



Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino,
Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul

**Desenvolvimento de aplicativo baseado em visão computacional para
otimização de processo de reprodução de peixes**

Chamada FUNDECT N° 06/2017 – UNIVERSAL-MS

Universidade Católica dom Bosco - UCDB

Fevereiro/2018
Campo Grande - MS

1. INSTITUIÇÕES INTEGRANTES E PARCEIRAS

O grupo de pesquisa denominado *Grupo de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Visão Computacional (INOVISÃO)* é formado por pesquisadores, docentes, estudantes e gestores de diversas áreas do conhecimento. Tem por finalidade pesquisar o uso da visão computacional nas áreas de agricultura, aquicultura, pecuária, perícia forense, entre outras.

Um dos projetos desenvolvidos pelo grupo é o *FISHCV*, que tem como objetivo a produção de conhecimento e o desenvolvimento de sistemas de visão computacional para solução de problemas relacionados com identificação e medições por imagem de diferentes espécies de peixes, com fins para aplicações na piscicultura, meio ambiente e educação.

A pesquisa, alicerçada por meio de acordo de cooperação técnico-institucional, será realizada no estado de Mato Grosso do Sul (MS), em parceria com Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS) e com a Universidade Católica Dom Bosco (UCDB). Os resultados sustentarão a elaboração da tese para o programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária (PPGCASA), na linha de pesquisa agronegócio e produção sustentável.

2. ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, o agronegócio brasileiro cresceu consideravelmente no cenário mundial, principalmente devido à extensão territorial do país, a localização geográfica, o clima, além dos múltiplos recursos naturais, o que favorece a vocação do Brasil em se tornar um dos principais fornecedores mundiais de alimentos (LOPES et al., 2017; MACEDO & NISHIZAKI-JUNIOR, 2017). Cenários apontam para uma mudança no hábito alimentar, impulsionada pelo crescimento econômico, com uma tendência no aumento do consumo de carnes, sobretudo de peixes (FAO, 2017; MOUËL & FORSLUND, 2017). Nesse contexto, o Brasil dispõe de uma enorme capacidade para o desenvolvimento da piscicultura, produzindo uma proteína animal de excelente qualidade, a qual, ademais, constitui uma atividade lucrativa e que, nos últimos anos, têm crescido significativamente (RODRIGUES et al., 2016).

Segundo Thilsted et al. (2017), a aquicultura é o setor da produção de alimentos que mais cresceu no mundo nas últimas quatro décadas, e o consumo mundial de peixes continua aumentando, atingindo 19 kg/capita/ano em 2011, acima de 9 kg/capita/ano em 1961. De acordo com Kirchner et al. (2016), o Brasil é um dos poucos países que possuem disponibilidade de ambientes para o

desenvolvimento sustentável da aquicultura, o que faz deste segmento uma das atividades agropecuárias com maior potencial de crescimento na atualidade.

Para o sucesso da aquicultura, é imprescindível que as espécies de peixes se perpetuem com a máxima eficiência, produzindo ovócitos, larvas e, conseqüentemente, alevinos de qualidade para serem utilizados posteriormente nos diferentes sistemas de criação, de repovoamento, bem como na formação de bancos de reprodutores, contribuindo, desta forma, para o desenvolvimento sustentável da piscicultura (SANTINÓN et al., 2010).

A técnica de reprodução artificial de peixes nativos utilizada no Brasil é tradicional, conhecida comumente como hipofisação. É a mais usada nas fazendas de reprodução, consistindo basicamente na aplicação de doses hormonais, coleta de sêmen e ovócitos por extrusão, homogeneização dos espermatozoides e ovócitos e incubação dos ovos. No entanto, é possível aprimorar tal metodologia, principalmente na seleção de matrizes e na avaliação das taxas de fertilização e eclosão (SHIMODA et al., 2007; NAVARRO et al., 2010; COLDEBELLA et al., 2011; TESSARO et al., 2012; DIEMER et al., 2014; ZADMAJIDA et al., 2017; BITTENCOURT et al., 2018). A mensuração e contagem de ovócitos de peixes é uma atividade muito trabalhosa, tediosa, demorada e fatigante, sendo realizada manualmente por meio de estereoscópico, o que requer um profissional experiente. Em função disso, é suscetível a falhas e erros que podem comprometer o processo reprodutivo (WRIGHT, 2013; DUAN et al., 2015; PINTOR et al., 2016).

De acordo com Duan et al. (2015), os sistemas de contagem automática de ovócitos de peixes diminuem o tempo de trabalho humano quando comparado com os métodos tradicionais de contagem manual. Pintor et al. (2016) desenvolveram um software para estimar a fecundidade dos peixes com base na análise digital. Tal suporte consegue detectar corretamente – e de forma automática – 80% dos ovócitos. Um módulo, que classifica os ovócitos de acordo com a presença ou ausência de núcleo com 84% de precisão, calcula os diâmetros, estima a fecundidade e, ainda, exporta as informações para um banco de dados. Portanto, o uso da visão computacional (VC) pode aperfeiçoar os procedimentos de mensuração e contagem dos ovócitos na hipofisação de peixes nativos.

