em escala mundial, aproximadamente 1300 bilhões de toneladas de alimentos são desperdiçados e perdidos anualmente, desse número, 35% são peixes, tendo como principais causas o manuseio

inadequado e o transporte pós-captura (FAO, 2014b). Ademais, o transporte de pescado no Brasil é realizado por caminhões, sendo assim, a proximidade entre os produtores e os consumidores diminuem os custos dos produtores com transporte dos pescados e, além disso, reduz a emissão de gases de efeito estufa (GEE), como o dióxido de carbono (CO₂), uma vez que os caminhões são grandes poluidores (CARVALHO, 2011).

Uma das explicações para a área de distribuição potencial da *C. rendalli* ser inferior ao da *O. niloticus* é o fato do número de ocorrências da espécie ter sido menor. Entretanto, Pearson et al. (2007) realizou um experimento sobre o modelo de distribuição com poucos registros de ocorrência de espécies com diferentes algoritmos e indicou que o Maxent produz os melhores resultados. Desta forma, as projeções de distribuição podem ser ligadas às preferências climáticas das espécies e não a vieses no algoritmo de estimação. Além disso, o recorte de adequabilidade igual ou superior a 0.70 no MDE reduziu a área potencial de distribuição das duas espécies.

Os dados limitados sobre o consumo de pescado nos municípios brasileiros prejudicam a precisão das estimativas. Os dados de consumo encontrados, além de não serem recentes (2008), são por unidade de federação (ou seja, por Estado) e não por município, como seria o ideal. A média de consumo por Estado, por mais realista que seja, não reflete bem as diferenças entre municípios. Além disso, utilizou-se os dados de consumo de 2008 e, recentemente, o extinto Ministério da Pesca e da Aquicultura (MPA) divulgou que a média de consumo de pescado no Brasil em 2011 era de 11 kg/hab/ano (BRASIL, 2013), muito superior à média encontrada em 2008 (4 kg/hab/ano).

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de tilápia, embora seja uma solução eficiente para países em desenvolvimento e uma alternativa para a garantia da segurança alimentar, representa uma ameaça aos ecossistemas naturais por serem espécies exóticas altamente invasivas. Sua produção realizada em grande escala e presente em todas as regiões e biomas brasileiros deve ser realizada com um maior planejamento, gerenciamento e estudo, para evitar os efeitos da produção e possíveis escapes dos tanque-redes.

Diferentemente do modelo de produção atual de tilápias, em que ocorre em todo o Brasil, o conjunto dos resultados encontrados no trabalho mostra que a produção de tilápia não é viável em todos os locais, principalmente em áreas mais conservadas, como a Amazônia. Por outro lado, existem áreas-chave, onde a necessidade do pescado é maior e onde apresenta menores riscos ao meio ambiente, concentradas principalmente na região Sudeste. O estado de São Paulo apresenta maior potencial para o incentivo à piscicultura focada na tilápia, devido a adequabilidade das espécies naquela região, o baixo consumo *per capita* de pescado e os elevados índices de pegada humana em todo o estado. A supressão vegetal na região também é um ponto positivo à piscicultura de espécies exóticas, uma vez que os impactos de potenciais invasões são atenuados

A espécie *Oreochromis niloticus* é uma espécie mais generalista, quando comparada a espécie *Coptodon rendalli*, portanto, ela se adequa a variadas condições ambientais, apresentando uma distribuição potencial em todas as regiões brasileiras e, conseqüentemente, mostrando um maior potencial de invasão, enquanto a *Coptodon rendalli* apresenta uma distribuição potencial concentrada no Sudeste do país.

Recomenda-se que o governo brasileiro incentive e invista em tecnologias para a produção de espécies nativas, para que o produtor se sinta mais seguro no investimento de produção dessas espécies. Além disso, recomenda-se a criação e aprimoramento de políticas públicas que torne a piscicultura com espécies exóticas mais rigorosa e realize a fiscalização nos polos de produção.

É importante fomentar o consumo de pescado no Brasil, uma vez que os últimos dados disponíveis estão bem abaixo do recomendado pela Organização Mundial da

Saúde. Sugere-se criação de campanhas que incentive o consumo de peixe, com foco principal nos municípios onde o consumo está bem abaixo e é notável a preferência alimentar de outros tipos de proteína animal, como Goiás e Minas Gerais. O incentivo à produção de peixe pode aliviar a pressão do desmatamento pela pecuária intensiva e minimizar as demandas por pasto e gado.

