

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E**  
**ENGENHARIA DE PESCA**

**FELIPE MORSOLETO**

**APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA CARACTERIZAÇÃO DA**  
**PISCICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARRECO**

Toledo

2020

**FELIPE MORSOLETO**

**APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA CARACTERIZAÇÃO DA  
PISCICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARRECO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Aldi Feiden

Toledo

2020

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Morsoleto, Felipe Misael da Silva  
Aplicação de geotecnologias para caracterização da piscicultura na bacia hidrográfica do rio Marreco / Felipe Misael da Silva Morsoleto; orientador(a), Aldi Feiden, 2020.  
41 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Toledo, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, 2020.

1. Piscicultura. 2. Geotecnologia. 3. Bacia hidrográfica. 4. Viveiros escavados. I. Feiden, Aldi. II. Título.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**FELIPE MORSOLETO**

### APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA CARACTERIZAÇÃO DA PISCICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARRECO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

#### COMISSÃO JULGADORA

---

Prof. Dr. Aldi Feiden  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

---

Prof. Dr. Altevir Signor  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

---

Prof. Dr. Manoel João Ramos  
Faculdade da Indústria - Senai

Aprovada em: 24 de abril de 2020.  
Local de defesa: Remoto.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família Eloy, Maria José e Veridiana aos quais amo incondicionalmente e os levarei comigo por onde for.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos grandes parceiros que tenho na Pós Graduação entre eles Humberto Rodrigues Francisco (o cara dos mapas) sem sua ajuda não teria conseguido caracterizar a área de estudo, ao meu querido parceiro Jhony Ferry Mendonça da Silva (o cara dos programas de georreferencia) seu inestimável auxílio em me ensinar a usar os programas e por último não menos importante a Karen Carrilho da Silva Ferreira (a moça das análises estatísticas) por sua paciência em me explicar e sempre estar disponível para ajudar, a vocês devo muito e espero poder retribuir um dia.

Agradeço aos meus colegas de graduação que mesmo não sabendo muito do assunto sempre ajudaram com incentivos e palavras positivas (Hudson, Jonhatan, Vitor) vocês me ajudaram a manter o foco.

Ao professor Aldi Feiden por todo apoio, compreensão e por acreditar em mim e no trabalho, quando nem mesmo eu acreditava. Pois não são todos que aceitam uma orientação com quase metade do mestrado já percorrido. Serei eternamente grato.

Agradeço ao PREP e ao GEMAq por concederem a oportunidade de crescer profissionalmente e principalmente como pessoa, conhecendo diversos lugares e pessoas de diferentes culturas e localidades.

Aos docentes e discentes do GEMAq pelo apoio e companheirismo no ambiente de trabalho.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma participaram dessa jornada, seja no trabalho ou no dia-a-dia durante a graduação e a pós-graduação e, por fim, não menos importante, a todos os amigos que fiz durante essa etapa e que comigo compartilharam ideias, informações, ensinamentos e é claro, churrascos, festas e muita alegria, levarei comigo um pouco de cada um sempre.

*"Boy, don't you worry, you'll find yourself  
Follow your heart and nothing else  
And you can do this, oh baby, if you try  
All that I want for you, my son, is to be satisfied"*

*"And be a simple kind of man  
Oh, be something you love and understand  
Baby be a simple kind of man  
Oh, won't you do this for me, son, if you can"*

**Simple Man - Lynyrd Skynyrd**

# **APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA CARACTERIZAÇÃO DA PISCICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARRECO**

## **RESUMO**

Na bacia Hidrográfica do Rio Marreco/PR, concentra uma cadeia produtiva da piscicultura e uma grande intensificação da criação de tilápias. Neste trabalho, objetivamos o conhecimento da morfometria, monitoramento da qualidade das águas efluentes e elementos orgânicos e inorgânicos liberados pela piscicultura, em viveiros escavados, utilizando dados geomorfológicos (declividade e altitude) e de uso e ocupação do solo. Metodologicamente, foi usado o software Terrain Analysis Using Digital Elevation Models (TauDEM) com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) para Delimitação de Bacias Hidrográficas no software QGIS v. 3.6.3. Obtivemos como resultado o fator de forma e o índice de circularidade considerados baixos, 0,17 e 0,16, índice de compacidade é 2,44, indicando a bacia classificada como alongada e com baixo risco de inundações. Ao todo nesse trabalho foram identificadas 1.457 unidades de produção (lâminas d'água) em toda área de estudo, o que representou uma área ocupada de 162,2 ha. Houve ao caracterizar as sub-bacias as seguintes constatações; o Alto Marreco, a sub-bacia com maior logística de produção tem os seus meios produtivos melhor conhecidos se comparados com o Baixo Marreco que ainda carece de um maior aporte logístico e por ainda não estar totalmente integrado e não dispor dessa rede de relações (network) e o Médio Marreco, que não tem como principal prática agrícola a piscicultura e sim seu uso como oportunidade de insumos com outras atividades agrícolas. As sub-bacias apresentaram um aporte de nutrientes e para que se tenha a diminuição desses nutrientes recomenda-se implantar sistemas de decantação e/ou reuso de águas residuárias. Para os gestores ambientais, os resultados deste estudo mostram quão importante é conhecer a dinâmica dos nutrientes nas criações e as características físicas da bacia de drenagem, para determinar a capacidade suporte do ambiente, de forma a não permitir licenciamentos que promovam impactos acima da capacidade de autodepuração dos cursos d'água.

**Palavras chaves:** Piscicultura, geotecnologia, bacia hidrográfica viveiros escavados.



# APPLICATION OF GEOTECHNOLOGIES FOR CHARACTERIZATION OF PISCICULTURE IN THE HYDROGRAPHIC BASIN OF MARRECO RIVER

## *ABSTRACT*

In the Hydrographic basin of Rio Marreco / PR, it concentrates a productive chain of fish farming and a great intensification of tilapia farming. In this work, we aim at the knowledge of morphometry, monitoring the quality of effluent water and organic and inorganic elements released by fish farming, in excavated ponds, using geomorphological data (slope and altitude) and land use and occupation. Methodologically, the Terrain Analysis Using Digital Elevation Models (TauDEM) software was used based on the Digital Elevation Model (MDE) for Watershed Delimitation in the software QGIS v. 3.6.3. As a result, we obtained the form factor and circularity index considered low, 0.17 and 0.16, compactness index is 2.44, indicating the basin classified as elongated and with low risk of flooding. Altogether in this work, 1,457 production units (water depths) were identified in the entire study area, which represented an occupied area of 162.2 ha. There were the following findings when characterizing the sub-basins; Alto Marreco, the sub-basin with the largest production logistics, has its best-known productive means compared to Baixo Marreco, which still lacks a greater logistical contribution and because it is not yet fully integrated and does not have this network of relationships. ) and the Middle Marreco, which does not have fish farming as its main agricultural practice, but its use as an opportunity for inputs with other agricultural activities. The sub-basins showed a supply of nutrients and in order to reduce these nutrients, it is recommended to implement systems for decanting and / or reusing wastewater. For the environmental managers, the results of this study show how important it is to know the dynamics of the nutrients in the creations and the physical characteristics of the drainage basin, to determine the support capacity of the environment, so as not to allow licenses that promote impacts above the capacity of self-cleaning of water courses.

**Key words:** Fish farming, geotechnology, hydrographic basin excavated ponds.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	11
2.1 Subdivisão em Sub-bacias .....	11
2.2 Índices Morfométricos .....	12
2.3 Padronização dos Dados Espaciais .....	13
2.4 Software .....	14
2.5 Aquisição dos Dados .....	14
2.6 Utilização do Banco de Dados de Imagens de Alta Resolução, Google Earth .....	15
2.7 Estimativa do Impacto Ambiental .....	17
2.7.1 Desenvolvimento da Atividade .....	18
2.7.2 Nitrogênio Total e Fosforo Total Residual .....	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
3.1 Panorama da Produção Piscícola da Bacia do Rio Marreco .....	19
3.2 Distribuição Espacial .....	19
3.3 Impacto Ambiental .....	27
4 CONCLUSÃO .....	32
5. REFERÊNCIAS .....	33

## 1. INTRODUÇÃO

A região oeste é uma das regiões de grande produção animal, e o município de Toledo apresenta o maior Valor Bruto da Produção Agropecuária do Paraná (VBP), com R\$ 2.162.263.535,01 (SEAB, 2018), com destaque para a produção de suínos, aves de corte, leite, tilápias e alevinos de tilápia. Além disto os municípios que integram a sub-bacia do rio Marreco, Toledo, Marechal Cândido Rondon e Quatro Pontes produziram em 2017 6.810t, 1.939t e 1.300t, respectivamente, sendo Toledo o 4º maior produtor do Paraná neste ano (IBGE, 2019).

Feiden et al (2018) descreve que a região oeste, na microrregião de Toledo, concentra um Arranjo Produtivo Local da cadeia produtiva da piscicultura e o crescimento da atividade tem provocado um crescimento da atividade e uma grande intensificação da criação de tilápias.

Neste contexto, Pizaia et al (2008) salienta que o Brasil possui “condições ideais para aquicultura desenvolver todo seu potencial, condições ideais”, intensa que Ostrensky, Boeger (2007) citam ao afirmarem que faltam alguns fatores para o desenvolvimento pleno da aquicultura brasileira, pois já possuímos o diferencial que são as condições naturais.

Na Bacia Hidrográfica do Paraná 3, as principais sub-bacias hidrográficas são as dos rios São Francisco (centro), do Arroio Marreco, Guaçu e Dezoito de abril (ao norte), e Santa Quitéria (ao sul). O rio Marreco é um dos mais importantes afluentes da margem direita do Rio São Francisco, percorrendo aproximadamente 75 km entre sua nascente (na área urbana de Toledo), e sua foz no rio São Francisco (divisa entre os municípios de Pato Bragado, Entre Rios do Oeste e Marechal Cândido Rondon).

Assim, é importante que para este tipo de atividade se tenha o conhecimento da morfometria da região, bem como seja acompanhada de monitoramento da qualidade das águas efluentes e se conheça a qualidade das águas utilizadas para esta produção, neste trabalho será feita uma análise morfométrica da região para avaliar os diferentes usos do solo e recursos hídricos, pois de acordo com Menezes *et al.* (2014), este tipo de estudo fornece subsídios que auxiliam a tomada de decisão em projetos que envolvem o uso de recursos físicos de uma região e servem como ferramenta de auxílio na avaliação dos impactos ambientais, possibilitando nortear as ações de manejo necessárias.

Para isso foi proposto o desenvolvimento de uma metodologia capaz de realizar a classificação de áreas com atividade para piscicultura, em viveiros escavados, utilizando dados obtidos em órgãos institucionais oficiais, levando em consideração fatores geomorfológicos (declividade e altitude) e de uso e ocupação do solo ao longo da Bacia Hidrográfica do rio

Marreco.

Os efluentes das atividades agropecuárias são uma das fontes de poluição difusa que contribuem para a eutrofização dos corpos d'água e, por isso, devem ser monitoradas e controladas para não causarem desastres ambientais.

Macedo e Sipaúba Tavares (2010) afirmam que a expansão da aquicultura, associada à produção de biomassa e ao aumento de nutrientes no meio aquático, pode provocar aceleração da produtividade de algas, alterando a ecologia do sistema aquático, o que foi comprovado pelo estudo de Coldebella et al. (2017) ao analisar a despesca de várias pisciculturas da região oeste do Paraná, cujos resultados indicaram que as concentrações de Sólidos totais, Demanda Química de Oxigênio e Fósforo Total aumentaram significativamente no processo de remoção dos peixes, causando uma deterioração progressiva efluente liberado no meio ambiente.

