

Análise espacial de eventos pontuais para estimar o potencial produtivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Spatial analysis of point events to estimate the productive potential of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Análisis espacial de eventos puntuales para estimar el potencial produtivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Recebido: 31/08/2020 | Revisado: 07/09/2020 | Aceito: 09/09/2020 | Publicado: 10/09/2020

Humberto Rodrigues Francisco

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4046-8321>

Universidade do Oeste do Paraná, Brasil.

E-mail: humberto.francisco@uffs.edu.br

Anderson Coldebella

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6615-7583>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná, Brasil

E-mail: anderson.coldebella@ifpr.edu.br

Arlindo Fabrício Corrêia

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8020-5425>

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Brasil

E-mail: afcorreia.pr@gmail.com

Aldi Feiden

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6823-9291>

Universidade do Oeste do Paraná, Brasil

E-mail: aldifeiden@gmail.com

Resumo

Devido ao crescimento da produção de tilápia e adaptabilidade a diferentes condições de criação, aos avanços da tecnologia e da sua aceitabilidade por parte do consumidor, esta pode ser uma alternativa viável para os pequenos e médios produtores rurais para o aumento da renda e diversificação da produção. Este trabalho teve como objetivo estimar o potencial de produção da tilápia do Nilo, em viveiros escavados, através de análise espacial utilizando Sistema de Informação Geográfica (SIG). Foram escolhidos 3 municípios localizados na região centro-sul do estado do Paraná, Brasil, os quais não são considerados produtores de tilápia. Utilizou-se

imagens de satélite por meio do *software* QGIS para realizar o mapeamento dos viveiros escavados, o que possibilitou estimar o potencial produtivo do pescado, levando-se em consideração no cálculo uma produtividade média de 54 t/ha/ano. Por fim, utilizou-se a técnica da elipse de distribuição direcional, a fim de identificar o comportamento da distribuição espacial dos viveiros, proporcionando o conhecimento na sua densidade e orientação. Os resultados mostraram que para obter a melhor produção da tilápia é necessário trabalhar com uma margem segura de aproximadamente 300 dias para engorda dos peixes, justamente por respeitar o clima regional ao longo do ano e principalmente nos meses de inverno, onde ocorre menor incremento de peso na espécie. Ainda, estimou-se que há possibilidade de a região abater 34,12 t/peixe/dia, em condições padronizadas, o que é considerada uma produção relevante em relação aos dados de produção nacional, apresentados nos últimos anos pelos órgãos oficiais.

Palavras-chave: *Software* QGIS; Sistemas de informações geográfica; Estimativa de densidade *kernel*; Distribuição direcional; Aquicultura.

Abstract

Due to the growth of tilapia production and adaptability to different breeding conditions, to advances in technology and its acceptability by the consumer, this can be a viable alternative for small and medium-sized rural producers to increase income and diversify production. This work aimed to estimate the production potential of Nile tilapia, in ground-excavated ponds, through spatial analysis using Geographic Information System (GIS). Three municipalities located in the center-south region of the state of Paraná, Brazil, were chosen, which are not considered producers of tilapia. Satellite images were used through the QGIS software to map the ground-excavated ponds, which made it possible to estimate the productive potential of the fish, taking into account in the calculation an average productivity of 54 t/ha/year. Finally, the ellipse technique of directional distribution was used in order to identify the behavior of the spatial distribution of the ponds, providing the knowledge in its density and orientation. The results showed that to obtain the best tilapia production it is necessary to work with a safe margin of approximately 300 days to fatten the fish, precisely because it respects the regional climate throughout the year and especially in the winter months, where there is less weight increase in the species. Also, it was estimated that there is the possibility that the region will slaughter 34.12 t/fish/day, under standardized conditions which is considered a relevant production, in relation to the national production data presented in recent years by official agencies.

Keywords: QGIS software; Geographic information systems; Kernel density estimation; Directional distribution; Aquaculture.

Resumen

Debido al crecimiento de la producción de tilapia y la adaptabilidad a las diferentes condiciones de creación, los avances tecnológicos y su aceptabilidad por parte del consumidor, esta puede ser una alternativa viable para los pequeños y medianos productores rurales para aumentar los ingresos y diversificar la producción. Este trabajo tuvo como objetivo estimar el potencial de producción de la tilapia del Nilo, en viveros excavados, a través de análisis espacial utilizando Sistema de Información Geográfica (SIG). Fueron elegidos 3 municipios ubicados en la región centro-sur del estado de Paraná, Brasil, los cuales no son considerados productores de tilapia. Se utilizó imágenes de satélite por medio del software QGIS para realizar el mapeo de los viveros excavados, lo que permitió estimar el potencial productivo del pescado, teniendo en cuenta en el cálculo una productividad media de 54 t/ha/año. Finalmente, se utilizó la técnica de la elipse de distribución direccional para identificar el comportamiento de la distribución espacial de los viveros, proporcionando el conocimiento en su densidad y orientación. Los resultados mostraron que para obtener la mejor producción de tilapia es necesario trabajar con un margen seguro de aproximadamente 300 días para el engorde de los peces, precisamente porque se respeta el clima regional durante todo el año y principalmente en los meses de invierno, donde se produce un menor aumento de peso de la especie. Además, se estimó que la posibilidad de que la región sacrifique 34,12 t/pescado/día, en condiciones estandarizadas lo que se considera una producción relevante en relación con los datos de producción nacional, presentados en los últimos años por los organismos oficiales.

Palabras clave: Software QGIS; Sistemas de información geográfica; Estimación de la densidad kernel; Distribución direccional; Acuicultura.

1. Introdução

A aquicultura é uma atividade que têm como meta a reprodução e o crescimento de organismos aquáticos em ambientes controlados ou semi-controlados, tendo como intuito final o lucro (Boyd & Queiroz, 2001). A piscicultura é um ramo da aquicultura, sendo considerada uma atividade estabelecida, pois possui um amplo potencial de crescimento. Esta atividade é caracterizada por uma área composta por uma lâmina d'água retida, com controle de entrada e saída da água. Estas também são conhecidas como: viveiro, tanque, açude, alagado, reservatório

ou unidades produtivas (Francisco et al., 2019). O sistema de criação em viveiros escavados pode ser classificado como extensivo, semi-intensivo e intensivo, e o que os diferenciam é o grau de tecnificação, entre outros aspectos que otimizem o manejo (Crepaldi et al., 2006; Maranhão, 2013).

Desta forma, a piscicultura pode ser uma alternativa viável para o pequeno e médio produtor para a diversificação rural, permitindo aos produtores melhorarem suas rendas e qualidade de vida. No entanto, a produção precisa ser organizada e incentivada por políticas públicas (Francisco et al., 2019), através de um enfoque integrador de atividades agrícolas e não agrícolas, no qual as políticas públicas devem se utilizar de diferentes instrumentos econômicos e sociais, a fim de prosperar um modelo de desenvolvimento rural (Balsadi, 2001).

Nas últimas décadas a atividade piscícola vem crescendo em todo o mundo e principalmente no Brasil, devido, provavelmente, a aplicação de tecnologias inovadoras, capazes de potencializar os resultados, e ainda, podendo ser administrada de forma sustentável e com custo de investimento relativamente reduzido, quando comparada a outros setores do segmento agropecuário. Entre todos os estados federativos brasileiros, o Paraná vem dominando a cadeia produtiva de pescado desde 2016, sendo que, somente a tilápia representou cerca de 95% do volume de produção em 2018 (IBGE, 2018).

Com isso, a tilápia do Nilo vêm se destacando em termos de crescimento de produção, devido, provavelmente, a sua resistência à variação de temperatura e pH, a baixos teores de oxigênio, facilidade de reprodução e adaptação ao manejo, quando comparada as demais espécies de peixes (Higuchi et al., 2013; Kubitzka, 2015). Ainda apresenta facilidade de extração de filé, sendo este a principal forma de comercialização, por apresentar carne de excelente qualidade com boa aceitação pelo consumidor (IBGE, 2018; de Brito et al., 2017). Segundo Higuchi et al., (2013), devido a maioria ser de origem africana, as tilápias se adaptaram, sobretudo, em países de clima subtropical e tropical favoráveis à sua criação e desempenho.

Estas qualidades somadas ao aprimoramento das tecnologias de manejo fizeram com que a tilapicultura alcançasse posição de destaque no *ranking* mundial da produção de pescado, sendo a tilápia do Nilo a quarta espécie de peixe mais produzida, representando, em 2016, 8% do total da produção mundial de pescado (FAO, 2018). A produção atingiu a marca de 4,2 milhões de toneladas em 2016, o que representou um acréscimo na produção de 14,2% em relação à 2014 (FAO, 2018).