Os dados utilizados no presente trabalho foram referentes ao consumo de maio de 2008 a maio de 2009, da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF). Os dados da POF 2017-2018 estão previstos para serem publicados nos próximos meses, portando, há a possibilidade de encontrar áreas mais adequadas para a produção de tilápias em novos estudos.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, Angelo Antonio; JÚLIO JÚNIOR, Horácio Ferreira. Peixes de outras águas: ameaça ecológica. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v.21, n.124, p.36-44, 1996.
- ALLENDORF, Fred W. et al. The problems with hybrids: setting conservation guidelines. **Trends in ecology & evolution**, v. 16, n. 11, p. 613-622, 2001.
- ALMEIDA, David et al. Effectiveness of FISK, an invasiveness screening tool for non-native freshwater fishes, to perform risk identification assessments in the Iberian Peninsula. **Risk Analysis**, v. 33, n. 8, p. 1404-1413, 2013.
- ALVES, A. L. et al. Riscos genéticos da produção de híbridos de peixes nativos. **Embrapa Pesca e Aquicultura-Documents (INFOTECA-E)**, 2014.
- AMAZONAS. Lei Ordinária nº 4330 de 05 de Maio de 2016. Disponível em <<https://sapl.al.am.leg.br/norma/8781>> Acesso em: 10 de Junho de 2019.
- ANDERSON, Robert P.; LEW, Daniel; PETERSON, A. Townsend. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. **Ecological modelling**, v. 162, n. 3, p. 211-232, 2003.
- ARANA, Luis Vinatea. **Aquicultura e desenvolvimento sustentável**. Editora da UFSC, 1999.
- ARAÚJO, Miguel B.; PETERSON, A. Townsend. Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. **Ecology**, v. 93, n. 7, p. 1527-1539, 2012.
- ASSAD, Luís Tadeu; BURSZTYN, Marcel. Aquicultura sustentável. **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasília: CNPq/Ministério da Ciência e Tecnologia, p. 303-323, 2000.
- BATISTA, V. da S.; ISAAC, Victoria Judith; VIANA, João Paulo. Exploração e manejo dos recursos pesqueiros da Amazônia. **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira**, p. 63-151, 2004.
- BERTELSMEIER, C. et al. Global warming may freeze the invasion of big-headed ants. **Biological invasions**, v. 15, n. 7, p. 1561-1572, 2013.
- BEVERIDGE, Malcolm CM. **Cage aquaculture**. John Wiley & Sons, 2008.
- BEYRUTH, Zuleika et al. Utilização de alimentos naturais por *Oreochromis niloticus* em tanques de terra com arraçoamento. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 30, n. 1, p. 09-24, 2018.
- BLANCHET, S. et al. The disruption of dominance hierarchies by a non-native species: an individual-based analysis. **Oecologia**, v. 152, n. 3, p. 569-581, 2007..

_____. The interaction of interspecific competition and environmental variability on the diel activity of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 65, p. 1545-1553, 2008.

BOMBARDELLI, Robie Allan; SYPERRECK, Mirna Adriane; SANCHES, Eduardo Antônio. Situação atual e perspectivas para o consumo, processamento e agregação de valor ao pescado. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 8, n. 2, 2005.

BRABO, Marcos Ferreira et al. Viabilidade econômica da piscicultura em tanques-rede no reservatório da usina hidrelétrica de Tucurí, Estado do Pará. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2013.

_____. Potencial invasor de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em microbacias hidrográficas do Nordeste paraense, Amazônia, Brasil. **Magistra**, v. 27, n. 2, p. 227-234, 2015.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA. Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2008-2009. Brasília, 2009.

_____. Consumo de pescado no Brasil aumenta 23,7% em dois anos. Disponível em:

<<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2013/10/consumo-de-pescado-nobrasil-aumenta-23-7-em-dois-anos>>. Acesso em: 19 jul. 2019.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Mapas com situação das solicitações de espaço físico de águas da União para fins de aquicultura. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/aquicultura-e-pesca/aquicultura-em-aguas-da-uniao> Acesso em: 18 de Novembro de 2019.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Semana do Pescado 2019. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/pescados/2019/7deg-ro/semana-do-pescado-2019.pdf>> Acesso em: 28 de Novembro de 2019.