As práticas de piscicultura, quando realizadas intensamente, podem comprometer a qualidade dos recursos hídricos na forma de eutrofização (elevadas concentrações de fósforo provenientes das rações utilizadas na alimentação dos peixes), além de afetar a biodiversidade pelo escape de peixes e lançamento de contaminantes químicos e biológicos que podem comprometer a qualidade dos recursos hídricos a jusante de seu local de produção (Veiga, 2018). Assim, é importante que para este tipo de atividade se tenha o conhecimento da morfometria da região, bem como seja acompanhada de monitoramento da qualidade das águas efluentes e se conheça a qualidade das águas utilizadas para esta produção (Zimmermann, 2001).

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Divisão em Sub-bacias**

Para facilitar a contextualização e melhor caracterização da bacia, optou-se em dividi-la por três partes sendo o critério usado para a delimitação das sub-bacias os seguintes: taxa de uso e ocupação do solo, aporte de nutrientes e declividades, para isso foi definido que cada sub-bacia iria corresponder a  $\pm 1/3$  da bacia total do rio Marreco (Gomes, 2004). Todas as sub-bacias avaliadas pertencem a bacia hidrográfica do rio Marreco que está inserida na bacia do Paraná

3.

## 2.2. Índices morfométricos

Para analisar as características morfométricas da bacia hidrográfica em estudo foi utilizado o conjunto de ferramentas para construção de análises hidrológicas *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM) com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) para Delimitação de Bacias Hidrográficas no *software* QGIS v. 3.6.3.

Foram calculados os atributos da bacia como área, perímetro e comprimentos axiais, além do seu fator de forma ( $K_f$ ), coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), índice de circularidade ( $I_c$ ) e altitude. O fator de forma relaciona a forma da bacia com a forma de um retângulo e é definido pela razão entre a largura média da bacia ( $L$ ) (m) e o comprimento axial do curso d'água ( $L_c$ ) (m). A largura média da bacia é dada por:

$$L = \frac{A}{L_c}$$

em que  $A$  é a área da bacia ( $m^2$ ).

Assim, o fator de forma ( $K_f$ ) é calculado pela equação:

$$K_f = \frac{L}{L_c} = \frac{A}{L_c^2}$$

De acordo com Villela e Matos (1975), ao comparar duas bacias de mesmo tamanho, a que tem fator de forma maior está mais sujeita a cheias.

O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) é dado pela razão entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo que tem a mesma área da bacia. Assim, considerando a área  $A$  ( $m^2$ ) da bacia e do círculo, com perímetro  $P_b$  (m) e  $P_c$  (m) respectivamente, tem-se:

$$K_c = \frac{P_b}{P_c} = \frac{P_b}{2\pi r}$$

e

$$A = \pi r^2$$

Portanto,

$$K_c = 0,28 \frac{P_b}{\sqrt{A}}$$

Segundo Villela e Matos (1975), esse é um valor adimensional e está relacionado com a forma da bacia, independente do seu tamanho. Analisando  $K_c$  pode-se observar que quanto

mais irregular for a forma da bacia, maior será seu coeficiente de compacidade e quanto mais próximo de um formato circular, mais próximo de 1 será o seu valor.

O índice de circularidade ( $I_c$ ) é definido pela razão entre a área da bacia e o seu perímetro como na equação abaixo:

$$I_c = 12,75 \frac{A}{P_b}$$

E segundo Cardoso *et al* (2006), de forma análoga ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade é mais próximo de 1 conforme a forma da bacia se aproxima do formato circular.

### 2.3. Padronização dos dados espaciais

Todos os dados espaciais foram reprojetados para o DATUM oficial do Brasil, o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, 2000), projeção UTM e fuso 22 Sul, estabelecido pelo IBGE. Todos os arquivos raster foram convertidos em uma única configuração: resolução espacial com pixel de 30 m, tipo de dados de 8 bits não sinalizado, consistência nas dimensões de colunas e linhas (1909 e 2180 pixels, respectivamente) 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 análise multicritério. Considerou-se a variedade de escalas em que todos os critérios foram medidos, pois esta análise requer que os valores contidos nas diferentes camadas sejam transformados em parâmetros de mesma unidade (Hossain, 2007). Os procedimentos realizados nos mapas para elaboração deste trabalho foram em formato matricial. Porém, para atender o aspecto da aparência (visual) com a intensão de representar as feições de forma mais suavizada, foi preciso realizar a conversão de dados matricial para vetorial, no qual o tamanho dos arquivos ficou consideravelmente menor, uma vez que a quantidade de vértices foi diminuída. Todas as bases vetoriais passaram por validação topológica a fim de manter a integridade e a qualidade das informações dos dados espaciais (Rezende, 2017).

### 2.4. Software

Foram analisados os dados espaciais em uma plataforma SIG usando o software QGIS versão 3.8. Zanzibar, de licença livre, código aberto e interface intuitiva, possibilitando o livre

desenvolvimento da aplicação. Os parâmetros estudados foram inseridos e manipulados espacialmente, no qual a informação foi organizada em seu banco de dados em Planos de Informação (PI) e manipulado por operadores lógicos e matemáticos. Cada PI apresenta-se como um tipo de mapa e também uma instância direta da categoria a que pertence (Völcker & Scott, 2008).

## 2.5. Aquisição dos dados

Para o estudo foram mapeados os viveiros escavados dedicados a produção de peixes na área de estudo e quantificada sua área, e para isto foram utilizadas bases cartográficas na escala de 1:250.000 no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em formato shapefile (SHP). A determinação do tamanho das áreas das lâminas d'água foi realizada, utilizando o software livre QGIS. O SHP é um formato de arquivo cuja função é armazenar dados geográficos em forma de vetor usado em software de geoprocessamento. O plugin QuickMapServices, instalado no software QGIS, possibilitou a visualização das imagens do Google Satellite e realizar a vetorização das lâminas d'água por meio de sensoriamento remoto, na imagem abaixo é possível observar como o software atua em escala gráfica (figura 1).



**Figura 1 - Exemplo de viveiros escavados localizado na Bacia do rio Marreco, Paraná, Brasil. Fonte: Imagem Google Satellite.**

Para a Rede Hídrica obteve-se acesso, através da agência pública estadual Águas Paraná, ao arquivo digital em escala 1:50.000 composto dos eixos dos rios, segmentados em trechos,

conectados por nós e identificados por meio de código único e hierárquico, obtido através da metodologia adotada pela Agência Nacional de Águas (ANA) do Brasil, segundo o método de Otto Pfafstetter (ANA, 2008). Também foi feita a identificação dos rios que compõem a bacia pela sua ordem de grandeza onde os rios de primeira ordem correspondem às nascentes, onde o volume de água ainda é baixo, os de segunda ordem correspondem à junção de dois rios de primeira ordem e os rios de terceira ordem, a junção de dois de segunda, assim sucessivamente, formando uma hierarquia conforme o mapa hidrográfico da Bacia do rio Marreco abaixo (figura 2).

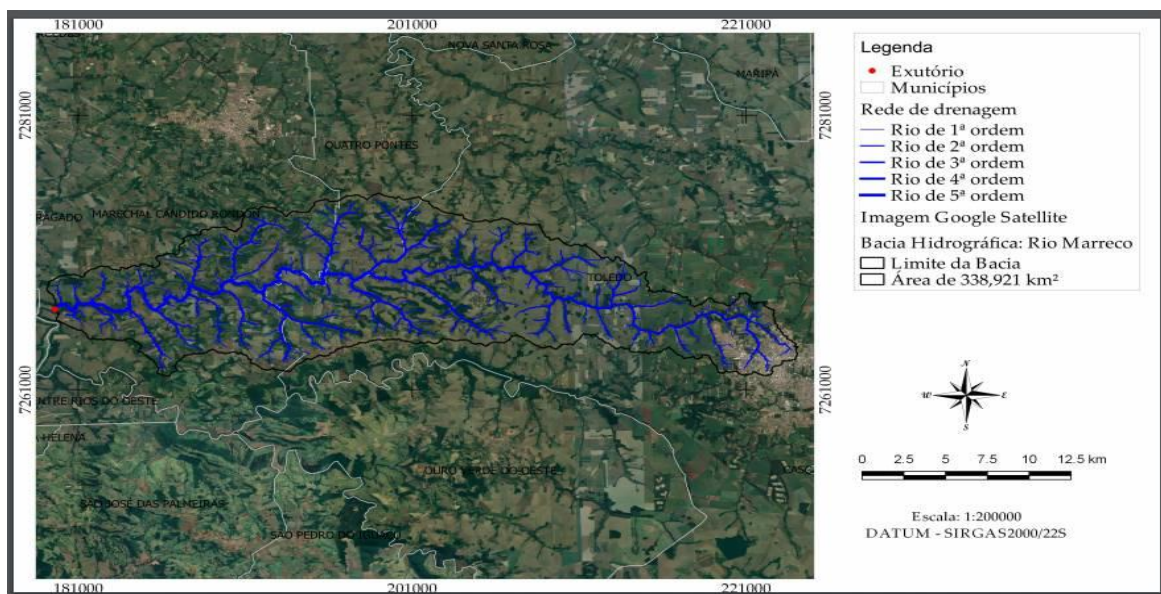


Figura 2: Mapa da sub-bacia do rio Marreco, na bacia hidrográfica do Paraná 3. Fonte: Imagem Google Satellite.

## 2.6. Utilização do Banco de dados de imagens de alta resolução, Google Earth

Quando usado por profissionais qualificados, o Google Earth, se configura em uma importante ferramenta na obtenção e atualização de dados cartográficos. Segundo (Lopes, 2009) isso será possível desde que o usuário conheça sua limitação quanto a precisão dos dados gerados na interpretação das imagens do aplicativo cliente-servidor.

Com o objetivo de representar as áreas dos viveiros escavados ao longo da bacia, foi necessário realizar a vetorização de cada viveiro escavado. Para realizar o levantamento de todas as lâminas d'água da área de estudo, utilizou-se o conjunto de dados provenientes de imagens do sensoriamento remoto: o aplicativo cliente-servidor para desktop (Google Earth). 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 (McLeod, 2002).

Como a maior parte das lâminas d'água eram de tamanho relativamente reduzidas, foi fundamental a utilização de softwares (QGIS com o suporte do Google Earth) para capturar as imagens de satélite de alta resolução espacial, a fim de distinguir as estruturas típicas de um viveiro escavado na paisagem, onde temos os contornos (delimitação) em volta dos tanques para auxiliar a quantificação dos mesmo conforme figura 3.



**Figura 3 - Exemplo de demarcação dos limites do viveiro na paisagem. Fonte: Imagem Google Satellite.**

Com o limite da área de estudo e a rede quadriculada, procedeu a instalação do *plugin Quick Map Services*, que possibilitou a visualização das imagens de alta resolução – fornecidas por sensores acoplados em satélites – existentes no banco de dados do Google Earth (Nath, 2000). Ressalta-se ainda, que o período temporal das imagens utilizadas fora referente ao ano de 2019.