Nesta perspectiva, o uso de Sistemas de Informações Geográficas tornou-se ferramentas úteis na pesquisa, mediante a manipulação e análise espacial no tratamento dos dados geográficos relacionados à atividade. Desta forma, o SIG pode auxiliar no planejamento e na

tomada de decisão, em diversos processos produtivos, devido a possibilidade de realizar a integração de dados espaciais e de atributos, numa única base de dados georreferenciados (Francisco & Imai, 2003). Neste contexto, a utilização de *softwares* livres democratizou a utilização destas ferramentas, uma vez que muitos setores trabalham com a premissa da otimização do uso dos recursos financeiros, sendo o uso do *software* QGIS, considerado uma boa alternativa (Francisco et al., 2019). Estas tecnologias proporcionam o armazenamento das informações que podem ser modificadas e atualizadas constantemente, sendo esta uma característica desejável para diversos órgãos que trabalham com planejamento.

Contudo as geotecnologias oferecem bons recursos para todo o tipo de produção e também pela possibilidade de redução de custos, como exemplo: a possibilidade em utilizar imagens de alta resolução, podendo ser obtidas gratuitamente, o que pode diminuir o tempo e o custo necessário para a execução de um levantamento de campo e ainda proporcionar o aumento da absorção dos produtos no mercado, além da disponibilização das informações para a tomada de decisão dos gestores.

O estimador de densidade *Kernel* já foi utilizado para estimar a concentração de condomínios fechados no município de Dourados-MS (Brasil) (Filho et al., 2020), bem como, para monitorar e compreender o comportamento das queimadas em Paragominas-PA (Brasil) (Botelho et al., 2020), entre outras aplicações. Neste trabalho sugere-se o uso desta metodologia na área de piscicultura.

Com isso, o objetivo do trabalho foi estimar o potencial produtivo de tilápia do Nilo, através da análise espacial em SIG, por meio do mapeamento realizado dos viveiros escavados instalados, em uma área não produtora do pescado.

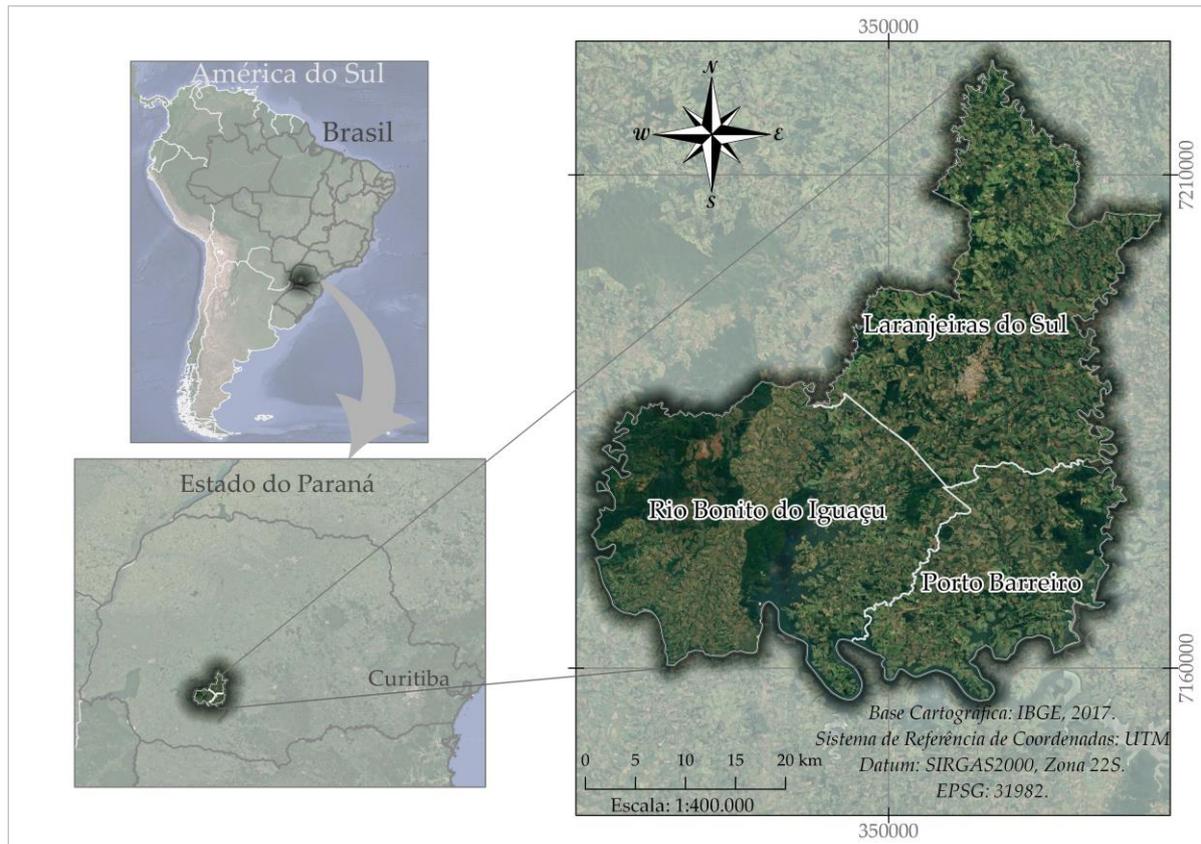
2. Metodologia

2.1. Caracterização da área de estudo

A área estudada está localizada na microrregião de Guarapuava no centro-sul do estado do Paraná, Brasil, contemplando os municípios de: Laranjeiras do Sul, Rio Bonito do Iguçu e Porto Barreiro, conforme mostra a Figura 1.

Segundo o IBGE, (2019b), somados, os três municípios possuem uma população estimada de 48.579 pessoas, e uma área aproximada de 1.800 km².

Figura 1. Localização geográfica da área de estudo no contexto da América do Sul e no estado do Paraná.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Estes municípios, apresentam baixa produção de pescado em viveiros escavados, por isso metas devem ser definidas e estimuladas para que a piscicultura possa propiciar como alternativa o aumento de renda e melhoria da qualidade de vida dos produtores rurais e suas famílias para tornar a atividade sustentável e rentável.

2.2. Software

Os dados espaciais foram analisados em uma plataforma SIG usando o *software* QGIS versão 3.4.8 Madeira, de licença livre, código aberto e de interface intuitiva.

Nele foi inserido e manipulado a distribuição espacial dos fenômenos em estudo de forma explícita, no qual a organização das informações em seu banco de dados foi realizada através de Plano de Informações (PI's), podendo ser manipulados por operadores lógicos e matemáticos.

2.3. Escolha do pescado

A tilápia do Nilo teve um aumento na produção no estado do Paraná (Tabela 1), crescendo 32% em 2017, de 69.927 t para 92.337 t e 25% em 2018, atingindo uma produção de 115.231 t (IBGE, 2018). Portanto, a tilápia foi escolhida pela combinação de alguns fatores: por possuir um ótimo aproveitamento produtivo; ter grande aceitação no mercado consumidor doméstico com potencial de crescimento; por se ajustar a diferentes sistemas de criação, qualidade de água e clima e, principalmente, por já dispor de um pacote tecnológico desenvolvido para a espécie, o que permitirá, principalmente ao pequeno e médio produtor o acesso a uma atividade rentável (Crepaldi et al., 2006). Não obstante, os autores enfatizam que a variável ainda mais importante está na escolha da espécie em função do mercado.

A Tabela 1 apresenta a produção de tilápia por unidade da federação, identificando os estados com maior participação nessa atividade econômica.

Tabela 1. Produção da tilápia do Nilo por unidade da Federação, Brasil, nos anos de 2016, 2017 e 2018.

| Rank | Unidade Federativa | Ano vs. Produção (t) | | |
|--------------|---------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| | | 2016 | 2017 | 2018 |
| 1° | Paraná | 69.926,57 | 92.336,62 | 115.231,16 |
| 2° | São Paulo | 42.810,87 | 42.788,20 | 46.323,75 |
| 3° | Minas Gerais | 30.973,18 | 28.997,61 | 33.117,31 |
| 4° | Santa Catarina | 26.626,23 | 24.155,42 | 23.485,73 |
| 5° | Pernambuco | 6.529,93 | 20.529,66 | 20.522,33 |
| 6° | Mato Grosso do Sul | 5.296,15 | 10.817,86 | 12.448,60 |
| 7° | Ceará | 17.365,74 | 10.204,12 | 11.122,15 |
| 8° | Bahia | 10.786,29 | 15.638,12 | 11.106,81 |
| 9° | Goiás | 8.617,05 | 9.519,58 | 9.291,50 |
| 10° | Alagoas | 3.017,24 | 6.792,57 | 5.974,94 |
| 11° | Piauí | 2.032,07 | 1.978,99 | 4.100,44 |
| 12° | Espírito Santo | 5.248,84 | 3.662,24 | 3.928,39 |
| 13° | Rio Grande do Sul | 2.908,39 | 3.077,26 | 3.890,59 |
| 14° | Maranhão | 1.010,37 | 2.755,14 | 2.440,70 |
| 15° | Rio Grande do Norte | 2.335,49 | 2.122,92 | 2.371,99 |
| 16° | Paraíba | 2.107,30 | 2.338,17 | 2.286,98 |
| 17° | Mato Grosso | 641,51 | 397,73 | 1.709,17 |
| 18° | Rio de Janeiro | 1.140,70 | 1.167,55 | 972,97 |
| 19° | Sergipe | 582,04 | 818,65 | 523,92 |
| 20° | Distrito Federal | 1.065,96 | 738,06 | 277,33 |
| 21° | Pará | 267,08 | 233,26 | 262,76 |
| 22° | Amapá | 49,08 | 54,56 | 63,16 |
| 23° | Acre | 29,25 | 76,84 | 56,84 |
| 24° | Tocantins | 17,30 | 34,10 | 30,76 |
| 25° | Rondônia* | - | - | - |
| 26° | Amazonas* | - | - | - |
| 27° | Roraima* | - | - | - |
| Total | Brasil | 241.384,63 | 281.235,23 | 311.540,28 |

* Zero absoluto. Fonte: (IBGE, 2018). Elaborado pelos autores (2020).