BRASIL; BRASIL. Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional-SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. Diário Oficial da União, v. 143, n. 179, 2006.

BOARD, Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis. 2005.

CANONICO, Gabrielle C. et al. The effects of introduced tilapias on native biodiversity. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 15, n. 5, p. 463-483, 2005.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro. Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros, Texto para Discussão, No. 1606, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília. 2011.

CUCHEROUSSET, Julien; OLDEN, Julian D. Ecological impacts of nonnative freshwater fishes. **Fisheries**, v. 36, n. 5, p. 215-230, 2011.

CULTURAL, ACEB–Associação; BRASIL, Educacional. 1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura. 2014.

DA COSTA, Tiago Viana et al. Aspectos do consumo e comércio de pescado em Parintins. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 39, n. 1, p. 63-75, 2013.

JÚNIOR, P. M.; SIQUEIRA, M. F. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista. **Megadiversidade**, v. 5, n. 1-2, p. 65-76, 2009.

ELER, Márcia Noélia; MILLANI, Thiago José. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. suplemento especial, 2007.

EL-SAYED, Abdel-Fattah M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis spp.* **Aquaculture**, v. 179, n. 1-4, p. 149-168, 1999.

ELITH, Jane; LEATHWICK, John R. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, v. 40, p. 677-697, 2009.

ELVIRA, Benigno. Identification of non-native freshwater fishes established in Europe and assessment of their potential threats to the biological diversity. In: **Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, Strasbourg.(Bern\T-PVS 2001\tpvs06e_2001)**. 2001.

EMATER. Iniciando a criação de peixes na prática. 2015. Disponível em: <http://www.emater.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/na_pratica_criacao_peixes.pdf> Acesso em: 15 de novembro de 2019.

FAO – Fisheries and Aquaculture topics. Fish and seafood utilization. Topics Fact Sheets. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/> Acesso em: 23 de Novembro de 2019.

_____. 2014b. Perdas e desperdícios de alimentos na América Latina e no Caribe. Disponível em: <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/> Acesso em: 28 de novembro de 2019.

_____. 2019a. FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2017/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2017/ FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2017. Rome/Roma.

_____. 2019b. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Roma.

_____. Food and agriculture organization of the United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Part 1: World Review of Fisheries and Aquaculture. Rome. 2006.

_____. Food and agriculture organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture: opportunities and challenges. ROME. 2014

FARIA, Regina HS et al. Manual de criação de peixes em viveiro. **Brasília: Codevasf**, p. 136, 2013.

FISK, Debra L. et al. Rapid evolution in response to introduced predators I: rates and patterns of morphological and life-history trait divergence. **BMC Evolutionary Biology**, v. 7, n. 1, p. 22, 2007.

GAMA, Cecile de S. A criação de tilápia no estado do Amapá como fonte de risco ambiental. *Acta Amazônica*, v. 38, n. 3, 2008.

GIANNINI, Tereza Cristina. Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. *Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro*, v. 63, n. 3, 2012.

HENRY-SILVA, Gustavo Gonzaga; CAMARGO, Antonio F. M. Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas – relato de caso. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 1, p. 163-173, 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. – Pesquisa de Orçamento Familiar 2008-2009. 2011. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9050-pesquisa-de-orcamentos-familiares.html>> Acesso em: 12 de Janeiro de 2019.

_____. Pesquisa da Pecuária Municipal 2017. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>>. Acesso em 30 de Outubro de 2019.

_____. Pesquisa da Pecuária Municipal 2018. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>>. Acesso em 30 de Outubro de 2019.

_____. Estimativas da População 2019. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>> Acesso em: 05 de Outubro de 2019.

ISAAC, Victoria J.; DE ALMEIDA, Morgana C. El consumo de pescado en la Amazonía brasileña. **COPESCAL. Documento Ocasional**, n. 13, p. I, 2011.

JIMÉNEZ-VALVERDE, Alberto et al. Use of niche models in invasive species risk assessments. **Biological invasions**, v. 13, n. 12, p. 2785-2797, 2011.

JUNIOR, Dilermando Pereira Lima et al. Aquicultura, política e meio ambiente no Brasil: Novas propostas e velhos equívocos. *Nat Conservação*, v. 10, n. 1, p. 88-91, 2012.