Ao término da vetorização, realizada no formato de polígonos, construiu-se um banco de dados para a camada Viveiros contendo os seguintes campos: área das feições vetorizadas (Área\_m<sup>2</sup>) e as coordenadas planas UTM (Nayak, 2018). Os viveiros foram classificados em quatro classes de tamanho sendo Classe I considerados os viveiros com área inferior a 3.000 m<sup>2</sup> (Pequenos), Classe II os viveiros entre 3.001 e 5.000 m<sup>2</sup> (Médios), Classe III viveiros de 5.001 a 10.000 m<sup>2</sup> (Grandes) e Classe IV viveiros acima de 10.001 m<sup>2</sup> (Majores). Posteriormente foi classificada uma quinta classe, mas essa foi reservada para lâminas d'água de outros usos exceto a piscicultura (áreas de lazer, ETE etc.). Estas classes de tamanho foram consideradas como

tratamentos para as vetorizações e após vetorizadas o software QGIS calcula as áreas e as coloca nas classificações estabelecidas (figura 4).



**Figura 4 – Exemplo de como foi feita as demarcações de áreas de lâmina d’água. Fonte: Imagem Google Satellite.**

## 2.7 Estimativa do Impacto Ambiental

A concentração dos agentes eutrofizantes foi calculada por (ha), e extrapolada para a bacia baseando-se nos trabalhos de Coldebella et al (2017) e Cardoso (2018), a biomassa foi calculada a partir da obtenção de valores de área e densidade de estocagem por viveiro adaptando o protocolo descrito por Coldebella et al (2018), que se apoia sobre o uso de técnicas já consolidadas (como alimentação exclusiva por rações controladas e balanceadas, uso de aeradores e renovação constante de água) as quais sugerem que nestas condições, independentemente do tamanho do viveiro, a criação intensiva da tilápia possa ser realizada com densidade de estocagem de 5 peixes/m<sup>2</sup>. A área de lâmina d’água dos viveiros foi calculada por meio do software Google Earth.

Para avaliar a sustentabilidade ambiental, foi calculada a área de drenagem das sub-bacias nas quais as pisciculturas estão inseridas, utilizando-se software livre QGIS considerando o exutório como local de lançamento do efluente de pisciculturas no corpo hídrico. Foi levantado os dados da altitude média, além de cálculos de índices morfométricos relacionados às bacias e sub-bacias onde estão inseridas as unidades de produção estudadas utilizando como base o

estudo de Georgin et al. (2015).

### **2.7.1 Desenvolvimento da atividade**

Este estudo limitou-se apenas a identificar as áreas de lâminas d'água aptas para o desenvolvimento da piscicultura baseada em viveiros escavados. Embora a água seja essencial ao cultivo de peixes, todas as áreas em corpos d'água como: rios, canais, valas e lagos não foram considerados para a vetorização do modelo, pois não se pode construir viveiros escavados dentro de um corpo d'água, pois já irá configurar um outro tipo de modelo de piscicultura que não é o foco deste trabalho (Coelho, 1982). Ressalta-se ainda, que, os corpos d'água não foram considerados como uma restrição à atividade, e sim, como áreas não classificadas segundo Francisco et al. (2019).

Todos os polígonos (collect geometries) foram unidos em um único arquivo (PI de máscara). Logo após, uma linha de comando foi usada no GDAL já instalado no QGIS, para perfurar o mapa de classificação de adequação, resultando em um raster de uma única banda (Bagdanavičiūtė, 2018). Para perfurar a imagem desejada, utilizou-se a seguinte linha de comando através do OSGeo4w sendo um instalador do Windows para projeto GIS de código aberto: `gdal_rasterize -b 1 -burn 1 nome-da-mascara.shp nome-da-imagem.tif`.

### **2.7.2 Nitrogênio total e fósforo total residual**

Para o cálculo de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) que ficam no ambiente e o que é despejado no efluente de cultivo, foi utilizado como base o estudo realizado por Coldebella (2018), levando em conta a área de cultivo e a biomassa referentes aos viveiros estudados. A partir disso, foi calculado a descarga desses nutrientes em relação à totalidade de viveiros nas respectivas sub-bacias ao longo do rio Marreco.

Foram realizados testes estatísticos através do software *Statistica 7.0*, aplicando-se teste de variância ANOVA quando assumido normalidade e, em caso de diferenças estatísticas, realizou-se o teste de Tukey a 0,05 de significância para averiguação da hipótese.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Panorama da Produção Piscícola da Bacia do Rio Marreco

A atividade piscícola continua em franca expansão, e na bacia do rio Marreco foi possível observar, o que ocorreu, houve o que é chamado de ocupação periférica, ou seja ela se deu pelos extremos da bacia onde estão concentradas as melhores áreas para essa prática segundo Kubitza, 2014, com isso vemos que a presença de água de boa qualidade, baixa altitude e o principal; custo é o que tornaram a piscicultura atrativa para a sua prática. Com esses parâmetros além de ser uma Bacia de elevada movimentação hídrica e com isso alta aeração de suas águas, a atividade não encontrou barreiras para se estabelecer (IAPAR, 2019). Por isso o cultivo de peixe aparece como a alternativa viável economicamente, capaz de subsequentemente aumentar a renda e com isso garantir em um pequeno espaço uma renda proporcional a das grandes áreas de intensa atividade agropecuária (Basaldi, 2001).

Conforme Ferrera et al., (2005), o crescimento da atividade foi gradativo, nas décadas de 80 e 90, pelo surgimento e crescimento de agroindústrias cooperativas. Até meados da década de 80, no Oeste/PR caracterizava-se como essencialmente agrícola. A partir de então, a indústria local passou a se consolidar e ter sua dinâmica orientada pelo comportamento do agronegócio cooperativo.

#### 3.2 Distribuição espacial

Para melhor compreender a rede hidrológica da bacia e assim avaliar seu sistema de drenagem, foram avaliadas as suas características morfométricas que são apresentadas na tabela 1 abaixo.

**Tabela 1 - Parâmetros morfométricos da microbacia do rio Marreco, pertencente a Bacia Hidrográfica do Paraná 3, calculados com base em Georgin *et al.* (2015).**

Características Geomorfológicas	Rio Marreco
Área (Km <sup>2</sup> )	338,92
Perímetro (Km)	160,28
Comprimento Axial da Bacia (Km)	44,56
Comprimento do Rio Principal (Km)	64,82
Altitude Mínima (m)	240,88
Altitude Máxima (m)	559,60
Fator de Forma	0,17
Índice de Circularidade	0,16

Índice de Compacidade

2,44

Nota: adaptado do estudo desenvolvido por Georgin (2015).

O fator de forma e o índice de circularidade são considerados baixos, 0,17 e 0,16, respectivamente, bem como o índice de compacidade é 2,44, indicando que a bacia pode ser classificada como alongada e com baixo risco de inundações ou cheias instantâneas. Adicionalmente, na figura 5 são apresentados todos os rios pertencentes a bacia do rio Marreco. Pode-se observar que a bacia apresenta 303 rios de 1ª ordem, 89 rios de 2ª ordem, 24 rios de 3ª ordem, 5 rios de 4ª ordem e 1 rio de 5ª ordem, favorecendo um melhor escoamento da água e corroborando com o indicativo de forma alongada ou seja Os resultados de fator de forma, índice de circularidade e índice de compacidade (Tabela 1) indicam que essas sub-bacias não apresentam tendência a inundações, pois, de maneira geral, seus valores não estão próximos a 1. As figuras 7, 8 e 9, apresentam as áreas de drenagem das sub-bacias onde estão localizadas as lâminas d'água de produção avaliadas por este estudo, que confirmam a sua forma mais alongada fator que permite um melhor escoamento das águas a torna pouco propensa a inundações segundo Mito et al (2014). Observando a figura 5 também é possível afirmar que, de acordo com Christoletti (1980), o padrão de drenagem é dendrítico, pois se assemelha a configuração de uma árvore.

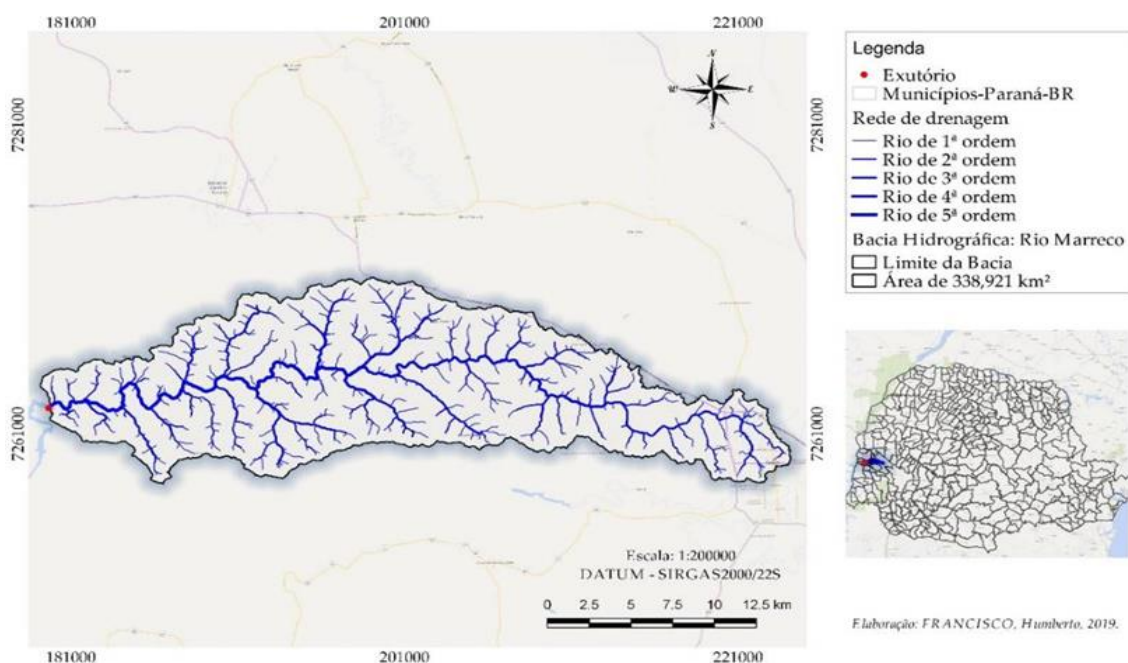


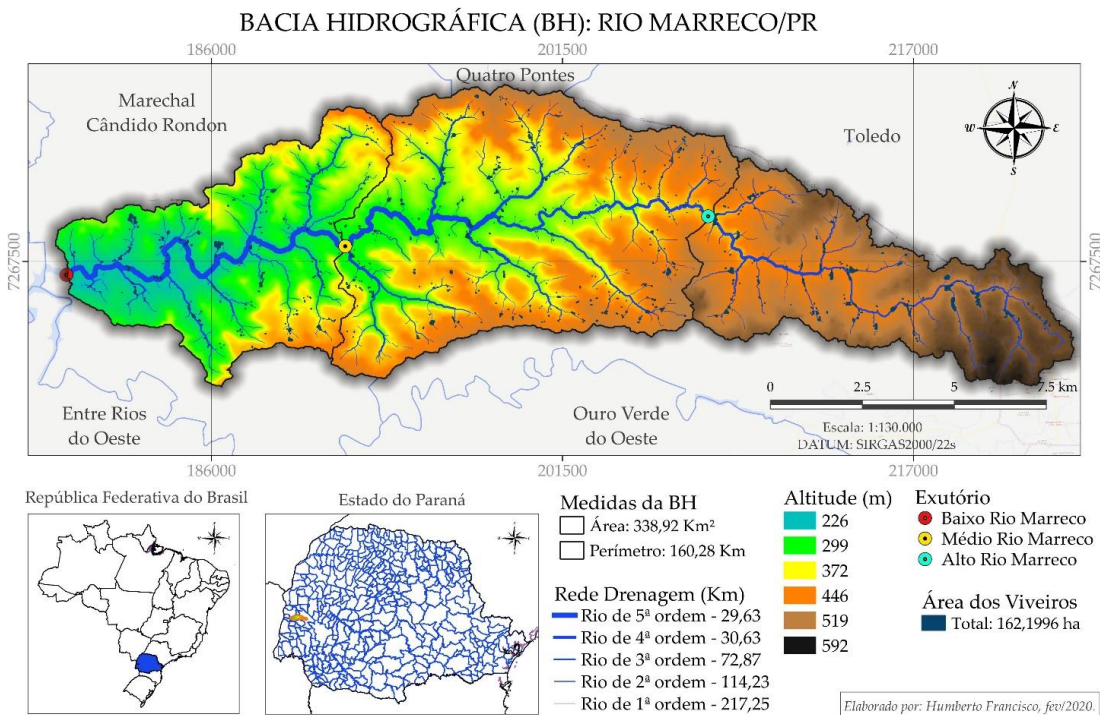
Figura 5 - Mapa de localização da microbacia do rio Marreco e sua rede de drenagem.