Os dados foram obtidos, por meio da plataforma SIDRA (*Sistema IBGE de Recuperação Automática*), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), oriundos da Pesquisa da

Pecuária Municipal (PPM) de 2016, 2017 e 2018 (IBGE, 2018). Considerou-se para o *ranking* do conjunto de dados a soma da produção do pescado em todos os estados da Federação.

A Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná (SEAB), indicaram que a produção de tilápia nos municípios de Laranjeiras do Sul, Porto Barreiro e Rio Bonito do Iguaçu foram de 45, 19 e 20 toneladas (t), respectivamente, totalizando 84 toneladas de tilápias abatidas ou comercializadas no ano de 2019 (DERAL, 2019). Isto representa uma produtividade extremamente baixa quando comparado a maior região produtora do pescado no Brasil, o oeste do Estado do Paraná, onde somente o município de Toledo, apresenta um abate diário de 36,54 toneladas, enquanto a soma dos três municípios chega a um abate de 0.323 t/dia na atualidade (DERAL, 2019).

A partir dessas informações, considerou-se para este trabalho, que toda a criação de tilápia do Nilo estivesse sendo realizada em ambientes padronizados, isto é, simulando que toda atividade piscícola desenvolvida nos três municípios estivesse baseada em um sistema intensivo de criação. Este sistema é apoiado na capacidade produtiva por meio de tecnificação, ou seja: com fornecimento de ração balanceada, uso de aeradores para fornecimento de oxigênio dissolvido e uma certa renovação de água. Nestas condições, independentemente do tamanho do viveiro, a criação intensiva da tilápia pode ser realizada com densidade de 5 peixes/m², com peso final de 0,9 kg em 300 dias de criação (adaptado de Coldebella et al., 2018), desta forma poderá ser possível realizar uma produção de 1,2 ciclos anuais, totalizando 54 t/ha/ano.

2.4. Aquisição de dados

2.4.1. Construção do banco de dados e mapeamento dos viveiros escavados

Antes de iniciar a vetorização dos viveiros escavados, foi construído um banco de dados para a camada Viveiros contendo os seguintes campos: nome do município (Nome); número de identificação da feição (Id); código da unidade federativa (41); número de localização do município no estado (Geocodigo); área das feições vetorizadas (Área_m²); coordenadas planas UTM (Coord_X e Coord_Y); um campo com o valor estimado do potencial produtivo em toneladas (Prod_ton) e um raio de influência (Raio/5).

Os viveiros escavados foram definidos de acordo com as seguintes classes de tamanho: Classe-I: áreas entre 1000 e 3.000 m² (Pequeno); Classe-II: áreas maiores de 3.000 até 5.000 m² (Médio); e Classe-III: áreas maiores de 5.000 m² (Grande). Foram excluídas todas as áreas

abaixo de 1000 m², por entender que os mesmos não atendem à demanda de um sistema de produção intensivo.

Para determinar a distribuição espacial dos viveiros escavados utilizou-se dados raster, diretamente no QGIS, por meio do complemento *QuickMapServices*. Este contém um acervo de serviços *Warehouse Management System* (WMS), permitindo carregar camadas raster produzidas por vários provedores de imagens de satélite, possibilitando sua visualização *online*. As imagens utilizadas eram do provedor *Digital Globe*, empresa americana que licencia para o *Google Earth* imagens de satélite de alta resolução espacial. Portanto, foi fundamental a utilização dessas imagens, a fim de distinguir as estruturas típicas de um viveiro escavado na paisagem, conforme Figura 2. Ressalta-se ainda, que o período temporal das imagens utilizadas se referiu as seguintes datas: 10/01/2016; 10/09/2016; 30/09/2016 e 27/10/2016.

Figura 2. Exemplo de viveiro escavado localizado no município de Rio Bonito do Iguçu, Paraná, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A organização e operacionalização desta etapa, ocorreu a partir da construção de uma grade de inspeção, gerada a partir do complemento Criar Grade, disponível no *software* QGIS. O propósito dessa rede quadriculada foi de sistematizar, organizar e facilitar o mapeamento das vetorizações por meio da checagem visual.

2.4.2. Levantamento dos dados climáticos

A região climática, segundo a classificação de *Köppen*, encontra-se sendo do tipo Cfb de clima temperado e com verão ameno (IAPAR, 2019). Os dados referentes a média mensal da temperatura ambiente e da precipitação na região de estudo, foram obtidos da base de dados do IAPAR, durante o período de 1974 a 2007 (IAPAR, 2020).

2.5. Estimativa de Densidade *Kernel* (*Kernel Density Estimation- KDE*)

Este estimador teve como suas primeiras propostas, estudos realizados por Rosenblatt, (1956), e ideias posteriormente generalizadas por Parzen, (1962), o que ficou conhecido como estimador de Rosenblatt-Parzen ou *kernel*. Portanto, consiste num estimador probabilístico de intensidade do processo pontual não paramétrico de função *Kernel* (Carneiro & Albuquerque, 2019), justamente por visar estimar densidades com base em informações locais ao invés de estimar parâmetros globais para modelo de dados (Parzen, 1962). O KDE é um dos métodos mais usuais para a visualização de grandes conjuntos de dados utilizando a feição ponto (Netek et al., 2019). A utilização do algoritmo oferece muitas vantagens na leitura, interpretação e análises de mapas temáticos, cujo resultado da origem a um arquivo raster em tons de cinza (Santos et al., 2017). Ainda, o estimador tem como função suavizar a superfície calculando a densidade para cada área através de interpolação, sem modificar as características e variabilidade do dado.

Assim como em outros *softwares* de SIG livre, a função KDE no QGIS é referida como Mapas de Calor e aplica-se em feições cujos formatos são apenas pontos. Para obtenção dos pontos no centro da camada Viveiros, utilizou-se o comando centroides de polígonos no QGIS, incluindo sua base de dados, extraídas por meio do *plugin Point Sampling Tools*. O KDE foi escolhido para analisar o comportamento desses pontos e estimar a intensidade pontual do processo em toda a área de estudo, realizando uma contagem de todos os pontos dentro de uma região de influência, ponderando-os pela distância de cada um à localização de interesse.

Para executar o algoritmo, alguns ajustes precisaram ser definidos previamente como a escolha da função *kernel* quártico pelo motivo do mesmo ponderar com maior peso os pontos mais próximos do que pontos distantes, porém o decréscimo é gradual; também definiu-se a resolução espacial com o valor de 10 m; e ainda o valor do raio cuja influência dos pontos fosse não homogêneos e variasse a cada ponto. Neste caso, utilizou-se como raio o valor de cada atributo do campo, Área_m² dividido por cinco (Área_m²/5), mantendo a proporcionalidade em relação a área de cada viveiro escavado. Toda essa configuração foi necessária para atribuir os pesos à função *kernel*, de cada ponto, garantindo a amplitude de valores não homogêneos e assim melhorar a visualização dos resultados no PIs (mapa de *kernel*). Descrição do modelo matemático da equação da função *kernel* quártico, poderá ser consultada em (Bertolla et al., 2014).

Logo, a partir desses dados, foi criada a Equação (1), para realizar o cálculo do potencial produtivo estimado (CPPE).

$$CPPE_{\text{tilápia}} = [(54 \text{ t/ha/ano}) * \text{área mapeada em ha}] \quad (1)$$

A Receita Bruta Anual Estimada (RBAE), conforme a característica do produto (inteiro ou filetado), foi calculado pela Equação (2).

$$RBAE_{\text{tilápia}} = \text{Potencial estimado da produção (t)} * \text{preço (R\$ kg}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

Logo após, utilizou-se o algoritmo estimativa de densidade *kernel*, cujo acesso se fez por meio da caixa de ferramentas de processamento do QGIS, a fim de realizar a análise espacial das feições pontuais, no intuito de estimar o potencial produtivo da espécie em cada viveiro escavado, simulando que toda atividade piscícola desenvolvida nos três municípios estivessem baseados em um sistema intensivo de criação.