KEPPLE, Ane W. et al. O estado da segurança alimentar e nutricional no Brasil: um retrato multidimensional. **Brasília: FAO, Relatório**, 2014.

KITCHELL, James F. et al. The Nile perch in Lake Victoria: interactions between predation and fisheries. **Ecological Applications**, v. 7, n. 2, p. 653-664, 1997.

KUBITZA, Fernando. Aquicultura no Brasil. **Panorama da Aquicultura**, v. 25, p. 10-23, 2015.

LATINI, A. O. et al. Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil. **Brasília: MMA**, p. 791, 2016.

LEUNDA, Pedro M. et al. Impacts of non-native fishes on Iberian freshwater ichthyofauna: current knowledge and gaps. **Aquatic Invasions**, v. 5, n. 3, p. 239-262, 2010.

LIMA, Luciano B. et al. Expansion of aquaculture parks and the increasing risk of non-native species invasions in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, v. 10, n. 1, p. 111-122, 2018.

LITI, David et al. Growth and economic performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed on two formulated diets and two locally available feeds in fertilized ponds. **Aquaculture Research**, v. 36, n. 8, p. 746-752, 2005.

LODGE, David M. et al. Predicting impact of freshwater exotic species on native biodiversity: challenges in spatial scaling. **Australian journal of ecology**, v. 23, n. 1, p. 53-67, 1998.

LOPES, Ivã Guidini; DE OLIVEIRA, Renan Gracia; RAMOS, Fabrício Menezes. Perfil do consumo de peixes pela população brasileira. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 6, n. 2, p. 62-65, 2016.

LOPES, Jackelline Cristina Ost. *Piscicultura*. 2012.

LOWE, Sarah et al. **100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database**. Auckland: Invasive Species Specialist Group, 2000.

MACIEL, Érika da Silva; GALVÃO, Juliana Antunes; OETTERER, Marília. A complexa avaliação do consumo de pescado. **Visão agrícola**, v. 8, n. 11, p. 148-149, 2012.

MARTIN, Charles W.; VALENTINE, Marla M.; VALENTINE, John F. Competitive interactions between invasive Nile tilapia and native fish: the potential for altered

trophic exchange and modification of food webs. **PLoS One**, v. 5, n. 12, p. e14395, 2010.

MINOZZO, M. G.; HARACEMIV, S. M. C.; WASZCZYNSKYJ, N. Perfil dos consumidores de pescado nas cidades de São Paulo (SP), Toledo (PR) e Curitiba (PR) no Brasil. **Revista da SPCNA, [S. I.]**, v. 11, n. 3, p. 133-140, 2008.

NAYLOR, Rosamond L et al. Aquaculture--A gateway for exotic species. 2001.

OLIVEIRA SARTORI, Alan Giovanini; AMANCIO, Rodrigo Dantas. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Segurança alimentar e nutricional**, v. 19, n. 2, p. 83-93, 2012.

ONU. United Nations, 2019. World Population Prospects 2019 – Volume I: Comprehensive Tables

ORSI, Mário L.; AGOSTINHO, A. A. Introdução de espécies de peixes por escapes acidentais de tanques de cultivo em rios da Bacia do Rio Paraná, Brasil. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 16, n. 2, p. 557-560, 1999.

ORTEGA, Jean CG et al. Fish farming as the main driver of fish introductions in Neotropical reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 746, n. 1, p. 147-158, 2015.

PEARSON, Richard G. Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners. Synthesis. American Museum of Natural History, v. 50, p. 54-89, 2007.

PEIXEBR. Anuário Peixe BR da piscicultura 2018. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultura, 2018.

PERRY, Jim A.; VANDERKLEIN, E. Water Quality in Natural Resource Management. 1996.

PETERSON, A. Townsend. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. **The quarterly review of biology**, v. 78, n. 4, p. 419-433, 2003.

PHILLIPS, Ben L.; SHINE, Richard. Adapting to an invasive species: toxic cane toads induce morphological change in Australian snakes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. 49, p. 17150-17155, 2004.

_____. An invasive species induces rapid adaptive change in a native predator: cane toads and black snakes in Australia. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 273, n. 1593, p. 1545-1550, 2006.