Nos últimos tempos, as aplicações da VC têm desempenhado um papel cada vez mais importante nas indústrias de pesca e aquicultura (PINTOR et al., 2016). Em uma revisão sobre tecnologias de VC na aquicultura, Zion (2012) enfatiza que VC é uma tecnologia de análise visual robusta, que pode realizar muitas tarefas na aquicultura, tais como contagem, medição de tamanho, estimativa de biomassa, diferenciação de sexo, inspeção de qualidade, identificação de espécies, monitoramento da sanidade e comportamento. Além do mais, a VC apresenta várias vantagens: deixa os processos simples e rápidos, agiliza as análises visuais, possui elevada confiabilidade e, ao contrário do olho humano, nunca se cansam. Outrossim, conta com enorme precisão, grande

variedade de utilização e custo baixo. Por fim, é fácil de usar e é compatível com dispositivos móveis (SINGH & KUMAR, 2016; PARASHAR, 2017).

Para Singh & Kumar (2016), os dispositivos móveis são muito utilizados na atualidade e vêm substituindo vários instrumentos e dispositivos de medição usados no dia a dia. Isso ocorre em razão de esses novos equipamentos serem compostos de vários sensores, o que, somado à robustez do processador, possibilita uma medição precisa e confiável de vários objetos.

O avanço da tecnologia eletrônica torna o *smarphone* adequado para realizar técnicas de processamento de imagens, podendo ser aplicado para a estimativa de rendimento de várias culturas (GONG et al., 2013). Conforme Zhang et al., (2017), inquestionavelmente vários pesquisadores de VC estão entusiasmados com a possibilidade da utilização de dispositivos móveis para captura e processamento de dados, uma vez que esses aparelhos são equipados por uma ou duas câmeras de bordo, vários sensores microeletromecânicos e sistema operacional incorporado.

Diante do contexto apresentado e da lacuna observada, este trabalho tem como objetivo estudar e utilizar técnicas computacionais, desenvolvendo, baseado em VC, um aplicativo para dispositivos móveis, de modo a otimizar os processos de contagem e medição durante o transcurso de reprodução de peixes migradores.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

A presente pesquisa tem como objetivo desenvolver e validar um aplicativo para dispositivos móveis, baseado em VC, com a intenção de otimizar os processos de identificação, contagem e medição de ovócitos durante a reprodução de peixes migradores.

3.2. Objetivos Específicos

Estudar e realizar um levantamento de referencial teórico, buscando os principais autores e obras que subsidiem o estudo:

Desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis baseado em VC que possibilite:

- determinar o percentual de ovócitos com vesícula germinativa deslocada;
- mensurar os diâmetros;
- contar ovócitos;
- estimar a taxa de fertilização;

- avaliar a eficácia do uso do aplicativo em comparação com as contagens manuais;
- transferir o conhecimento obtido por meio de publicações em eventos e revistas técnico-científicos.

4. INOVAÇÃO E/OU ORIGINALIDADE DESTACADA NO PROJETO

A reprodução de peixes é uma atividade essencial para o desenvolvimento da cadeia produtiva da piscicultura. Todavia, este segmento é relativamente carente de novas tecnologias. Diante do exposto, são importantes algumas iniciativas que visem a aprimorar esse campo, sobretudo mediante a utilização da informática e da aplicação de dispositivos móveis, otimizando, assim, os processos da área da aquicultura. Além disso, o desenvolvimento de aplicativos em dispositivos móveis baseados em visão computacional contribuirá para o avanço da aquicultura, para a execução de tarefas de reprodução de peixes, para a otimização dos processos de contagem, para a mensuração da reprodução de peixes e, por fim, para a estimativa da taxa de fertilização, tornando-se uma ferramenta inestimável aos profissionais da área de reprodução de peixes.

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Aquicultura e produção de alimentos

A aquicultura é o cultivo de organismos estritamente aquáticos ou que tenham uma fase de sua vida na água. Engloba principalmente a piscicultura (criação de peixes); maricultura (cultivo de organismos marinhos); algicultura (cultivo de algas); ostreicultura (cultivo de ostras); carcinicultura (criação de camarões); ranicultura (criação de rãs); e jacaricultura (criação de jacarés) (SEBRAE, 2015; KIRCHNER, 2016).