2.6. Distribuição Direcional dos dados geográficos

Foi utilizada uma técnica de agrupamento no QGIS para auxiliar na determinação de padrões de tendências ou de relações da distribuição espacial, a partir do mapeamento realizado. Esta técnica visa determinar medidas básicas da distribuição espacial de pontos que representam fenômenos sociais ou econômicos da realidade.

Como a feição da unidade espacial mapeada deste trabalho era do tipo polígono, foi preciso convertê-los em feição do tipo pontos. Na sequência, foi utilizado o algoritmo de coordenada média padronizada (Ebdon, 1977) para calcular através da camada de pontos o potencial estimado de produção, estabelecendo o peso, para ser aplicado a cada feição ao calcular o centro de massa das geometrias.

Na sequência, foi utilizado o algoritmo *Standard Deviational Ellipse* (SDE), também conhecido como Distribuição Direcional, para mostrar a direção e a distribuição dos viveiros escavados desenhando uma elipse, ao redor do centro de massa, contendo o equivalente a um desvio-padrão, ou seja, podendo cobrir até 68% dos centroides do espaço analisado (Yuill, 1971). Este algoritmo foi instalado no QGIS e configurado para que o conjunto de dados utilizassem o método de Yuill. Este algoritmo mostra a distribuição espacial em dois sentidos: identificação de aglomerados (densidade) e orientação, proporcionando a distribuição dos dados na sua assimetria.

A elipse foi estabelecida por meio de quatro parâmetros: ângulo de rotação, dispersão ao longo do maior eixo, dispersão ao longo do menor eixo e centro médio (ou centro espacial). O eixo maior define a direção de máxima dispersão da distribuição, enquanto, o menor eixo é perpendicular ao eixo anterior e define a mínima dispersão (Yuill, 1971).

2.7. Padronização dos dados geográficos

Todos os dados espaciais foram reprojatados para o DATUM oficial do Brasil estabelecido pelo IBGE o SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, ano 2000), projeção UTM e fuso 22 Sul. Todos os arquivos *raster* foram convertidos para uma configuração única: resolução espacial com pixel de 30 m, tipo de dados de 8 *bits* não sinalizado e sem valor de dados através de operações realizadas no QGIS.

Tais procedimentos foram executados visando facilitar as operações sobre quantificações métricas e igualar os parâmetros dos dados matriciais para a realização da interpolação do KDE. Todas as bases vetoriais passaram por validação topológica, a fim de manter a integridade e qualidade das informações dos dados espaciais.

3. Resultados e Discussão

3.1. Mapeamento dos viveiros escavados

A partir da construção do banco de dados (Figura 3), foram identificados no mapeamento um total de 672 viveiros escavados em toda área de estudo, representando uma área ocupada de 164,29 ha. Deste total, 75,55, 35,68 e 53,06 hectares (Tabela 2) correspondiam aos municípios de Laranjeiras do Sul, Porto Barreiro e Rio Bonito do Iguaçu, respectivamente.

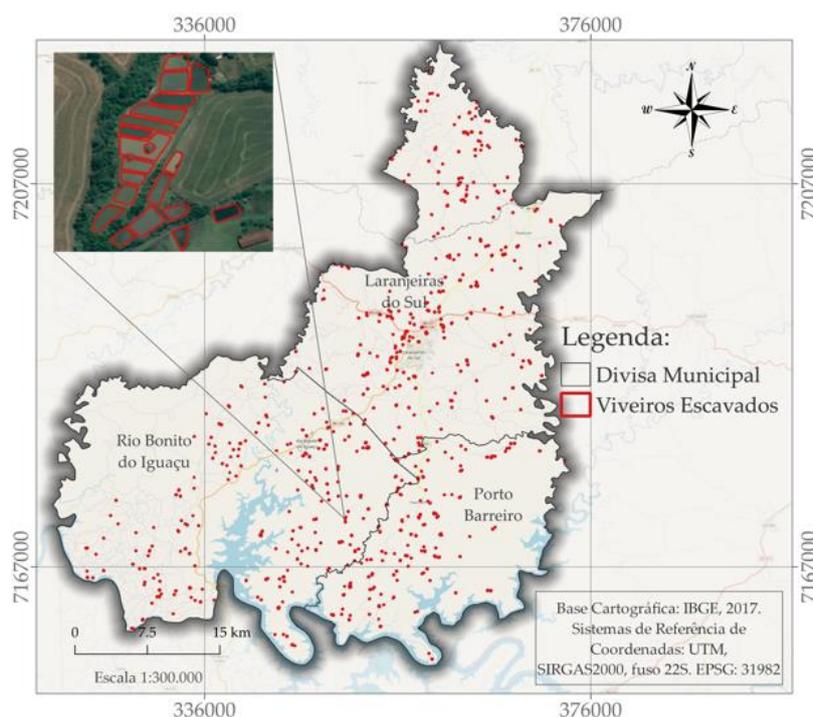
Figura 3. Modelo de registro do banco de dados dos viveiros escavados.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A Figura 4 ilustra a distribuição espacial dos viveiros escavados sobre os seus respectivos municípios.

Figura 4. Viveiros escavados mapeados dentro da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A partir destes dados, pôde-se classificar as unidades mapeadas em pequeno (1.000 a 3.000 m²), médio (3.000 a 5.000 m²) e de grande porte (> 5.000 m²). Porém, constatou-se na Tabela 2 que a predominância total dos viveiros escavados na área de estudo era de pequeno porte, sendo de 236 (35,12%) para Laranjeiras do Sul, 121 (18,01%) para Porto Barreiro e 175 (26,04%) para Rio Bonito do Iguaçu. Para as dimensões de médio porte os valores absolutos e relativos foram de 52 (7,74%), 24 (3,57%) e 31 (4,61%) e para os de grande porte, 14 (2,08%), 7 (1,04%) e 12 (1,79%), respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Dados das unidades mapeadas por classificação de tamanho de cada município.

| Municípios | Frequência: Absoluta/Relativa (%) | | | Total |
|-----------------------------|-----------------------------------|-----------|---------|------------|
| | Pequeno | Médio | Grande | |
| Laranjeiras do Sul | 236/35,12 | 52/7,74 | 14/2,08 | 302/44,94 |
| Porto Barreiro | 121/18,01 | 24/3,57 | 7/1,04 | 152/22,62 |
| Rio Bonito do Iguaçu | 175/26,60 | 31/4,61 | 12/1,79 | 218/32,44 |
| Total | 532/26,04 | 107/15,92 | 33/4,91 | 672/100,00 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Assim sendo, os resultados do mapeamento demonstram estar de acordo com a realidade regional, pois tem a produção agrícola, como a principal fonte de subsistência (DERAL, 2019).

Por esse motivo, considera-se a região de estudo como uma cadeia produtiva incipiente e bastante periférica, quando comparada a outras cadeias produtivas consolidadas na produção de pescado (Deral, 2018)

Desta forma, o cultivo de tilápia aparece, como uma alternativa para os produtores diversificarem a produção e aumentarem seus rendimentos, podendo melhorar a qualidade de vida no campo, além de contribuir para a diminuição das incertezas e vulnerabilidades, em decorrência das variações do clima e do mercado, dentre outras circunstâncias (Barbosa et al., 2016; Feiden et al., 2018). Para isso, há a necessidade de se verificar a viabilidade de criação de determinadas espécies, para que possam ser criados programas governamentais que incentivem a piscicultura, com o aumento da oferta e demanda. Até o momento, verificou-se que a produção da tilápia na área de estudo, está sendo destinada para o consumo próprio, ou sendo comercializadas em locais como mercearias, supermercados, pesque-pague, restaurantes e também em pequenas feiras realizadas nos municípios, onde normalmente os peixes eram vendidos vivos (Glowka et al., 2018).

3.2. Estimativa do potencial produtivo da área de estudo

A partir dos resultados do mapeamento estimou-se o potencial produtivo da tilápia em relação as dimensões categóricas dos viveiros escavados, permitindo ao final, estimar uma receita bruta anual com relação as características do produto, para cada município, conforme mostra a Tabela 3.

Ressalta-se que o valor estimado da produtividade de 54 t/ha/ano (Tabela 3), poderá ser alterada de acordo com a espécie de peixe, ou pela densidade/m² escolhida. Quanto aos preços em relação ao peixe inteiro ou filetado na Tabela 3, foram baseados, respectivamente nos dados da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – Departamento de Economia Rural (Deral, 2019), sendo o preço de R\$ 4,76 estabelecido pelos produtores regionais, e o levantamento do preço pago no varejo, ponderado pela comercialização regional do filé de tilápia foi de R\$ 32,17 kg⁻¹.