Para se ter a dimensão total da área estudada foram necessárias formas para dimensiona-la,

com isso a confecção de inúmeros mapas, para uma melhor visualização da região a ser estudada, onde é possível ver: além das demarcações dos viveiros escavados, a área total (Km<sup>2</sup>), perímetro (Km), as altitudes (m), as redes de drenagem (km) e os exutórios que delimitam cada sub-bacia (alta, média e baixo).

É possível constatar que a bacia do rio Marreco se encontra em uma área de altitude variada, onde temos pontos baixos (226 m) até trechos de elevada altitude (592 m), ou seja uma variação que chega a 350 m, isso se dá ao fato da jusante do rio Marreco jogar suas águas direto no rio Paraná, além de possuir ao longo de sua bacia, uma rede de drenagem com mais de 450 km de extensão (afluentas ao longo do trajeto do rio), sendo mais da metade dessa rede composta por rios de 1ª ordem (ANA,2005). Isso possibilitou também com a determinação dos exutórios, a divisão das sub-bacias, sendo de essencial ajuda para uma melhor caracterização das mesmas.

Ao todo nesse trabalho foram identificadas 1.457 unidades de produção (lâminas d'água) em toda área de estudo, o que representou uma área ocupada de 162,2 ha, conforme a distribuição espacial (Figura 6). Com isso foi possível através das divisões em sub-bacias, estimar o percentual de lâminas d'água, sendo que a maior concentração se deu no Alto Marreco (38%) seguido pelo Médio (35%) e o Baixo (27%).



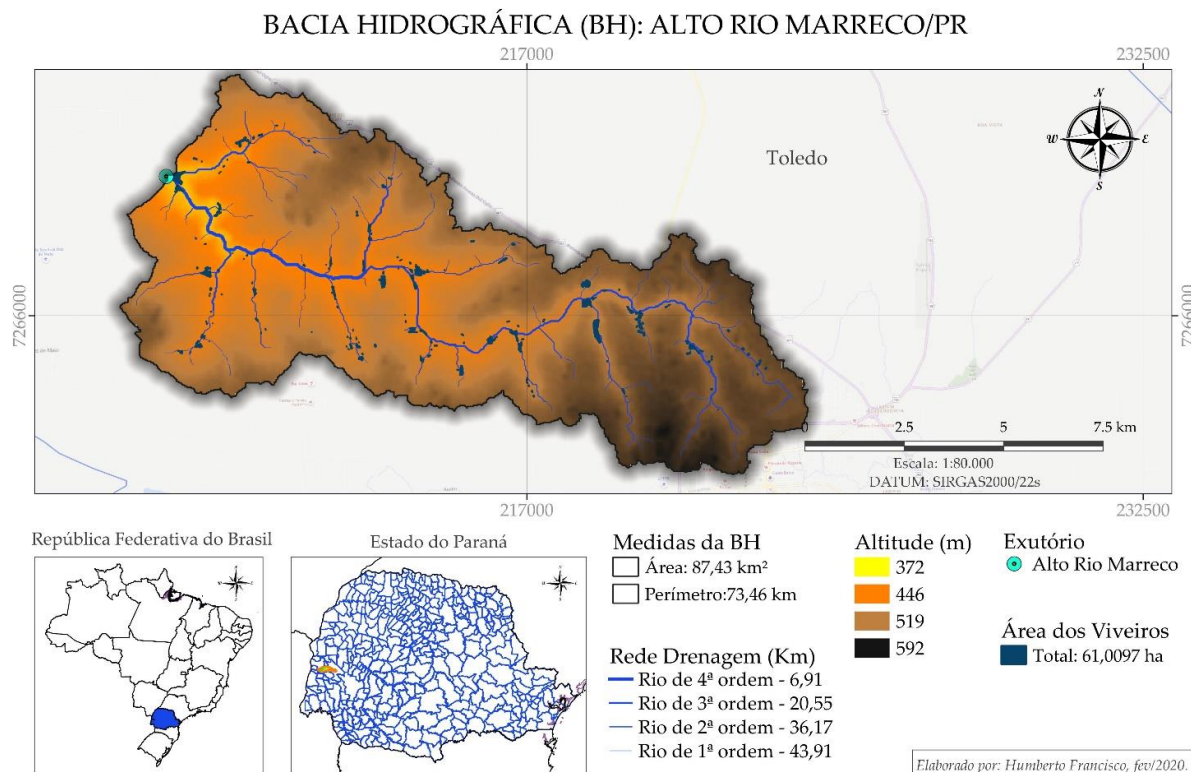
**Figura 6 - Bacia do rio Marreco com as demarcações dos viveiros escavados (polígonos).**

Para Little & Muir (1987) o uso da terra deve ser considerado ao selecionar um local para a

aquicultura e para as atividades agrícolas em áreas adjacentes. Por isso que foram constatadas muitas áreas de viveiro próximas a suinoculturas e pastagens, pois as condições de incentivo à produção agrícola geralmente favorecem a atividade aquícola e vice versa. Entretanto, a agricultura pode ser usada como um bom indicador de áreas em favor do empreendimento aquícola (Little & Muir, 1987).

Também foi possível constatar que a bacia do rio Marreco possui duas grandes áreas de concentração de viveiros, e que as mesmas se encontram no Alto em grande escala e no Médio em escala menor se comparada.

Com todos os polígonos georreferenciados e utilizando a calculadora de campos do QGIS, foi criado um banco de dados, com parâmetros necessários para o cálculo da área de lâmina d'água de cada sub-bacia. A análise vetorial foi realizada manualmente, não sendo possível realizar de forma semi-automática ou automática, pois segundo Francisco et al. (2019), a separação das bandas espectrais não se torna possível quando usamos o Google Earth como ferramenta para disponibilização dessas imagens, o que seria viável se fosse realizada utilizando imagens de um sensor multiespectral.



**Figura 7 - Alto marreco com as demarcações dos viveiros escavados.**

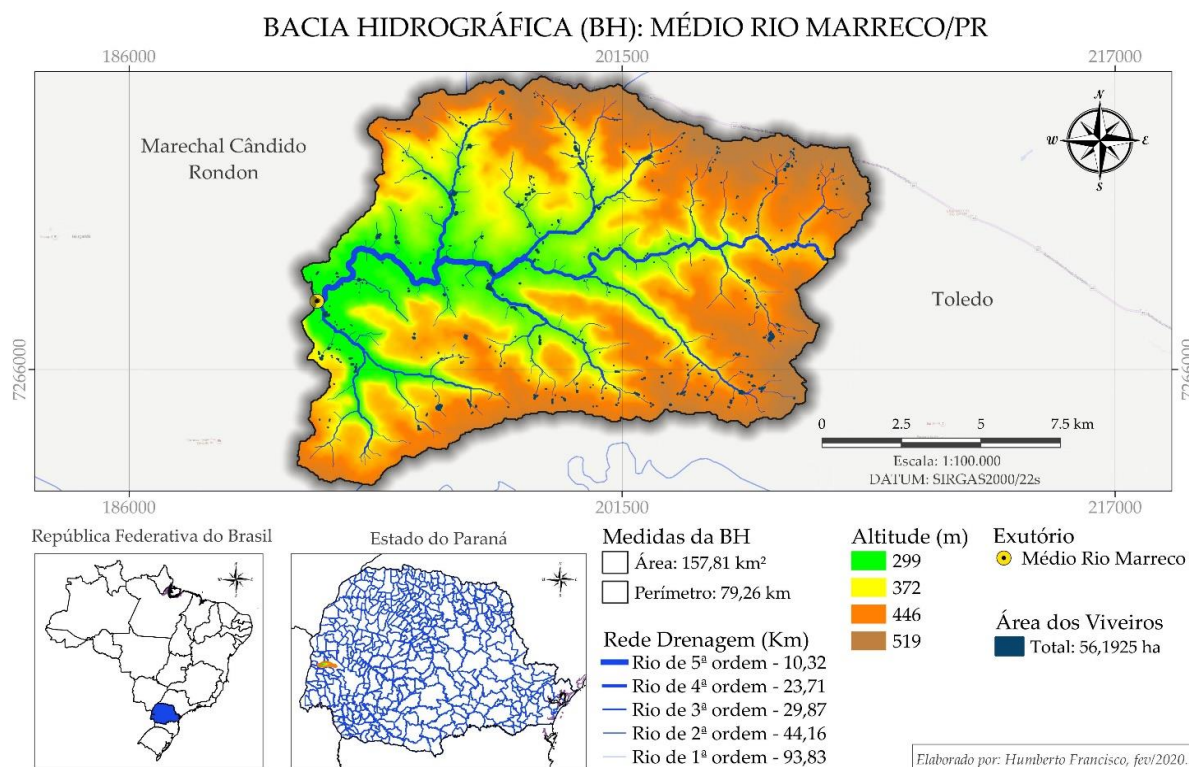
Nesse estudo foi possível constatar que a sub-bacia do Alto Marreco é onde se encontram as

maiores altitudes (média de  $\pm 480$  m) e também foi caracterizado por ser uma sub-bacia com uma rede de drenagem simples e pouco extensa ( $\pm 107$  km extensão) (Projeto Mapbiomas, 2020), e por não ser complexa como as outras sub-bacias que compõem o rio Marreco, não possui rios de 5ª ordem, e seus rios de 3ª e 4ª não são extensos, destacando-se apenas a extensão do rio Marreco (1ª ordem com  $\pm 44$ km), IBGE, (2019).