PHILLIPS, Steven J.; ANDERSON, Robert P.; SCHAPIRE, Robert E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological modelling**, v. 190, n. 3-4, p. 231-259, 2006.

PHILLIPS, Steven J.; DUDÍK, Miroslav. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography**, v. 31, n. 2, p. 161-175, 2008.

PICKLER, Eduardo; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. DESENVOLVIMENTO E POTENCIAL DA TILAPICULTURA NO BRASIL. **Brazilian Review of Economics & Agribusiness/Revista de Economia e Agronegócio**, v. 16, n. 2, 2018.

POULIN, R. et al. Biological invasions and the dynamics of endemic diseases in freshwater ecosystems. **Freshwater Biology**, v. 56, n. 4, p. 676-688, 2011.

R Development Core Team (2009). R: A Language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

RANA, J. K. **Guidelines on the collection of structural aquaculture statistics. Supplement to the Programme for the World Census of Agriculture 2000**. FAO, 1998.

RATH, Rajendra Kumar. **Freshwater aquaculture**. Scientific Publishers, 2018.

RHYMER, Judith M.; SIMBERLOFF, Daniel. Extinction by hybridization and introgression. **Annual review of ecology and systematics**, v. 27, n. 1, p. 83-109, 1996.

ROURA-PASCUAL, Núria et al. Consensual predictions of potential distributional areas for invasive species: a case study of Argentine ants in the Iberian Peninsula. **Biological Invasions**, v. 11, n. 4, p. 1017-1031, 2009.

RStudio Team (2015). RStudio: Integrated Development for R. Rstudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

SALA, Osvaldo E. et al. Global biodiversity scenarios for the year 2100. **science**, v. 287, n. 5459, p. 1770-1774, 2000.

SANCHES, Fabio Henrique Carretero et al. Aggressiveness overcomes body-size effects in fights staged between invasive and native fish species with overlapping niches. **PLoS One**, v. 7, n. 1, p. e29746, 2012.

SANDOVAL JR, P. **Manual de criação de peixes em tanques-rede**. Codevasf, 2009.

SAX, Dov F. et al. Ecological and evolutionary insights from species invasions. **Trends in ecology & evolution**, v. 22, n. 9, p. 465-471, 2007.

SCHRAML, E. Die Artenvielfalt der Fische in Ugandas Gewässern. **Beiträge zur Kenntnis der Fischfauna Ugandas. CichlidenGesellschaft Informationen, Sonderheft**, v. 3, p. 2-48, 2004.

SCHULTER, Eduardo Pickler; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. **Evolução da piscicultura no Brasil: Diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. Texto para Discussão, 2017.

SEARCHINGER, Tim et al. Creating a Sustainable Food Future-A Menu of Solutions to Feed Nearly 10 Billion People by 2050. **World Resources Institute**, 2019.

SEEGERS, Lothar. The fishes of the Lake Rukwa drainage. **Annales-Musee Royal de l'Afrique Centrale. Sciences Zoologiques (Belgium) ISSN 0770-4666**, 1996.

SIMBERLOFF, Daniel et al. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. **Trends in ecology & evolution**, v. 28, n. 1, p. 58-66, 2013.

SOUZA, Marcos Antônio de. A piscicultura em tanques-rede como vetor do desenvolvimento local sustentável?: o caso do Açude Castanhão-CE. 2010.

TEIXEIRA, R. N. G. et al. Piscicultura em tanques-rede. Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E), 2009.

TOCANTINS. Resolução COEMA nº 88 de 05 de Dezembro de 2018. Disponível em <<https://central3.to.gov.br/arquivo/422943/>> Acesso em: 15 de Novembro de 2019.

TROCA, Débora Fernanda Avila; VIEIRA SOBRINHO, João Paes. Potencial invasor dos peixes não nativos cultivados na região costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. 2012.

VALENTI, Wagner Cotroni. Aquicultura sustentável. In: **Congresso de Zootecnia**. 2002. p. 111-118.

VICENTE, I. S. T. et al. Impact of introduced Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on non-native aquatic ecosystems. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 16, n. 3, p. 121-126, 2013.

VILLEMANT, Claire et al. Predicting the invasion risk by the alien bee-hawking Yellow-legged hornet *Vespa velutina nigrithorax* across Europe and other continents with niche models. **Biological Conservation**, v. 144, n. 9, p. 2142-2150, 2011.