Tabela 3. Estimativa do potencial produtivo e receita bruta anual da tilápia do Nilo em relação a cada município da área de estudo.

| Municípios | Dimensão categórica dos Viveiros Escavados | Produtividade (t/ha/ano) | Área Mapeada (ha) | Potencial Estimado da Produção (t) | Característica do Produto | Preço (R\$ kg ⁻¹) | Receita Bruta Anual Estimada (R\$) |
|---------------------|--|--------------------------|-------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Laranjeiras do Sul | Pequeno | 54 | 36,92 | 1.993,68 | Inteiro | 4,76 | 9.489.916,80 |
| | | | | | Filetado | 10,72 | 21.372.249,60 |
| | Médio | 22,66 | 1.223,64 | Inteiro | 4,76 | 5.824.526,40 | |
| | | | | Filetado | 10,72 | 13.117.420,80 | |
| | Grande | 15,97 | 862,38 | Inteiro | 4,76 | 4.104.928,80 | |
| | | | | Filetado | 10,72 | 9.244.713,60 | |
| Total | 75,55 | 4.079,70 | Inteiro | | 19.419.372,00 | | |
| | | | Filetado | | 43.734.384,00 | | |
| Porto Barreiro | Pequeno | 54 | 19,48 | 1.051,92 | Inteiro | 4,76 | 5.007.139,20 |
| | | | | | Filetado | 10,72 | 11.276.582,40 |
| | Médio | 10,17 | 549,18 | Inteiro | 4,76 | 2.614.096,80 | |
| | | | | Filetado | 10,72 | 5.887.209,60 | |
| | Grande | 6,03 | 325,62 | Inteiro | 4,76 | 1.549.951,20 | |
| | | | | Filetado | 10,72 | 3.490.646,40 | |
| Total | 35,68 | 1.926,72 | Inteiro | | 9.171.187,20 | | |
| | | | Filetado | | 20.654.438,40 | | |
| Rio Bonito do Iguçu | Pequeno | 54 | 26,60 | 1.436,40 | Inteiro | 4,76 | 6.837.264,00 |
| | | | | | Filetado | 10,72 | 15.398.208,00 |
| | Médio | 13,63 | 736,02 | Inteiro | 4,76 | 3.503.455,20 | |
| | | | | Filetado | 10,72 | 7.890.134,40 | |
| | Grande | 12,83 | 692,82 | Inteiro | 4,76 | 3.297.823,20 | |
| | | | | Filetado | 10,72 | 7.427.030,40 | |
| Total | 53,06 | 2.865,24 | Inteiro | | 13.638.542,40 | | |
| | | | Filetado | | 30.715.372,80 | | |
| Total Geral | 54 | 164,29 | 8.871,66 | Inteiro | 4,76 | 42.229.101,60 | |
| | | | | Filetado | 10,72 | 95.104.195,20 | |

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ressalta-se, que a retirada do filé de tilápia, pode gerar em média, um aproveitamento de 28 a 35% do peixe inteiro, considerando a individualidade dos frigoríficos que geram diferentes valores percentuais de aproveitamento do pescado (Barroso & Monoz, 2017), triplicando o seu valor em comparação com o peixe vivo. Portanto, foi considerado para a composição do valor do filé de tilápia, 33% do peso total, por ser considerado um valor padrão de rendimento nos frigoríficos da região de Toledo, Paraná, Brasil. Sendo assim, o preço de R\$ 10,72 corresponde a 1/3 do valor bruto vendido a R\$ 32,17 kg⁻¹, conforme é apresentado na Tabela 3.

Para avaliar o potencial econômico da tilapicultura para cada município, utilizou-se a Equação (1) para estimar o potencial produtivo da tilápia em cada viveiro e a Equação (2) para obter os resultados da RBAE com relação a característica do produto. Ainda, observou-se que a maior parte dos viveiros se classificaram como de pequeno porte, entre 1.000 a 3.000 m²,

tanto em quantidade de lâminas d'água, quanto em volume de produção estimado, representando 79,2% e 50,5%, respectivamente.

Nas condições estabelecidas e supondo que todos piscicultores estivessem utilizando o sistema intensivo de criação de tilápia, os resultados contidos na Tabela 3 mostraram que a região de estudo poderia ter um potencial produtivo estimado de 8.871,66 t de peixes ano, considerando uma área produtiva de 164,29 ha. Com isso, os três municípios somados, teriam uma capacidade de abate em torno de 170,61 t semanais, resultando em um abate diário de 34,12 t. Ainda, juntos os municípios somariam uma RBAE (R\$): de 42.229.101,60 (peixe inteiro) e de 95.104.195,20 (filé de tilápia), o que seria um resultado muito significativo para a região.

Logo, para essa região que tem como atividade principal a agricultura, utilizando mão de obra familiar, a diversificação para a piscicultura parece ser uma boa alternativa. No entanto, sugere-se que as políticas públicas assumam um enfoque integrador das atividades agropecuárias, utilizando diferentes instrumentos de políticas econômicas e sociais, visando promover um modelo de desenvolvimento rural que permita aos produtores em geral, melhorarem suas condições de empregabilidade, renda e qualidade de vida (Balsadi, 2001).

3.3. Comparação entre os resultados do mapeamento e dados da pesquisa pecuária municipal (PPM) do IBGE

Foram utilizados os dados de produção da tilápia do Nilo registrados pelo IBGE, por meio da plataforma SIDRA, oriundos do levantamento sistemático da PPM (IBGE, 2018), a fim de realizar o ranqueamento atual da produção estadual da tilápia (dados oficiais) em relação ao potencial estimado de produção (mapeamento), conforme exposto na Tabela 4.

Tabela 4. *Ranking*: da produção da tilápia, oriundos da base de dados do IBGE, em relação ao potencial estimado da produção dos viveiros escavados.

| Municípios | ⁽¹⁾ Ranking: produção no estado do Paraná em 2018 | ⁽¹⁾ Produção (t) no estado do Paraná em 2018 | Ranking: potencial estimado da produção (t) (mapeamento) | Potencial estimado da produção (t) (mapeamento) | Área Mapeada Viveiros (ha) | Área Mapeada Viveiros (%) | Aumento (%): Produção em 2018 vs. Potencial estimado da produção |
|----------------------|--|---|--|---|----------------------------|---------------------------|--|
| Laranjeiras do Sul | 143º | 41,12 | 11º | 4.079,70 | 75,55 | 46 | 9.821 |
| Porto Barreiro | 196º | 18,00 | 14º | 1.926,72 | 35,68 | 22 | 10.604 |
| Rio Bonito do Iguaçu | 201º | 16,89 | 18º | 2.865,24 | 53,06 | 32 | 16.864 |
| Total | | 76,01 | | 8.871,66 | 164,29 | 100 | |

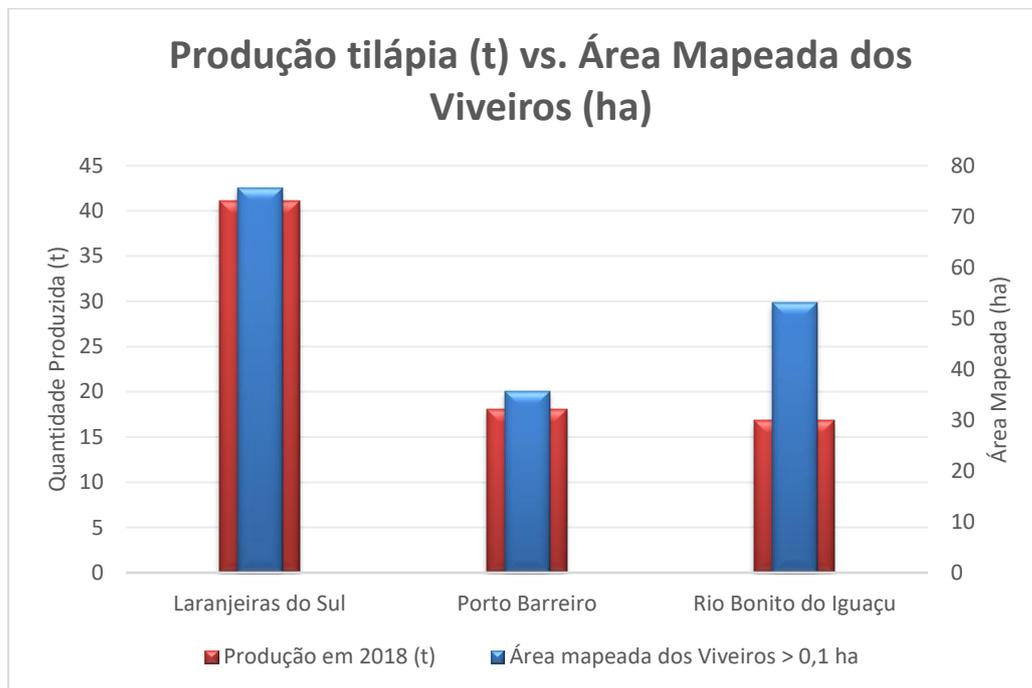
Fonte: (IBGE, 2018)⁽¹⁾. Elaborado pelos autores (2020).