A sub-bacia do Alto Marreco se caracteriza por possuir a maior taxa de uso e ocupação do solo (38%) pois é onde que se concentram as áreas com os maiores volumes de lâmina d'água para piscicultura pois foram onde as primeiras atividades ocorreram com grandes cargas dos viveiros mais os efluentes urbanos (perímetro urbano de Toledo, Três Bocas, Vila Nova Videira), fizeram com que o aporte de nutrientes passasse a ficar comprometido por esse intenso fluxo de efluentes na bacia hidrológica do Alto Marreco, esses fatores permitiram afirmar que é a sub-bacia com o maior índice de impacto ambiental. O que é perceptível pois é possível identificar uma organização social e produtiva nessa sub-bacia que se tornou expressão de um conjunto de relações sociais materializadas nos resultados da cooperação e que, a partir destas relações, criou espaço para a definição de competências e estratégias para o seu desenvolvimento. Isso faz com os “atores” que compõem a rede de relações atuem em conjunto e fortalecem ainda mais a cadeia logística já existente (Franco *et al.*, 2017). O que agregou a região, contatos e relacionamentos com outros elos que compõem a cadeia, como cooperativas, instituições de ensino, pesquisa e extensão, que são fundamentais e trazem para a rede informações de mercado, tecnologias inovadoras e novas possibilidades de negócios. Isso também levou a oportunidades como: perspectivas de mercado na visão dos responsáveis pelos frigoríficos, que identificaram a oferta de matéria-prima de alta quantidade; elevada capacidade de produção de matéria-prima na região onde estão sendo construídos os açudes; mercado promissor, com aumento de consumo *per capita* de pescado processado.

As maiores áreas de viveiros se encontram no curso do rio de 1ª ordem ou muito próximas a ele o que pode ser explicado pelo fato de poupar gastos e aproveitamento do curso do rio, práticas essas que hoje em dia são proibidas (Maranhão, 2013), também se caracteriza como um possível cenário para um efeito cascata até o exutório entre o Alto Marreco e o Médio, pois a carga de nutrientes oriundos dos efluentes urbanos fluem facilmente pois rios de 1ª ordem que tendem a ser mais profundos e com intenso movimento hidrológico segundo Hijmans *et al.*, (2005).





**Figura 8 - Médio Marreco com as demarcações dos viveiros escavados.**

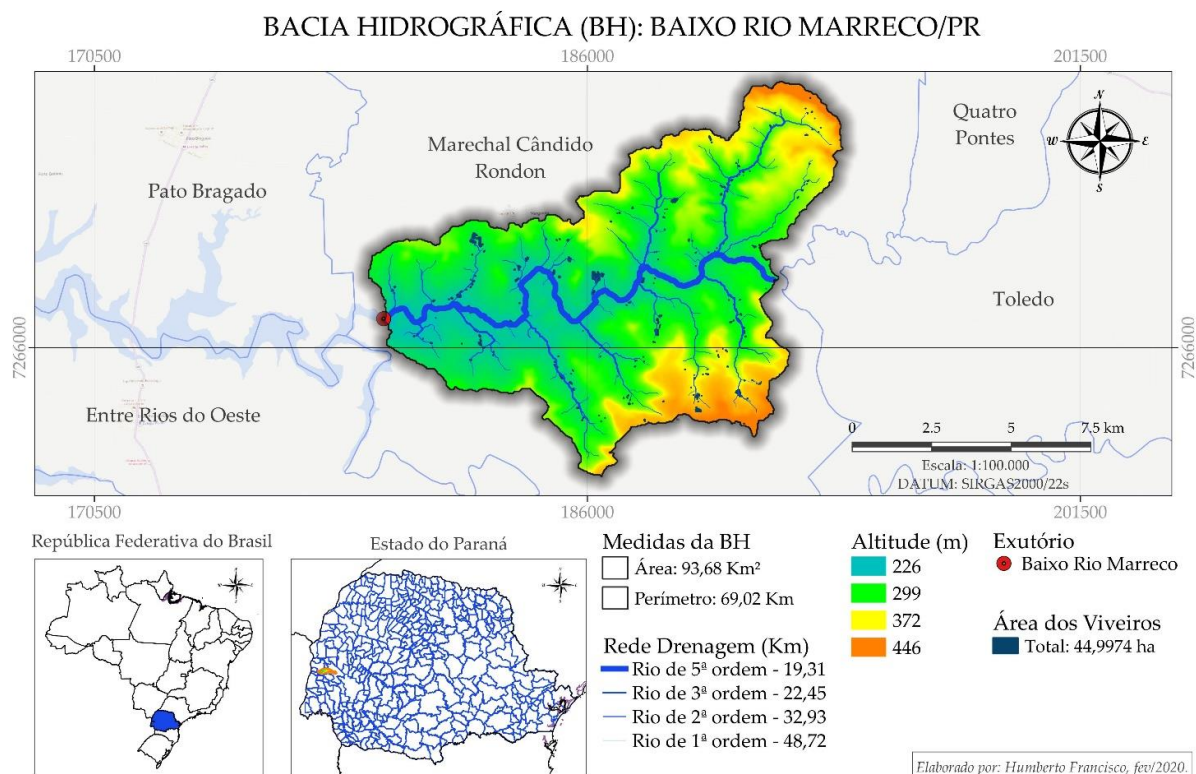
É na sub-bacia do Médio Marreco onde ocorre a mudança de cenário urbanizado pra o de áreas agrícolas, ainda que haja áreas urbanas (Dez de Maio, Ipiraca e Dois Irmãos). A sub-bacia possui grandes altitudes, variação menor ( $\pm 409$  m) e conta com uma rede de drenagem complexa e muito extensa ( $\pm 202$  km de extensão), onde o rio de 1ª ordem passa dos 90 km de extensão e com grande presença de rios de 2ª, 3ª e 4ª respectivamente. Apesar da sua alta declividade, apresenta um índice de uso do solo muito próximo ao do Alto marreco (35%) (pequenas pisciculturas ao longo da sub-bacia, todas propriedades com pouca lâmina d'água) mas a sua extensa área verde (florestas e matas), seu aporte de nutrientes na rede de drenagem pode ser considerado alto se comparado com as demais sub-bacias.

A região enquadra-se em um relevo montanhoso, pois possui os geomorfismos típicos dessa condição (declividade e altitude) e isso é mais um fator para justificar a baixa taxa de uso e ocupação do solo, a sub-bacia não é a mais adequada para a construção de viveiros escavados mais for fatores geomorfológicos segundo Marques (2003), pois o processo teria um impacto ambiental acentuado o que não impossibilita a execução apenas encareceria o projeto, pois o aporte hidrológico é totalmente capaz de sustentar tal pratica (ANA, 2013). Outra alternativa seria a adequação da área para outras atividades agrícolas como a pastagem, pois ambas atividades são praticadas em terrenos com baixa variação de declividade, o que pode facilitar

trabalhos de terraplanagem e por consequência diminuição do custo (Völcker & Scott, 2009). Por consequência resíduos dos produtos agropecuários produzidos são reutilizados como matéria-prima para a aquicultura, (esterco de avicultura e suinocultura para adubação dos viveiros) ou seja, agregando valor a esses resíduos e transformando em novos produtos de origem animal e complementando a renda (SCHNEIDER, 2003).

Apesar da alta declividade segundo Boyd e Queiroz (1997) alocar viveiros em áreas sem valor para outras culturas além de ser menos impactante, aumenta a sustentabilidade dos viveiros, pois não sobrecarrega o aporte de nutrientes da rede hídrica.

Através do mapa abaixo (figura 9) foi possível caracterizar alguns aspectos da sub-bacia do Baixo Marreco, onde temos a menor altitude de toda a bacia ( $\pm 336$  m), uma rede hidrológica de médio porte ( $\pm 122$  km de extensão), porém complexa e intrínseca pois possui uma grande extensão de rios de 3ª e 5ª ordem, que é plausivelmente responsável por uma grande parte do aporte de nutrientes ao longo da sub-bacia (Fritzsos et al. 2008).



**Figura 9 - Baixo Marreco com as demarcações dos viveiros escavados.**

Vemos que no Baixo Marreco há maior aglomeração de pisciculturas em áreas de menor declividade (áreas à jusante do rio Marreco) com a predominância das maiores lâminas d'água ao longo do rio Marreco e nos rios de 2ª ordem pois se apresentam planos. Essa característica fez com que os índices de uso e ocupação do solo na sub-bacia do baixo Marreco apresente uma

concentração não intensa (27%) com a presença de grandes áreas de lâminas d'água em torno do curso do rio o que deflagra que são propriedades antigas e já consolidadas nessa práticas segundo Simon (2019), e um grande número de laminas de classe I que podem ser transformadas facilmente em vários tanques classe II se houver uma necessidade comercial e logística futura. É uma sub-bacia que apresentou uma situação diferente das demais, pois como foi visto no Alto e Médio Marreco, não apresentou áreas urbanas que possam influenciar na descarga despejada de efluentes na rede hídrica, isso caracteriza que o Baixo Marreco manteve seus índices de aporte de nutrientes sem alterações, ou seja sem efluentes urbanos em curso com os viveiros (Pádua, 2003). Segundo Ono & Kubitza (2002), a declividade constitui-se como um dos principais determinantes à seleção de áreas para o empreendimento da piscicultura em viveiros escavados. Portanto, totalmente adequado e aptos a construção de viveiros escavados.

Por ser a região que reúne as melhores condições a prática piscícola, nota-se ainda que não está, totalmente inserida na rede logística da tilapicultura, pois as características das laminas d'água indicam que não está integrada ao contexto rural/urbano que é a realidade da produção aquícola da Bacia do Marreco, e por isso está fora da rede de relações que propicia aos produtores rurais um maior acesso ao mercado para colocação de seus produtos segundo Ploeg (2000). Para Sacco dos Anjos (2001) a experiência com a integração trás aspectos positivos aos produtores, sendo um agente de difusão tecnológica o que leva o produtor a adquirir conhecimentos dos princípios básicos de gestão da unidade de produção agropecuária, por meio dos controles exigidos pela agroindústria convencional, em termos de qualidade da produção. O que também contribui para acabar com a falta de mão de obra sem qualificação e baixos investimentos em divulgação da atividade (Kummer, 2007). O que levará aos produtores se adequarem como transformarem as lâminas d'água classe I em classe II ou classe III, para facilitarem a logística da rede já estabelecida. O que é fundamental para as redes verticais de produção, que trazem pontos positivos, como oportunidades de articular a um nível organizacional superior aos produtores que não interagem segundo Navarro (2001).

Com a alta informatização de dados e a urgência de novas metodologias que sejam baratas e eficientes as geotecnologias adquiriram um papel fundamental nas práticas aquícolas pois auxiliam a localização de regiões com potencial para viveiros escavados, determinando área de uso e ocupação, limites e restrições, estes dados quando inserindo no SIG, nos permite mapas gerados que são capazes de definir as áreas aptas para o cultivo do pescado Freitas et al. (2015). A falta dessas informações ocasionalmente leva a implantação desordenada das áreas

piscícolas, que alteraram as condições ecológicas, ambientais e ainda impactaram a biodiversidade aquática (Vafaie et al., 2015). Também foi possível demonstrar a potencialidade dessa atividade na região, no intuito de desenvolver a prática de ações coletivas em forma de rede (*network*) com capacidade para influenciar na melhoria da competitividade do setor (Masquietto et al., 2011).

### 3.3 Impacto Ambiental

A carga residual estimada dos viveiros apresentou um aumento da concentração de fósforo (P) e nitrogênio (N) na água, o que compromete a sua qualidade (Cyrino et al., 2010). As boas práticas de manejo na aquicultura são fundamentais para que se promova a atividade com sustentabilidade ambiental, uma vez, que a prática errônea pode causar impacto ambiental nos diversos ambientes, principalmente o ambiente aquático.