VITULE, Jean Ricardo Simões. Introduction of fishes in Brazilian continental ecosystems: Review, comments and suggestions for actions against the almost invisible enemy. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 4, n. 2, p. 111-122, 2009.

_____. PRODOCIMO, Viviane. Introdução de espécies não nativas e invasões biológicas. **Estudos de Biologia**, v. 34, n. 83, 2012.

VENTER, Oscar et al. Global terrestrial Human Footprint maps for 1993 and 2009. **Scientific data**, v. 3, p. 160067, 2016a.

_____. Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. **Nature Communications**, v. 7, p. 12558, 2016b.

WELCOMME, Robin L. (Ed.). **International introductions of inland aquatic species**. Food & Agriculture Org., 1988.

12. APÊNDICE

APÊNDICE A – ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A PRODUÇÃO DA *COPTODON RENDALLI*

Tabela 1 - Municípios selecionados como áreas prioritárias para Tilápia-do-Congo

Município	Estado	Déficit de Consumo de Pescado (kg)	Produção de Tilápias (kg)
Americana	SP	2.408.109	0
Atibaia	SP	1.436.038	5505
Barueri	SP	2.755.384	0
Belford Roxo	RJ	4.355.262	0
Campinas	SP	12.127.219	0
Carapicuíba	SP	4.048.293	0
Colombo	PR	2.556.998	0
Curitiba	PR	20.354.753	0
Diadema	SP	4.275.006	0
Duque de Caxias	RJ	7.829.862	7700
Embu das Artes	SP	2.750.682	0
Ferraz de Vasconcelos	SP	1.949.881	0
Florianópolis	SC	4.946.038	5250
Francisco Morato	SP	1.767.225	0
Franco da Rocha	SP	1.548.110	0
Guarulhos	SP	13.872.070	0
Hortolândia	SP	2.308.997	0
Indaiatuba	SP	2.507.598	0
Ipatinga	MG	2.774.167	1800
Itaboraí	RJ	2.043.945	0
Itapecerica da Serra	SP	1.763.813	0
Itapevi	SP	2.380.079	0
Itaquaquecetuba	SP	3.722.367	0
Jacareí	SP	2.354.801	58000
Jandira	SP	1.254.073	0
Jundiaí	SP	4.212.810	0
Magé	RJ	2.086.435	45200
Mauá	SP	4.754.511	0
Nilópolis	RJ	1.389.509	0
Niterói	RJ	4.382.424	0
Nova Iguaçu	RJ	7.012.027	2500
Osasco	SP	7.077.209	0
Pinhais	PR	1.388.587	0
Ribeirão Pires	SP	1.245.197	0
Ribeirão Preto	SP	7.053.687	0
Rio de Janeiro	RJ	57.277.282	0
Santana de Parnaíba	SP	1.386.467	0
São Caetano do Sul	SP	1.627.753	0
São Gonçalo	RJ	9.228.234	0
São João de Meriti	RJ	4.040.777	0
São José	SC	2.437.287	0
São José do Rio Preto	SP	4.633.624	0
São Paulo	SP	123.668.251	0

Tabela 2 - Municípios selecionados como áreas prioritárias para Tilápia-do-Congo (continuação)

Município	Estado	Déficit de Consumo de Pescado (kg)	Produção de Tilápias (kg)
Sorocaba	SP	6.816.565	0
Sumaré	SP	2.829.167	0
Suzano	SP	2.992.344	0
Taboão da Serra	SP	2.900.249	0
Valinhos	SP	1.291.061	0
Várzea Paulista	SP	1.224.529	0
Vila Velha	ES	4.692.880	0
Vitória	ES	3.457.993	0
Volta Redonda	RJ	2.329.119	0