Observa-se na Tabela 4, que os três municípios investigados possuíam uma baixa produção do pescado, totalizando 76,01 t/ano (IBGE, 2018). Porém, com o mapeamento realizado das áreas dos viveiros instalados e considerando um sistema padronizado de produção, o potencial produtivo estimado poderia atingir 8.871,66 t/ano, obtendo um acréscimo de 9.821, 10.604 e 16.864% para Laranjeiras do Sul, Porto Barreiro e Rio Bonito do Iguaçu, respectivamente. Com isso, observa-se que Laranjeiras do Sul, Porto Barreiro e Rio Bonito do Iguaçu poderiam sair do *ranking* de 143º, 196º e 201º, para um lugar de destaque no cenário nacional e ocuparia a nível estadual as posições de 11º, 14º e 18º, respectivamente. Verifica-se também, que o município de Laranjeiras do Sul tinha a maior área mapeada de viveiros, sendo de 75,55 ha, o que representava 46% da área total. Observa-se ainda, que essas informações demonstraram que o local de estudo ainda tem muito a se desenvolver em relação à atividade.

Porém, constatou-se algumas limitações nessa comparação, uma vez que o IBGE disponibiliza em sua base apenas valores absolutos da produção da tilápia, faltando assim, dados referentes a: origem do sistema de produção, tipos de viveiros (escavados ou tanques-rede) bem como os valores de suas respectivas áreas. Adiciona-se também, como limitação a divergência temporal entre as imagens disponibilizadas no complemento *QuickMapServices*, que neste caso as imagens temporais da área de estudo datam o ano de 2016, enquanto o registro do IBGE, refere-se ao ano base de 2018. Entretanto, o uso dessas imagens não elimina a necessidade de outros recursos, como aqueles relacionados a levantamentos de campo ou aquisição de imagens com data marcada.

Também, foi realizada uma comparação dos resultados do mapeamento em relação a produção da tilápia, conforme registrado pelo PPM (IBGE, 2018), sendo os resultados apresentados na Figura 5. Para os municípios de Laranjeiras do Sul e Porto Barreiro, houve uma correspondência entre os dados de produção e a área mapeada. No entanto, para o município de Rio Bonito do Iguaçu observou-se uma discrepância entre o cruzamento destes dados. Um dos motivos para esta divergência pode estar associado as lâminas d'água vetorizadas estarem sendo utilizadas para outras aplicações, como exemplo: reservatórios para irrigação.

Figura 5. Relação entre produção da tilápia no âmbito municipal, registrado pelo PPM (IBGE, 2018) versus as áreas mapeadas dos viveiros escavados.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

3.4. Condições do clima na região de estudo

Para iniciar uma atividade piscícola, almejando bons resultados, torna-se necessário conhecer primeiramente as condições climáticas da região. Segundo (Silva et al., 2016), este é um fator que pode ser determinante na escolha da espécie a ser criada e no manejo necessário para seu melhor desempenho. É importante destacar, que cada espécie de pescado se identifica com uma melhor zona de conforto da temperatura da água, para manter seu esperado desempenho e sua sobrevivência.

A tilápia, sendo uma espécie tropical, apresenta como temperatura recomendada da água, para sua zona de conforto de 26 a 32 °C (Galli & Torloni, 1999; Kubitzka, 2000). Porém, a espécie por ser resistente e robusta, tem se adaptado bem a diferentes temperaturas, obtendo bons resultados além de sua zona de conforto. Como exemplo, cita-se o estado do Paraná, por ocupar o topo do *ranking* da produção nacional da espécie, no qual apresentou uma produção no ano de 2018 em 115.231 (t) (IBGE, 2018). Grande parte dessa produção está situada na região do município de Toledo, no qual apresenta uma temperatura ambiente média anual de 21 °C (SIMEPAR, 2020), além de apresentar grandes variações da temperatura no decorrer do ano (Silva et al., 2016). Ainda, a região Oeste do estado do Paraná concentrou no ano de 2018,

aproximadamente 80% da produção de tilápia, sendo que estes cinco municípios: Nova Aurora, Toledo, Palotina, Assis Chateaubriand e Maripá, são responsáveis por apresentar 40% da produção total (Deral, 2019).

Fritzsons et al., (2008), buscaram em seus estudos a relação entre altitude e temperatura média para o estado do Paraná, utilizando o método da regressão linear, e constataram uma diminuição na temperatura de 0,8 °C a cada 100 m de altitude para a região estudada. Segundo esses autores, a altitude é um fator que exerce maior influência na temperatura ambiente.

O local de estudo, apresentado no presente trabalho, está situado em uma região com temperatura média anual, do ambiente, de 19,6 °C, sendo que nos meses de outubro a abril apresentou uma temperatura média de aproximadamente 22 °C (IAPAR, 2020). Com relação a precipitação, esta não é um problema para a região, sendo agosto o mês mais seco, com média de 103,2 mm e outubro o mês mais chuvoso, apresentando uma média de 237,30 mm (IAPAR, 2020).

Apesar da região amostrada possuir um clima mais brando em relação a zona de conforto da tilápia, é notável o desempenho zootécnico da espécie nestas condições (Kubitza, 2000; Silva et al., 2016). Pois Graeff & Pruner, (2006) ao avaliarem o comportamento da tilápia Nilótica, frente a amplitude da temperatura e da qualidade da água no Planalto Catarinense, no período de abril a setembro de 2004, concluíram que os meses de inverno são períodos críticos de menor incremento de peso para a espécie. Apesar da temperatura média, do ambiente, oscilar em torno de 17,5°C, não constataram impedimento para cultivá-las, desde que a profundidade a partir da superfície da água seja aumentada para 1,50 m, na intenção de ocorrer estratificação térmica e criar pontos de refúgio. As temperaturas ambiente e da água, foram monitoradas de 30 em 30 minutos, e os resultados mostraram que em média a temperatura da água esteve aproximadamente 3,5°C acima da temperatura ambiente, considerando uma profundidade de 1,30 m. Molnár & Tölg, (1962), também observaram que no período de inverno houve inibição sazonal no trânsito alimentar das tilápias, voltando a normalidade no verão.

A adaptabilidade da tilápia à diferentes condições de cultivo, é fruto dos resultados obtidos em pesquisas produzidas em várias partes do mundo, no qual resultou em diversas linhagens comerciais desta espécie, devido ao seu melhoramento genético (Silva et al., 2016). Portanto, sugere-se, para a região de estudo, o cultivo da tilápia, devido a aceitabilidade do pescado pelo mercado consumidor (Glowka et al., 2018), ao alto valor comercial e devido as condições climáticas encontradas, com ressalva ao período de inverno. Também deve ser levado em consideração que os 300 dias destinados a engorda podem sofrer alteração, principalmente, em função da temperatura, podendo aumentar ou diminuir o número de ciclos anuais de

produção. Os meses correspondentes ao período de setembro até junho, seriam os mais indicados para a engorda do pescado na região de estudo.