Conforme mostra a tabela é possível constatar que o aporte de nitrogênio retido nas lâminas d'água é muito menor do que o liberado pelo efluente e houve um aumento contínuo no lançamento de nitrogênio, o que leva a provocar a eutrofização dos ambientes aquáticos. Isso ocorreu devido ao uso massivo de fertilizantes, segundo Correll, (1998), pois ao longo da bacia do rio Marreco existem inúmeras propriedades que possuem viveiros em conjunto com outras atividades agrícolas (avicultura, suinicultura etc.), possível observar que a sub-bacia do Alto Marreco é o trecho que possui o aporte mais elevado de nutrientes liberados para os efluentes, o que se justifica por ser a sub-bacia mais impactada pela urbanização e concentração piscícola. O Médio Marreco possui valores muito semelhantes, mas são explicados pois a configuração de uso e ocupação do solo se originou com atividades não aquícolas, que logo foram complementadas pois a praticidade encontrada foi justificada como aproveitamento de condições oriundas de outras atividades e consórcio com outras produções agrícolas (Ulgiati, 1998). Já no Baixo Marreco mesmo com valores semelhantes as outras sub-bacias, ainda se mostrou uma sub-bacia pouco impactada pela urbanização (como o Alto Marreco), mas com uma carga de nitrogênio lançada nos efluentes muito parecidas com a produzida em outra sub-bacia (Médio Marreco), pois mesmo com a pouca área de viveiros, baixo impacto urbano, a emissão de nutrientes (N e F) no ambiente se mostrou expressiva o que nos leva a possibilidade de uma intensa atividade nas poucas áreas de lâmina d'água.

**Tabela 1 – Quantidades de nutrientes residuais respectivos a lâmina d'água de produção em relação as sub-bacias do rio Marreco. (adaptado do estudo desenvolvido por Coldebella (2018)).**

TRATAMENTOS	VARIAVEIS						
				Nutrientes que ficam no ambiente		Nutrientes eliminados nos efluentes	
	Biomassa (Kg)	Área de drenagem (Km <sup>2</sup> )	Área viveiros (ha)	NT (Kg)	PT (Kg)	NT (Kg)	PT (Kg)
<b>ALTO MARRECO</b>							
Pequenos tanques	278	98,02	55,6	28.879,75	21.124,66	115.150,38	12.421,59
Médios Tanques	19	6,69	3,8	1.973,79	1.443,77	7.869,99	848,95
Grandes Tanques	8	2,82	1,6	831,07	607,90	3.313,68	357,45
<b>Total</b>	<b>305,05</b>	<b>107,54</b>	<b>61,0</b>	<b>31.684,62</b>	<b>23.176,34</b>	<b>126.334,05</b>	<b>13.628,01</b>
<b>MÉDIO MARRECO</b>							
Pequenos tanques	246,3	183,63	49,3	25.607,40	18.731,04	102.102,76	11.014,11
Médios Tanques	17,5	13,03	3,5	1.817,97	1.329,79	7.248,67	781,93
Grandes Tanques	7,1	5,21	1,4	727,18	531,91	2.899,47	312,77
<b>TOTAL</b>	<b>270,96</b>	<b>201,89</b>	<b>54,2</b>	<b>28.152,56</b>	<b>20.592,74</b>	<b>112.250,91</b>	<b>12.108,22</b>
<b>BAIXO MARRECO</b>							
Pequenos tanques	204,5	112,16	40,9	21.244,27	15.539,54	84.705,94	9.137,46
Médios Tanques	14,1	7,86	2,8	1.454,37	1.063,83	5.798,94	625,54
Grandes Tanques	6,4	3,56	1,3	675,24	493,92	2.692,36	290,43
<b>TOTAL</b>	<b>224,98</b>	<b>123,41</b>	<b>45,0</b>	<b>23.373,90</b>	<b>17.097,30</b>	<b>93.197,25</b>	<b>10.053,45</b>
<b>Sub-bacias (total)</b>	<b>800,99</b>	<b>432,84</b>	<b>160,2</b>				

Nota: adaptado do estudo desenvolvido por Coldebella (2018).

Como o fósforo é uma importante fonte para o crescimento de microalgas (Lambers et al., 2008; McDowell et al., 2015; Ni & Wang, 2015), seu excesso promove a eutrofização (Ahlgren et al., 2006; Conley et al., 2009; Meinikmann et al., 2015) e com seu fluxo na bacia hidrográfica relacionado aos processos geoquímicos (Imberger, 1994). Na Bacia do rio Marreco se torna importante porque representa uma maneira de avaliar a poluição ambiental (Boyd, 1980; Tundisi & Tundisi, 2008). Na aquicultura a ração é o principal fator de aporte de fósforo em sistemas de produção (David et al., 2017). Com isso o gerenciamento produtivo é fundamental para promover ao meio ambiente a sustentabilidade (Patel e Yakupitiyage, 2003). A prática errônea promove o impacto negativo no meio aquático (Pillay, 2007; Bhujel, 2013). Para minimizar esse efeito do acúmulo de fósforo, tem-se o uso de fontes vegetais (fitase) na alimentação, tem mostrado sua eficiência na absorção do P, o que leva à diminuição da excreção, o que ocasiona uma redução de efluentes gerados (Furuya, 2000).

A justificativa para a poluição com fosfato no meio aquático é segundo Pellegrini (2005) oriunda de fontes difusas (agricultura, lançamento de efluentes domésticos, etc) são as que mais contribuem para a contaminação das águas, tanto superficiais quanto sub-superficiais. Na Bacia Hidrográfica do rio Marreco temos todos esses tipos de fontes difusas como efluentes domésticos e industriais (Alto Marreco), produção agrícola e processos geoquímicos (Médio

Marreco), e produção agrícola (Baixo Marreco). Esses tipos de poluição se caracterizam por apresentar uma variabilidade temporal e espacial nas concentrações e quantidades de fósforo transferidas para o sistema de drenagem da bacia hidrográfica do rio Marreco. Como é notado na tabela 2 o aporte de nutrientes trazidos pelos viveiros médios mostrou um significativo impacto quando se comparado a sua área de participação total na Bacia do rio Marreco, sendo possível ver que nas sub-bacias a relação de nitrogênio no efluente é 6 vezes maior do que o retido no ambiente. Mas o aporte de fósforo se mostrou reduzido o que aponta o uso de rações com maior disponibilidade de fósforo, sendo fundamental para minimizar tal impacto (Liebert & Port z, 2005; Roy & Lall, 2003), pois melhora a digestibilidade (Miranda et al., 2000; Furuya et al., 2001) e evita altas taxas de excreção ou lixiviação (Bueno et al., 2016; Lupatsch & Kissil, 1998). Pois quanto melhor for a conversão alimentar do peixe, menor será o seu potencial poluente e conseqüentemente menor o fluxo lançado aos efluentes.

**Tabela 2 – Aporte de nutrientes oriundos dos tanques médios da Bacia do rio Marreco. (adaptado do estudo desenvolvido por Coldebella (2018))**

<b>Bacia Hidrográfica do rio Marreco - Lâminas d'água – Médios Tanques</b>								
	% na Sub-Bacia	% Total na Bacia	Média (Ma)	Desvio Padrão	Nutrientes que ficam no Ambiente (ha)		Nutrientes eliminados nos efluentes (ha)	
					NT (Kg)	PT (Kg)	NT (Kg)	PT (Kg)
<b>ALTO MARRECO</b>								
Médios Tanques	9,38%	3,43%			1.973,79	1.443,77	7.869,99	848,95
<b>MÉDIO MARRECO</b>								
Médios Tanques	2,55%	0,75%			1.817,97	1.329,79	7.248,67	781,93
<b>BAIXO MARRECO</b>								
Médios Tanques	6,08%	2,05%			1.454,37	1.063,83	5.798,94	625,54
<b>TOTAL</b>		<b>6,23%</b>	<b>2,06</b>	<b>1,19</b>	<b>5.246,13</b>	<b>3.837,39</b>	<b>13.047,61</b>	<b>2.256,42</b>

Mas ainda é difícil conhecer com precisão as cargas difusas, tanto na quantidade como na qualidade, para que possa determinar se a Bacia do rio Marreco está no limite da capacidade de suporte (Prado,1999). Esses fatores, aliados às suas características morfométricas, influenciaram sua capacidade de suporte em receber cargas de nutrientes. Segundo Maia et al., (2015) a estimativa da capacidade de suporte é mesurada com base nas respostas do ambiente frente aos aumentos das cargas de nutrientes que entram no sistema (N e P). Contudo para um entendimento de todo o processo exigiria um trabalho a longo prazo para entender as mudanças nos usos do entorno da Bacia do rio Marreco, além dos fatores climáticos (Carpenter (2011)).

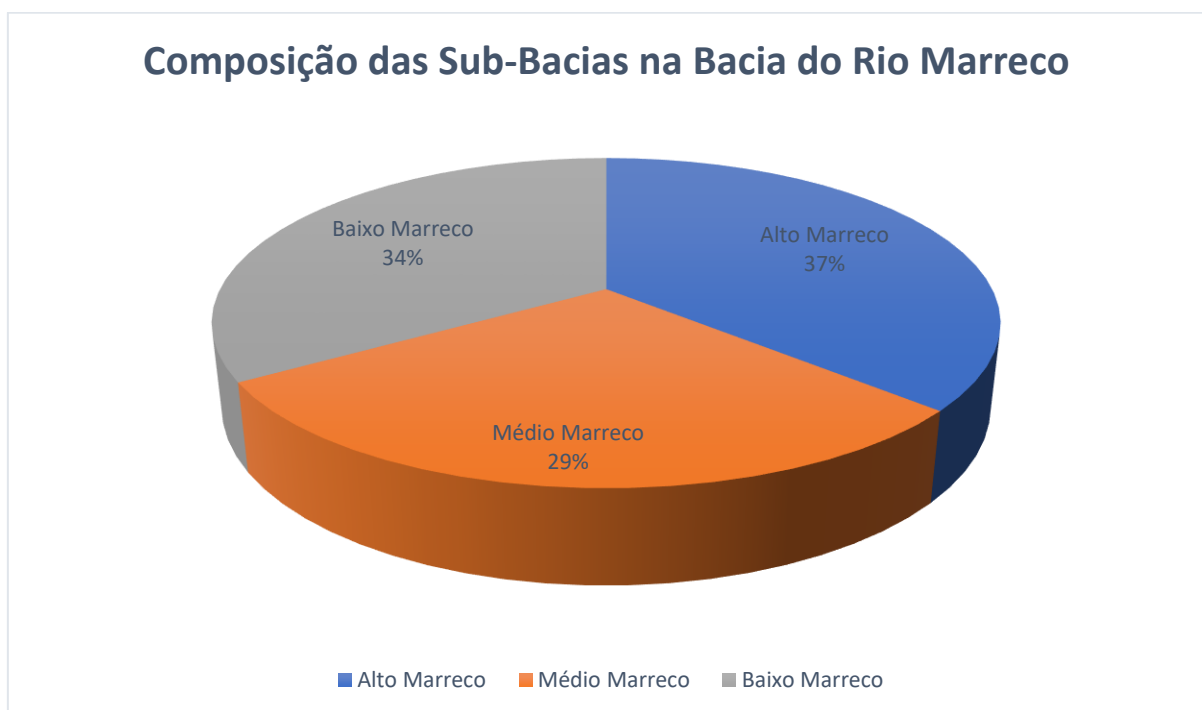
Portanto para avaliar a capacidade de suporte na Bacia do rio Marreco é necessário além do controle nutricional, de um adequado manejo alimentar das rações e da definição de limites para o lançamento de resíduos para o ambiente, que por consequência, constituem as ferramentas mais adequadas para garantir a inocuidade ambiental dos empreendimentos aquícolas. Para uma melhor caracterização nesse estudo foram ignoradas as lâminas d'água destinadas a utilização como Estações de Tratamento de Esgoto/ETE's, pois são necessárias ao percentual de tratamento para que a Bacia do rio Marreco possa por si só depurar (BRASIL,2014). Um ponto importante é o uso preponderante que se faz do ambiente. Uma água pode ser considerada adequada sob o ponto de vista ecológico, mas não adequada em termos higiênicos ou sanitários, por exemplo. Por esse motivo, os estudos de capacidade de suporte deveriam ser relacionados sempre aos usos preponderantes a que se destina cada trecho de um corpo d'água (PNRH 9433/97). Maiores áreas destinadas a tanques de depuração para a retenção dos nutrientes (P principalmente) como disposto na Resolução no 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Sendo assim uma ferramenta eficaz e de baixo custo no tratamento de efluentes domésticos, agrícolas e industriais, segundo Chagas et al. (2012).