Elaborado pelo autor

APÊNDICE B – ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A PRODUÇÃO DA *OREOCHROMIS NILOTICUS*

Tabela 2 - Municípios selecionados como áreas prioritárias para Tilápia-do-Nilo

Municípios	Estado	Déficit de Consumo de Pescado (kg)	Produção de Tilápias (kg)
Águas Lindas de Goiás	GO	2.229.109	40000
Alvorada	RS	2.176.234	0
Americana	SP	2.408.109	0
Aparecida de Goiânia	GO	6.092.527	0
Aracaju	SE	3.911.155	0
Atibaia	SP	1.436.038	5505
Balneário Camboriú	SC	1.391.898	0
Barueri	SP	2.755.384	0
Belford Roxo	RJ	4.355.262	0
Belo Horizonte	MG	26.554.229	0
Betim	MG	4.591.784	0
Cachoeirinha	RS	1.345.051	0
Camaragibe	PE	1.364.857	0
Campinas	SP	12.127.219	0
Canoas	RS	3.588.243	0
Carapicuíba	SP	4.048.293	0
Colombo	PR	2.556.998	0
Contagem	MG	6.996.028	3100
Cubatão	SP	1.317.843	0
Curitiba	PR	20.354.753	0
Diadema	SP	4.275.006	0
Duque de Caxias	RJ	7.829.862	7700
Embu das Artes	SP	2.750.682	0
Ferraz de Vasconcelos	SP	1.949.881	0
Florianópolis	SC	4.946.038	5250
Fortaleza	CE	17.273.619	0
Francisco Morato	SP	1.767.225	0
Franco da Rocha	SP	1.548.110	0
Goiânia	GO	16.101.264	6000
Guarulhos	SP	13.872.070	0
Hortolândia	SP	2.308.997	0
Ibirité	MG	1.900.244	0
Indaiatuba	SP	2.507.598	0
Ipatinga	MG	2.774.167	1800
Itaboraí	RJ	2.043.945	0
Itapeçerica da Serra	SP	1.763.813	0
Itapevi	SP	2.380.079	0
Itaquaquetuba	SP	3.722.367	0
Jaboatão dos Guararapes	PE	6.075.014	0

Tabela 2 - Municípios selecionados como áreas prioritárias para Tilápia-do-Nilo (Continuação)

Municípios	Estado	Déficit de Consumo de Pescado (kg)	Produção de Tilápias (kg)
Jacareí	SP	2.354.801	58000
Jandira	SP	1.254.073	0
Jundiaí	SP	4.212.810	0
Lauro de Freitas	BA	1.638.798	0
Magé	RJ	2.086.435	45200
Maracanaú	CE	1.477.746	0
Mauá	SP	4.754.511	0
Mesquita	RJ	1.503.834	0
Natal	RN	5.497.537	0
Nilópolis	RJ	1.389.509	0
Niterói	RJ	4.382.424	0
Nova Iguaçu	RJ	7.012.027	2500
Osasco	SP	7.077.209	0
Parnamirim	RN	1.602.287	0
Paulista	PE	2.865.951	0
Pinhais	PR	1.388.587	0
Porto Alegre	RS	15.385.609	45000
Queimados	RJ	1.278.156	0
Recife	PE	14.262.258	0
Ribeirão das Neves	MG	3.514.043	3500
Ribeirão Pires	SP	1.245.197	0
Ribeirão Preto	SP	7.053.687	0
Rio de Janeiro	RJ	57.277.282	0
Salvador	BA	24.001.564	0
Santa Luzia	MG	2.315.630	0
Santana de Parnaíba	SP	1.386.467	0
Santo André	SP	7.272.803	0
São Caetano do Sul	SP	1.627.753	0
São Gonçalo	RJ	9.228.234	0
São João de Meriti	RJ	4.040.777	0
São José	SC	2.437.287	0
São José do Rio Preto	SP	4.633.624	0
São Leopoldo	RS	2.443.919	4306
São Paulo	SP	123.668.251	0
Sapucaia do Sul	RS	1.459.515	3950
Senador Canedo	GO	1.208.091	19000
Sorocaba	SP	6.816.565	0
Sumaré	SP	2.829.167	0
Suzano	SP	2.992.344	0
Taboão da Serra	SP	2.900.249	0
Valinhos	SP	1.291.061	0
Valparaíso de Goiás	GO	1.773.243	0

Tabela 2 - Municípios selecionados como áreas prioritárias para Tilápia-do-Nilo (Continuação)

Municípios	Estado	Déficit de Consumo de Pescado (kg)	Produção de Tilápias (kg)
Várzea Paulista	SP	1.224.529	0
Vila Velha	ES	4.692.880	0
Vitória	ES	3.457.993	0
Volta Redonda	RJ	2.329.119	0

Elaborado pelo autor