3.5. Análise espacial de eventos pontuais

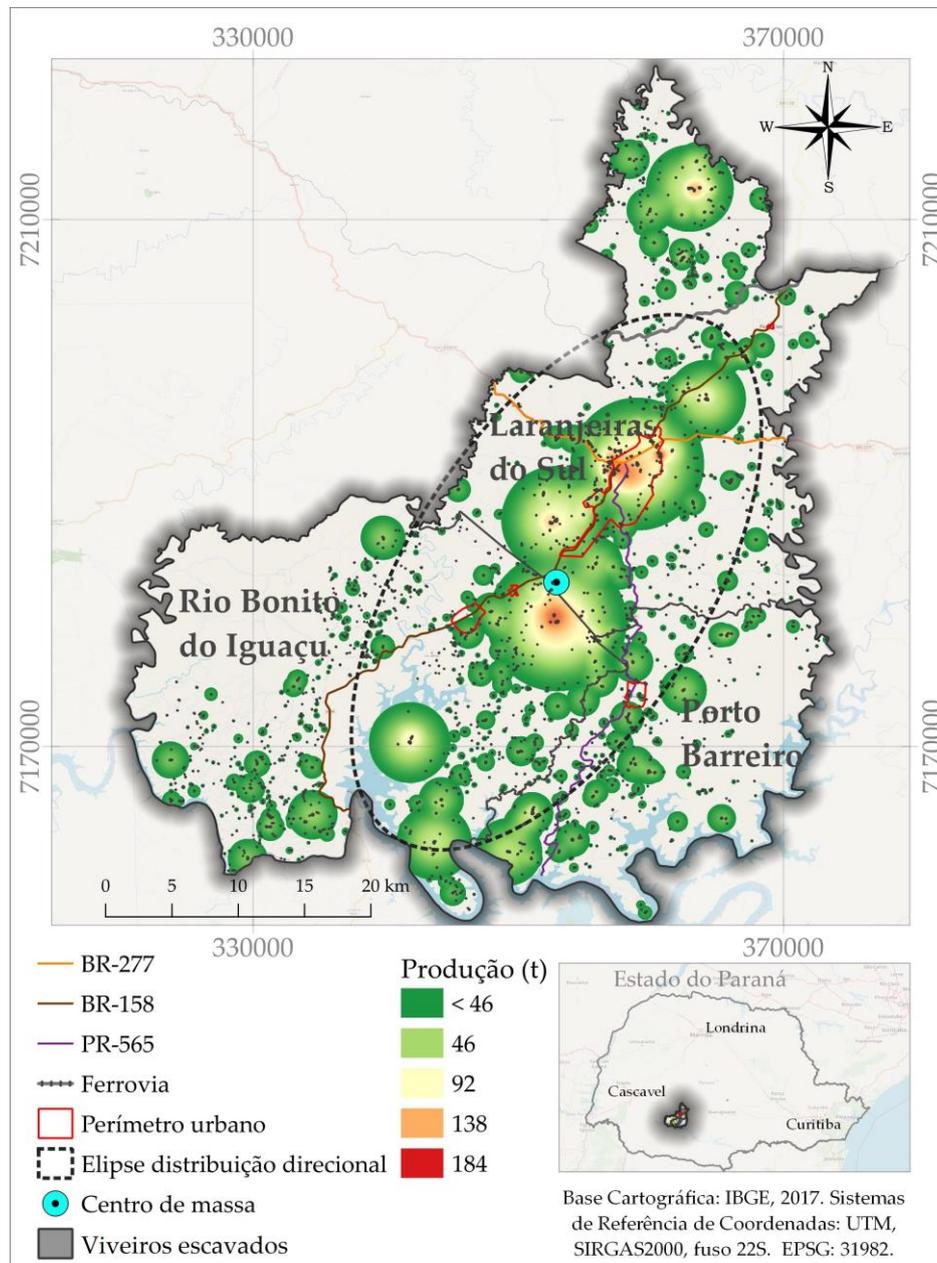
As análises espaciais foram realizadas na busca de compreender as características individuais de cada viveiro com a finalidade de buscar padrões e agrupamentos explicativos da produção estimada da tilápia na área de estudo. Este tipo de análise é muito interessante para avaliar o cenário e auxiliar no planejamento, caso ocorra um possível crescimento da atividade.

O cálculo das médias das coordenadas foi realizado para representar o centro de massa dos eventos, através da média aritmética das coordenadas de longitude e latitude. Ainda, teve como objetivo servir de base para a análise da Elipse de Distribuição Direcional. Na Figura 6 está representada o centro de massa de todos os viveiros.

Já o SDE serviu para visualizar e investigar a ocorrência de qualquer padrão direcional, considerando a densidade de pontos (viveiros escavados). A elipse foi construída considerando um desvio padrão, ou seja, compreendendo 68% dos centroides ou eventos analisados. Com a distribuição geográfica dos viveiros, foi identificado um padrão direcional da elipse. A mesma, apresentou uma característica bastante alongada em seu eixo maior, indicando um eixo direcional de maior densidade no sentido nordeste a sudoeste bastante proeminente, conforme ilustra a Figura 6.

Por fim, a Estimativa de Densidade *Kernel* que também é conhecido como Mapa de Calor, foi utilizado para criar um mapa *raster* de densidade dos eventos. Sua utilização traz inúmeras vantagens na leitura, interpretação e análises de mapas temáticos, resultando na conversão de um tema vetorial em um tema *raster*. Ressalta-se que para seu uso, algumas configurações foram necessárias no algoritmo, no intuito de obter o melhor formato de agrupamento dos viveiros especializados representados pela feição pontos. O raio do parâmetro de campo estabelecido (Raio/5) permitiu a especificação de um raio de pesquisa dinâmico para cada ponto. Isso pôde ser usado juntamente com o peso do campo (Prod_ton), obtendo um controle de granulação fina sobre a influência distribuída em cada ponto. Por fim, o Mapa de Calor permitiu a visualização dos locais com maior densidade em relação ao volume estimado de produção da tilápia do Nilo, a partir da avaliação de sua distribuição espacial, conforme mostra a Figura 6.

Figura 6. Distribuição espacial do potencial produtivo de tilápia do Nilo, baseado em um sistema padronizado, utilizando recursos de análise espacial do QGIS.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Verifica-se ainda, que as regiões em coloração alaranjada e avermelhada, indicaram maior existência de eventos pontuais (viveiros escavados) estimando uma alta densidade de produção, conforme ilustra a Figura 6. Em verde percebe-se regiões onde há proximidade entre os viveiros, mas com baixa capacidade de produção. Percebe-se ainda, que as áreas mais densas estão localizadas nas proximidades do perímetro urbano e das rodovias: BR-277, BR-158 e PR-565, o que pode propiciar a acessibilidade no escoamento do produto, o que contribuiria para o custo benefício na logística da produção.

4. Considerações Finais

O estudo mostrou que para a criação de tilápia, o período estimado de engorda foi de 300 dias, justamente por respeitar o clima da região ao longo do ano e principalmente nos meses de inverno, onde poderá ocorrer menor incremento de peso para a espécie.

Esta atividade para a agropecuária regional pode promover um grande aumento de renda por área explorada, subsidiar a industrialização do pescado e impulsionar o desenvolvimento da agricultura familiar, sendo predominante na região de estudo.

A estimativa do potencial produtivo da tilápia foi evidenciada, servindo-se da análise espacial de eventos pontuais (KDE) em SIG, o que propiciou uma maior eficiência dos resultados obtidos, contribuindo de forma significativa para a identificação e de todas análises realizadas, a fim de estabelecer as áreas com maiores condições para criação de peixes.

Quanto a Elipse de Distribuição Direcional, apresentou característica bastante alongada, o que indicou um eixo direcional no sentido nordeste/sudoeste bastante proeminente, pois levou em consideração os locais onde haveria a maior densidade de peixes sendo produzida.

Por fim, foi possível estimar o potencial produtivo do pescado nas condições padronizadas, resultando num abate diário de 34,12 t, o que é considerado promissor, pois colocaria o local de estudo em destaque na produção deste pescado no estado do Paraná e nacional. Destaca-se ainda que, caso a produção não alcance os valores estimados e atinja apenas 50% do potencial produtivo estimado, ainda assim, a atividade de piscicultura se mostra atrativa para a região em função da produção atual divulgada pelos órgãos oficiais.

Sugere-se que, maiores estudos sobre a implantação da produção da espécie sugerida neste trabalho, para a área de estudo, devem ser realizados para auxiliar na tomada de decisão na implantação de políticas de desenvolvimento regional para a piscicultura.

Agradecimentos

A Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, a qual tenho a honra de fazer parte, pois me proporcionou todo o apoio financeiro e liberação para realização de minha tese de doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca da UNIOESTE, *campus* de Toledo-PR, por propiciar esta oportunidade.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, por disponibilizar o acesso ao portal de periódicos.

Ressalto ainda, que este trabalho faz parte de um capítulo da tese por mim desenvolvida.

Referências

- Balsadi, O. V. (2001). Mudanças no meio rural e desafios para o desenvolvimento sustentável. *São Paulo em Perspectiva*, 15(1), 155–165. <https://doi.org/10.1590/S0102-88392001000100017>
- Barbosa, P. J. F., Mendonça, J. C. A., Casarotto, E. L., Machado, R. R., Almeida, V. L. de, & Filho, V. A. V. (2016). A importância da diversificação agrícola como complemento na renda familiar na região de Manhuaçu-MG. *Revista do CCEI*, 20(35), 1–11. <https://doi.org/10.30945/ccei.v20i35.57>
- Barroso, R. M., & Monoz, A. E. P. (2017). *O mercado da tilápia—2º trimestre de 2017 e Análise da estrutura do preço da tilápia no varejo*. EMBRAPA Pesca e Aquicultura. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162159/1/CNPASA-2017-mt11.pdf>
- Bertolla, J. M., Kawamoto, M. T., Falcão, J. G., Tandel, M. da C. F. F., & Govone, J. S. (2014). Processos Pontuais Aplicados ao Estudo da Distribuição Espacial de Enfermidades na Área Urbana da Cidade de Rio Claro, SP. *Revista da Estatística, UFOP, Vol III(3)(59ª)*. <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/140807/ISSN2237-8111-2014-03-03-684-688.pdf?sequence=1>
- Botelho, M. G. L., Furtado, L. G., Lima, D. de A., Pimentel, B. dos S., Machado, A. do S. O., Júnior, J. P. de A., Costa, M. do S. S., & Pontes, A. N. (2020). Avaliação temporal e espacial de focos de calor em Paragominas, PA, Brasil. *Research, Society and Development*, 9(7), e589974501–e589974501. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4501>
- Boyd, C. E., & Queiroz, J. F. (2001). Feasibility of Retention Structures, Settling Basins, and Best Management Practices in Effluent Regulation for Alabama Channel Catfish Farming. *Reviews in Fisheries Science*, 9(2), 43–67. <https://doi.org/10.1080/20016491101708>