**Tabela 3 – Constituição das classes de viveiros e sua participação na área de cada sub-bacia.**

<b>Bacia Hidrográfica do rio Marreco - Lâminas d'água por classe</b>		
	<b>% SUB-BACIA</b>	<b>ÁREA DE CADA CLASSE NA SUB-BACIA (Ha)</b>
<b>ALTO MARRECO</b>		
<b>CLASSE I (Pequenos)</b>	<b>88,36%</b>	<b>53,9</b>
<b>CLASSE II (Médios)</b>	<b>9,38%</b>	<b>6,93</b>
<b>CLASSE III (Grandes)</b>	<b>2,26%</b>	<b>0,17</b>
<b>Total na Sub-Bacia</b>	<b>100%</b>	<b>61</b>
<b>MÉDIO MARRECO</b>		
<b>CLASSE I (Pequenos)</b>	<b>93,03%</b>	<b>52,29</b>
<b>CLASSE II (Médios)</b>	<b>2,55%</b>	<b>0,10</b>
<b>CLASSE III (Grandes)</b>	<b>4,42%</b>	<b>3,81</b>
<b>Total na Sub-Bacia</b>	<b>100%</b>	<b>56,2</b>
<b>BAIXO MARRECO</b>		
<b>CLASSE I (Pequenos)</b>	<b>92,08%</b>	<b>41,48</b>
<b>CLASSE II (Médios)</b>	<b>6,08%</b>	<b>3,49</b>
<b>CLASSE III (Grandes)</b>	<b>1,84%</b>	<b>0,03</b>
<b>Total na Sub-Bacia</b>	<b>100%</b>	<b>45</b>
<b>Total na Bacia</b>		<b>162,2</b>

Na tabela 3 acima vemos que a classe I (viveiros pequenos) constitui a maior representatividade em todas as sub-bacias, por consequência as maiores áreas de lâmina d'água. A classe II (viveiros médios) possui uma representatividade média de 5% a 10% nas áreas das sub-bacias, com exceção do Médio Marreco onde a atividade piscícola não é a principal atividade agrícola e sim um complemento para a renda produtiva. O Baixo Marreco é quase

todo constituído de viveiros classe I o que demonstra intensa atividade de tilapicultura, que se concentram em pequenas laminas d'água mas com alta intensidade produtiva, temos uma área para os tanques de classe II, que futuramente darão lugar a viveiros de classe III, pois a inserção as exigências da cadeia logística já estabelecida ditam os termos organizacionais segundo Giampietro, (1997). E na figura 14 (abaixo) vemos que as três sub-bacias do rio Marreco possuem quase as mesmas porcentagens de composição da Bacia em sua totalidade com uma leve predominância do Alto Marreco, facilmente explicado por ter em sua área a zona urbana da bacia.



**Figura 10 - Composição das sub-bacias na Bacia Hidrográfica do rio Marreco.**

As características morfométricas das sub-bacias estudadas, indicam que sua forma mais alongada permite um melhor escoamento das águas, entretanto, podemos afirmar que os períodos de maior precipitação, conseqüentemente, há maior capacidade de autodepuração nas sub-bacias nesse período. No período de estiagem torna-se necessário maior cuidado com os impactos ao ambiente, decorrentes do aporte de nutrientes, pois há menor precipitação e a capacidade de depuração diminui.



#### 4 – CONCLUSÃO

O impacto e a relevância que os estudos sobre a morfometria de uma bacia impõe quando usadas para determinar regiões para a prática de atividades agrícolas (principalmente a piscicultura), são indispensáveis como ferramenta para auxiliar na tomada de decisão em projetos que envolvem o uso de recursos físicos da região e no planejamento ambiental adequado. As lâminas d'água das respectivas sub-bacias apresentaram em sua magnitude um aporte de nutrientes, o que nos traz a necessidade de tecnologias para a atividade afim de termos a diminuição desses nutrientes ao longo da Bacia Hidrográfica do rio Marreco.

Para os gestores ambientais responsáveis pela outorga e licenciamento ambiental, os resultados deste estudo mostram quão importante é conhecer a dinâmica dos nutrientes nas criações e as características físicas da bacia de drenagem, para determinar a capacidade suporte do ambiente, de forma a não permitir licenciamentos que promovam impactos acima da capacidade de autodepuração dos cursos d'água.

## 5 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHLGREN, J., et al, , Biogenic phosphorus in oligotrophic mountain lake sediments: Differences in composition measured with NMR spectroscopy. *Water Research*. v.40, p.3705–3712. 2006.

ANA (Agência Nacional de Águas). Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Brasília: MMA. 123p. 2005.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos da Agência Nacional de Águas. Brasília – DF, 2013.

ANA (Agência Nacional de Águas). Manual de construção da base hidrográfica Ottocodificada: fase 1 – construção da base topológica de hidrografia e otobacias conforme a codificação de bacias hidrográficas de Otto Pfafstetter.

BAGDANA VIČIŪTĒ, I.; UMGIESSER, G.; VAIČIŪTĒ, D.; BRESCIANI, M.; KOZLOV, I.; ZAIKO, A. GIS-based multi-criteria site selection for zebra mussel cultivation: Addressing end-of-pipe remediation of a eutrophic coastal lagoon ecosystem. *Sci. Total Environ*. 2018, 634, 990–1003. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.361.

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*, vol. 20, nº35, p. 1-11.

BALSADI, O.V., (2001), Mudanças no meio rural e desafios para o desenvolvimento sustentável., *São Paulo em Perspectiva*, vol. 15, nº1, p. 155-165.

BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; NEU, D.H.; DIETERICH, F., 2012. Sistema orgânico de produção de pescado de água doce. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v. 13, n. 2, 578--590.

BOYD, C.E., *Water Quality in Warm water Fish Ponds*. University of Alabama. Alabama: EUA. 1980, 368p.

BOYD, C.E.; QUEIROZ, J. Manejo do solo e da qualidade da água em viveiro para aquicultura. Trad. Eduardo Ono. Campinas: ASA. *Pond Bottom Soil and Water Quality Management for Pond Aquaculture*. 55p. 1997.

BHUJEL, R.C., On-farm feed management practices for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Thailand. In M.R. Hasan and M.B. New, eds. *On-farm feeding and feed management in aquaculture*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583. Rome, FAO. pp.159–189. 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014, 112 p.

BUENO, G.W., et al. Different sources of phosphorus supplementation and its excretion by Nile tilapia juveniles (*Oreochromis niloticus*). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v.11, p.151–158. 2016.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P.; MARTINS, S. V. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan. *Revista Árvore*, Nova Friburgo-RJ, v. 30, p. 241- 248, 2006

CARDOSO, L.M. (2018). Desempenho produtivo e sustentabilidade ambiental na criação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em diferentes sistemas de produção. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

CARPENTER; S.R; BENNETT, E. Reconsideration of the planetary boundary for phosphorus. *Environmental Research Letters*. vol 6., 2011.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHAGAS, T. W. G.; SALATI, E.; TAU-K-TORNOSIELO, S. M. Sistemas construídos de áreas alagadas: revisão da legislação e dos padrões de qualidade da água. *Holos Environment*, Rio Claro, v. 12, n. 1, p. 87-98, 2012.

COELHO, P.A.; TORRES, M.F.A. Zoneamento do estado de Pernambuco para cultivo de camarões de água doce. *Rev. Bras. Zool.* 1982, 1, 149–154. DOI: 10.1590/S0101-81751982000300003.

COLDEBELLA, A., GENTELINI, A., PIANA, P.A., COLDEBELLA, P., BOSCOLO, W.R. & FEIDEN, A. (2017). Effluents from Fish Farming Ponds: A View from the perspective of its main components. *Sustainability*, 10, 16p.

COLDEBELLA, A.. Efluentes da piscicultura intensiva em viveiros escavados: caracterização e dinâmica dos nutrientes. Tese de doutorado não publicada, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo – Paraná, 2018.

CONLEY, D.J., et al. Controlling Eutrophication: Nitrogen and Phosphorus. *Science*, v. 323, p.1014–1015. 2009.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

CORRELL, D. L. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v. 27, p. 261- 266, 1998.

CYRINO, J. E. P., BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, E. J. K., 2010. A piscicultura e o ambiente - o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 68--87.

DAVID, F.S.; et al. Phosphorus Budget in Integrated Multitrophic Aquaculture Systems with Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, and Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum*. Journal of the World Aquaculture Society, p.402-414. 2017.

DIETERICH, F.; BOSCOLO, W. R. LÖSH, J. A.; FEIDEN, A.; FURUYA, W. M.; SIGNOR, A. A., 2012 Fontes de fósforo em rações orgânicas para alevinos e juvenis de tilápia - do - nilo. 47, 417--424.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Sistema Brasileiro de classificação de Solos. 2a ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

ESTEVEZ, F. A. Fundamentos em limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998. 602 p.

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*. 23. pp.238-263.

FERRERA DE LIMA, J. ; ALVES, L. R.; PIFFER, M.; PIACENTI, C. A. O continuum setorial regional dos municípios da mesorregião Oeste paranaense. In: XLIII CONGRESSO DA SOBER: Instituições, Eficiência, Gestão e Contratos no Sistema Agroindustrial, 2005, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: SOBER, 2005.

FRANCISCO, H. R., FABRÍCIO CORRÊIA, A. & FEIDEN, A., (2019), Classification of Areas Suitable for Fish Farming Using Geotechnology and Multi-Criteria Analysis, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 8, n°9, p. 394.

FRANCO, C.; CÂMARA, S. F.; PARENTE, R. C. Networks, R&D Projects and subsidiary behavior in a host country. *Brazilian Administration Review*, v.14, n.1, p. 1-21, 2017.

FREITAS, R.R.; TAGLIANI, P.R.A.; POERSCH, L.H. da S. Geoprocessamento aplicado na carcinicultura marinha em São José do Norte, Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev. Gest. Costeira Integrada* 2015, 15, 209–222. DOI: 10.5894/rgci548.

FRITZSONS, E., MANTOVANI, L. E., VIRGÍNIA, A. & DE AGUIAR, (2008), Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná, n°1, p. 16.

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B. et al., 2000. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.6, p.1912-1917, 2000.

FURUYA, W.M., et al. Apparent digestibility coefficients of energy and nutrients of some ingredients for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) (Thai strain). *Acta Scientiarum Maringá*, v. 23, p.465–469. 2001.