Carneiro, K. F. da S., & Albuquerque, E. L. S. (2019). Análise multitemporal dos focos de queimadas em Teresina, estado do Piauí. *Revista de Geociências do Nordeste*, 5(2), 31–40. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2019v5n2ID18388>

Coldebella, A., Gentelini, A. L., Piana, P. A., Coldebella, P. F., Boscolo, W. R., & Feiden, A. (2018). Effluents from Fish Farming Ponds: A View from the Perspective of Its Main Components. *Sustainability*, 10(1), 3. <https://doi.org/10.3390/su10010003>

Crepaldi, D. V., Teixeira, E. A., Faria, P. M. C., Ribeiro, L. P., Melo, D. C., Carvalho, D., Sousa, A. B., & Saturnino, H. M. (2006). *Sistemas de produção na piscicultura*. 30, 86–99. [http://www.cbpa.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/RB065%20Crepaldi%20\(sistemas%20de%20producao\)%20pag%2086-99.pdf](http://www.cbpa.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/RB065%20Crepaldi%20(sistemas%20de%20producao)%20pag%2086-99.pdf)

de Brito, J. M., Pontes, T. C., Tsujii, K. M., Araújo, F. E., & Richter, B. L. (2017). *Automação na tilapicultura: Revisão de literatura*. 10. https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/Artigo_422.pdf

DERAL. (2018). *Valor Bruto da Produção—Departamento de Economia Rural*. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/VBP-2018-Laranjeiras-do-Sul>. Acesso em: novembro de 2019.

DERAL. (2019). *Valor Bruto da Produção*. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/vbp>. Acesso em: novembro de 2019.

Ebdon, D. (1977). *Statistics in geography: A practical approach*. B. Blackwell.

FAO (Org.). (2018). *The state of world fisheries and aquaculture. Meeting the sustainable development goals*. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>. Acesso em: outubro de 2019.

Feiden, A., Ramos, M. J., Chidichima, A. C., Schmidt, C. M., Fiorese, M. L., & Coldebella, A. (2018). A cadeia produtiva da tilápia no oeste do Paraná: Uma análise sobre a formação de um arranjo produtivo local. *REDES: Revista do Desenvolvimento Regional*, 23(2), 238–263. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6547547>

Filho, A. S., Manvailer, E. S. de L., Farinha, M. J. U. S., & Bernardo, L. V. M. (2020). Análise Espacial Aplicada aos Condomínios Fechados Horizontais no Município de Dourados – MS. *Research, Society and Development*, 9(9), e287997099–e287997099.

<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7099>

Francisco, H. R., Corrêia, A. F., & Feiden, A. (2019). Classification of Areas Suitable for Fish Farming Using Geotechnology and Multi-Criteria Analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(9), 394. <https://doi.org/10.3390/ijgi8090394>

Francisco, H. R., & Imai, N. N. (2003). Temporalidade em SIG: Aplicação em cadastro de imóveis. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 9(1). <https://revistas.ufpr.br/bcg/article/view/1429>

Fritzsons, E., Mantovani, L. E., Virgínia, A., & de Aguiar. (2008). *Relação entre altitude e temperatura: Uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. 1*, 16.

Galli, L. F., & Torloni, C. E. C. (1999). *Criação de Peixes*. Nobel.

<https://www.estantevirtual.com.br/livros/luiz-fernando-galli-carlos-eduardo-c-torloni/criacao-de-peixes/3270832487>

Glowka, R. P., Weingartner, M., & Muelbert, B. (2018). Produção e comercialização de pescado no município de Laranjeiras do Sul, Paraná. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 13(4), 531–543. <https://doi.org/10.18378/rvads.v13i4.5764>

Graeff, Á., & Pruner, E. N. (2006). *Variáveis que podem interferir na sobrevivência e desenvolvimento da Tilapia nilotica (Oreochromis niloticus) na região fria do Estado de Santa Catarina*. 10. Disponível em: <<http://www.crmvsc.gov.br/pdf/artigo-cientifico-005.pdf>>. Acessado em: novembro de 2019.

Higuchi, L. H., Feiden, A., Matsushita, M., Santarosa, M., Beatriz Zanqui, A., Bittencourt, F., & Rogério Boscolo, W. (2013). Quantificação de ácidos graxos de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com diferentes fontes de óleos vegetais. *Semina Ciências Agrárias*, 34(4), 1913–1924. [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/semina-ciencias-agrarias/34-\(2013\)-4/quantificacao-de-acidos-graxos-de-alevinos-de-tilapia-do-nilo-oreochro/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/semina-ciencias-agrarias/34-(2013)-4/quantificacao-de-acidos-graxos-de-alevinos-de-tilapia-do-nilo-oreochro/)

IAPAR. (2019). *Class_Koppen—Instituto Agrônômico do Paraná*. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=2533>>. Acesso em: novembro de 2019.

IAPAR. (2020). *Médias históricas em estações do IAPAR*. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Laranjeiras_do_Sul.htm>. Acesso em: janeiro de 2020.

IBGE. (2018). *Pesquisa da Pecuária Municipal—PPM | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: novembro de 2019.

IBGE. (2019). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística | Brasil em Síntese | Paraná | Laranjeiras do Sul | Panorama*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/laranjeiras-do-sul/panorama>>. Acesso em: janeiro de 2020.

Kubitza, F. (2000). *Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial*. (2a.). Ed. do Autor. <http://acquaimagem.com.br/site/tilapia-tecnologia-e-planejamento-na-producao-comercial-2a-edicao/>

Kubitza, F. (2015). Aquicultura no Brasil Principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. *Revista Panorama da Aqüicultura*. <https://panoramadaaquicultura.com.br/aquicultura-no-brasil-principais-especies-areas-de-cultivo-racoes-fatores-limitantes-e-desafios/>

Maranhão, T. C. F. (2013). *Licenciamento Ambiental no Estado do Paraná*. In: Feiden, A. Signor, A. Boscolo, W. R. *Contextualização legislativa aquícola e pesqueira*. Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE.

Molnár, G., & Tölg, I. (1962). Relation Between Water Temperature and Gastric Digestion of Largemouth Bass (*Micropterus salmoides* Lacépède). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 19(6), 1005–1012. <https://doi.org/10.1139/f62-065>

Netek, R., Brus, J., & Tomecka, O. (2019). Performance Testing on Marker Clustering and Heatmap Visualization Techniques: A Comparative Study on JavaScript Mapping Libraries. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(8), 348.

<https://doi.org/10.3390/ijgi8080348>

Parzen, E. (1962). On Estimation of a Probability Density Function and Mode. *The Annals of Mathematical Statistics*, 33(3), 1065–1076. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177704472>

Rosenblatt, M. (1956). Remarks on Some Nonparametric Estimates of a Density Function. *The Annals of Mathematical Statistics*, 27(3), 832–837.

<https://doi.org/10.1214/aoms/1177728190>

Santos, J. G. D., Azevedo, L. R. S. de, Patriarca, J. A. S., & Leitão, L. C. R. (2017). *Kernel Density Estimation vs Optimized Hot Spot Analysis/Inverse Distance Weighting*. 9.

http://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/eventos/2017_IV_SBG/_artigos/2017_SBG_CTIG_paper_100.pdf

Silva, T. S. de C., Inoue, L. A. K. A., & Fietz, C. R. (2016). *Influência do clima, fenômenos e mudanças climáticas no manejo da piscicultura*. - Portal Embrapa.

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1068931/influencia-do-clima-fenomenos-e-mudancas-climaticas-no-manejo-da-piscicultura>

SIMEPAR. (2020). *SIMEPAR - Dados das Estações*. Disponível em:

<http://stage.simepar.br/prognozweb/simepar/dados_estacoes/24475343>. Acesso em: maio de 2020.

Yuill, R. S. (1971). The Standard Deviational Ellipse; An Updated Tool for Spatial Description. *Geografiska Annaler. Series B, Human Geography*, 53(1), 28–39. JSTOR.

<https://doi.org/10.2307/490885>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Humberto Rodrigues Francisco – 60%

Anderson Coldebella – 10%

Arlindo Fabrício Corrêia – 10%

Aldi Feiden – 20%