GEORGIN, J.; OLIVEIRA, G. A.; ROSA, A. L., 2015. Estudo comparativo de índices morfométricos relacionado com cheias nas bacias hidrográficas do alto Jacuí e Vacacaí – Vacacaí Mirim – RS. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Santa Maria, 19, 1357--1364.

GIAMPIETRO, M. Socioeconomic pressure, demographic pressure, environmental loading and technological changes in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Amsterdam, v. 65, p. 201-229, 1997.

GOMES, L.F.A.M.; GONZÁLEZ ARAYA, M.C.; CARIGNANO, C. Tomada de decisões em cenários complexos; Thomson: São Paulo, 2004; ISBN 978-85-221-0354-6.

HIJMANS, R. J., CAMERON, S. E., PARRA, J. L., JONES, P. G. & JARVIS, A., (2005), Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas., *International Journal of Climatology*, vol. 25, n°15, p. 1965-1978.

HOSSAIN, M.S.; CHOWDHURY, S.R.; Das, N.G.; RAHAMAN, M.M. Multi-criteria evaluation approach to GIS-based land-suitability classification for tilapia farming in Bangladesh. *Aquac. Int.* 2007, 15, 425–443. DOI: 10.1007/s10499-007-9109-y.

IMBERGER, J. Transport processes in lakes: A review. 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2019). Produção da aquicultura por tipo de produto – 2017.

IAPAR, (2019), class\_koppen - Instituto Agrônômico do Paraná. <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=2533> (accessed on 20/11/19)

KIMPARA, J.M., ZADJBAND, A.D., VALENTI, W.C., 2012. Métodos para medir a sustentabilidade na aquicultura. (Embrapa Meio-Norte).

KUBITZA, F., 2000. Qualidade de água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. *Panorama da Aquicultura*, 10, 44--53.

KUBITZA, F.; ONU, E. A., 2010. Piscicultura familiar como ferramenta para o desenvolvimento e segurança alimentar no meio rural. *Panorama da Aquicultura*, 20, 14--23.

KUBITZA, F., 2014. Criação de peixes em viveiros e açudes – Parte II. *Panorama da 1073 Aquicultura*, 24, 14--21.

KUMMER, Lydia. Metodologia participativa no meio rural: Uma Visão Interdisciplinar Conceitos, Ferramentas e Vivências. Salvador: GTZ, 2007.

LAMBERS, H., et al. Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. *Trends in Ecology & Evolution*, v.23, p.95–103. 2008.

LIEBERT, F., PORT Z, L.. Nutrient utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed plant based low phosphorus diets supplemented with graded levels of different sources of microbial phytase. *Aquaculture*, v.248, p.111–119. 2005.

LITTLE, D.; MUIR, J. A Guide to integrated warm water aquaculture; Stirling, 1987; ISBN 978-0-901636-71-3.

LOPES, E. E., (2009), Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do google earth para a produção de mapas., UFSC.

LUPATSCH, I., KISSIL, G.W. Predicting aquaculture waste from gilthead seabream (*Sparus auratus*) culture using a nutritional approach. *Aquat. Living Resources*, v.11, p.265–268. 1998.

MACEDO, C.F. & SIPAÚBA-TAVARES, L.H. (2010). Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. *Bol. Inst. Pesca*. 36. pp.149-163.

MAIA, A. A. D; CARVALHO, S. L.; CARVALHO, F. T. Comparação de dois índices de determinação do grau de troia nas águas do Baixo Rio São José dos Dourados, São Paulo, Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 613-622, 2015.

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, Toledo-PR, 187-230 p.

MARQUES, R. V.; JEFFMAN, J., 2003. Princípios de conservação ambiental que necessitam ser respeitados para que seja possível uma real sustentabilidade da atividade de aquacultura. *Revista Ciências Administrativas*, Fortaleza, v. 9, n. 2, p. 220-228.

MASQUIETTO, C. D.; SACOMANO NETO; M; GIULIANI. A. C. Centralidade e densidade em redes de empresas: um estudo no arranjo produtivo local do álcool. *RAI – Revista de Administração e Inovação*, v.8, n.1, p.122-147, 2011.

MCDOWELL, R.W., et al. A National Assessment of the Potential Linkage between Soil, and Surface and Groundwater Concentrations of Phosphorus. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, v.51, p.992–1002. 2015.

MCLEOD, I.; PANTUS, F.; PRESTON, N. The use of a geographical information system for land-based aquaculture planning. *Aquac. Res.* 2002, 33, 241–250. DOI: 10.1046/j.1355-557x.2001.00667.x.

MENEZES, J.P.C. *et al.* Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma microbacia urbana. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v.15, n.4, p.659-672, 2014.

MEINIKMANN, K., et al. Phosphorus in groundwater discharge – A potential source for lake eutrophication. *Journal of Hydrology*, v.524, p.214–226. 2015.

MIOTO, C. L.; RIBEIRO, V. O.; SOUZA, D. M. Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A. & FILHO, A. C. P., 2014. Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 37, 16--22.

MIRANDA, E.C. et al. Apparent phosphorus availability in food for the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum*, v.22, p.669–675. 2000.

NATH, S.S.; BOLTE, J.P.; ROSS, L.G.; AGUILAR-MANJARREZ, J. Applications of geographical information systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture. *Aquac. Eng.* 2000, 23, 233–278. DOI: 10.1016/S0144-8609(00)00051-0.

NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 83-100, set./dez. 2001.

NAYAK, A.K.; KUMAR, P.; PANT, D.; MOHANTY, R.K. Land suitability modelling for enhancing fishery resource development in Central Himalayas (India) using GIS and multi-criteria evaluation approach. *Aquac. Eng.* 2018, 83, 120–129. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2018.10.003.

NI, Z., WANG, S., Historical accumulation and environmental risk of nitrogen and phosphorus in sediments of Erhai Lake, Southwest China. *Ecological Engineering*, v.79, p.42–53. 2015.

OLIVEIRA, R. F.; GALHARDO, L., 2007. Sobre a aplicação do conceito de bem-estar a peixes teleósteos e implicações para a piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 36, suplemento especial, 77--86.

OLIVEIRA, R. C., 2009. O panorama da aquicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, 2, 71--89.

ONO, E.A.; KUBITZA, F. Construção de viveiros e de estruturas hidráulicas para o cultivo de peixes. Available online: <https://panoramadaaquicultura.com.br/construcao-de-viveiros-e-de-estruturas-hidraulicas-para-o-cultivo-de-peixes-2/> (accessed on Dec 18, 2019).

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. A., 2008. Principais problemas enfrentados atualmente pela aqüicultura brasileira. In: OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer. Brasília: (Secretaria Especial da Aquicultura e Pesca/FAO, 276 p).

PÁDUA, H.B. de; O solo na aquicultura - Composição e gradiente das partículas do solo - Métodos práticos de identificação. 2003.

PATEL, A.B., YAKUPITIYAGE, A.. Mixed feeding schedules in semi-intensive pond culture of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L.: is it necessary to have two diets of differing protein contents? *Aquaculture Research*, v.34, p.1343–1352. 2003.

PELLEGRINI, J.B.R. 2005. Fósforo na água e no sedimento da Microbacia do Arroyo Lino, Agudo, RS. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Processos Químicos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS).

PEREIRA, L. P. F; MERCANTE, C. T. J., 2005. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. *Boletim do Instituto da Pesca*, São Paulo, 31, 81--88.

PILLAY, T.V.R., 2007. *References and Further Reading in Aquaculture and the Environment*. Second Edition, Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.188p.

PIZAIA, Márcia Gonçalves; CAMARA, Marcia Regina Gabardo; SANTANA, Maria Aparecida; ALVES, Rozane; *A Piscicultura no Brasil: Um estudo sobre a produção e comercialização de “oreochromis niloticus”*; Agricultura Familiar e Ruralidade; Sober, 2008.

PLOEG, J. D. van der et al. Rural development: from practices and policies towards theory. *Sociologia Ruralis*, Netherlands, v. 40, n. 4, p. 391-408, 2000.

PRADO, R. B. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água; estudo no médio rio Pardo – SP (período de 1985 a 1997). 1999. 209 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos. 1999.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TOLEDO (2017). Plano Municipal de Recursos Hídricos de Toledo, Disponível em: <http://www.toledo.pr.gov.br> Acesso em 12/10/2018.

PROJETO MAPBIOMAS. Coleção [3] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Available online: <http://mapbiomas.org/map#coverage> (accessed on Jan 11, 2020).

REZENDE, P.S.; MARQUES, D.V.; OLIVEIRA, L.A. de. Construção de modelo no QGIS e utilização do método de processo analítico hierárquico – AHP para mapeamento de riscos à inundação na área urbana de Paracatu – MG. *Caminhos Geogr.* 2017, 18, 1–18. DOI: 10.14393/RCG186101.

ROY, P.K., LALL, S.P. Dietary phosphorus requirement of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). *Aquaculture*, v. 221, p.451–468. 2003.

SACCO DOS ANJOS, F. Pluratividade e ruralidade: enigmas e falsos dilemas. *Revista Estudos, Sociedade e Agricultura*, n.17, p. 55-77, out. 2001.

SCHNEIDER, S. Desenvolvimento rural regional e articulações extra regionais. In: FÓRUM INTERNACIONAL, 2003, Fortaleza, p. 1-21.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL (2018) *Gráficos Municipais referentes ao Valor Bruto da Produção Rural 2017*. Curitiba:SEAB/Deral. 229p.

SIGNOR, A. A.; FEIDEN, A.; BITTENCOURT, F.; POTRISH, F. R.; DEPARIS, A.; BOSCOLO, W. R., 2011. Fósforo na alimentação de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 2646--2650.

SIMON, J.; WEBBER, D.C. Zoneamento aquícola: análise de contexto e abordagens técnicas. Available online: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1011444/zoneamento-aquicola-analise-de-contexto-e-abordagens-tecnicas> (accessed on Dec 29, 2019).

TUNDISI, J.G., TUNDISI, T.M. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de textos. 2008. 631p.

ULGIATI, S.; BROWN, M.T., 1998 – Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems. *Ecological Modeling*, 108, p.23-36.

VAFIAIE, F.; HADIPOUR, A.; HADIPOUR, V., GIS-Based Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Model for Coastal Aquaculture Site Selection. *Environ. Eng. Manag. J.* 2015, 14, 2415–2425. DOI: 10.30638/eemj.2015.258.



VALENTI, V. C.; KIMPARA, J. M.; PRETO, B. de L., 2011. Measuring aquaculture sustainability. *World Aquaculture*, 42:26-30 p.

VEIGA, J. E., 2008. Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Garamond, 3ª ed.

VILLELA, S.M., MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo: McGraw – Hill do Brasil, 245p, 1975.

VÖLCKER, C.M.; SCOTT, P. SIG e sensoriamento remoto para a determinação do potencial da aqüicultura no baixo São João-RJ. *Sist. Gest.* 2009, 3, 196–215. DOI: 10.7177/sg.2008.SGV3N3A3.

WELTER, E.C., COLDEBELLA, FEIDEN, A. (2019). A piscicultura como atividade agropecuária propulsora do desenvolvimento local e regional: O caso do município de Maripá/PR. *Interações* (No prelo).

ZIMMERMANN, S.; MOREIRA, H.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R., 2001. Fundamentos da moderna aqüicultura. ULBRA: Canoas, 2001.