As dimensões continentais brasileiras, que ocupam uma área de 8.515.759,090 km², compreendem cerca de dois milhões de hectares de pântanos, reservatórios, estuários apropriados para a aquicultura e têm, em seu território, 12% da reserva de água doce disponível do planeta. Comportam ainda cinco mil rios e contam com uma extensão costeira de 8.400 km (IBGE, 2017). Vale ressaltar ainda que, segundo Santos e Mattos (2009), a estagnação da produção extrativa, impulsionada pela redução de estoques naturais em ambiente marinho e dulcícola (água doce), transfere à piscicultura a tarefa de garantir o abastecimento de pescado para o consumo humano.

A produção mundial de pescados em 2014 alcançou 167 milhões de toneladas, e a aquicultura contribuiu com (44%) desse total. Neste mesmo ano, o Brasil se colocou como décimo quarto maior produtor mundial; nas Américas, está

atrás somente do Chile. Ademais, vale destacar que, no Brasil, a pesca extrativa foi superada pela aquicultura (SAINT-PAUL, 2017). Não obstante, a produção aquícola nacional ainda apresenta números básicos quando comparada aos maiores produtores mundiais, como a China, a Índia, o Vietnã e a Indonésia (FAO, 2014).

A preferência para o consumo do pescado é devida a algumas características relativas ao alto nível nutricional, proteínas de alto valor biológico (aminoácidos essenciais em proporções adequadas), vitaminas, ácidos graxos insaturados, bem como ao baixo teor de colesterol, o que faz desse alimento uma opção de consumo saudável quando comparada com outras carnes (Gonçalves, 2011; FAO, 2016). Andrade e Yasui (2003) concluíram que o Brasil, devido a suas qualidades híbridas, climáticas e sociais, reúne condições que o favorecem a ser um grande produtor de pescado, proporcionando um alto crescimento em toda a cadeia produtiva.

Aliás, Crepaldi et al., (2006) corroboram que ocorreu a profissionalização da esfera aquícola brasileira na última década do século XX e que, para atender às demandas da cadeia produtiva, houve expansão no desenvolvimento de equipamentos compatíveis com as mais modernas tecnologias de produção de peixes, o que estimulou os produtores a compreender e a utilizar as novas tecnologias do segmento aquícola.

De acordo com Andrade e Yasui (2003), o desenvolvimento da piscicultura brasileira depende do avanço de tecnologias que possam aprimorar a reprodução artificial de peixes nativos. No setor do agronegócio, a aquicultura é um excelente investimento, gerador de riquezas e empregos, com grande relevância socioeconômica. Todavia, para seu êxito, é necessário um fornecimento contínuo de novos indivíduos, ou seja, larvas, alevinos e juvenis com boa qualidade e preços competitivos (DIEMER, 2014).

5.2 Visão computacional

Entre os cinco sentidos humanos – visão, audição, tato, paladar e olfato – , sem dúvida a visão é o mais expressivo, como também o que fornece a maioria dos dados transmitidos ao cérebro, com simplicidade, clareza e velocidade na interpretação. Portanto, tarefas que utilizam esse sentido geralmente são mais simples de serem executadas, razão pela qual o homem depende mais desse sentido do que dos demais (DAVIES, 2012).

Já a VC, segundo Parashar (2017), é a ciência que pretende capacitar as máquinas a identificar o ambiente a sua volta, com a mesma capacidade do sentido de visão humana. Entretanto, para atingir tal potencial, há a necessidade de recursos computacionais de enorme performance, bem como algoritmos eficientes

de extrema complexidade para obtenção de informações. Desta forma, viabiliza-se a tomada de decisões a partir de imagens. Embora a VC tente se comparar com visão humana em algumas funcionalidades similares, não se pode esperar que um sistema de VC reproduza com exatidão a função do olho humano (NIXON, 2012).

Uma das tarefas mais desafiadoras e um dos principais objetivos da VC é extrair informações úteis das imagens com a mesma habilidade que os seres humanos possuem. Esse desafio fez com que milhares de pesquisadores e cientistas tivessem ocupado boa parte do seu tempo, nas últimas quatro décadas, em busca de soluções afins. Apesar disso, a tecnologia humana está ainda muito distante de desenvolver um sistema de VC que tenha o mesmo sentido da visão humana (PRINCE, 2013; PISTORI, 2013).

Já Davies, E. R. (2012) sustenta que o desejo humano é que as máquinas efetuem muito das suas laboriosas tarefas. Para tanto, as máquinas necessitam do processo de aprendizagem para executar os trabalhos mais complexos e peculiares, semelhantes aos executados por meio do sentido visual. Ademais, as aplicações da VC encontram-se atualmente em quase todas as áreas técnicas e científicas, desempenhando um papel cada vez mais importante nas indústrias de pesca e aquicultura (PINTOR et al., 2016).

Nesse sentido, Jähne & Haußecker (2002) sustentam que, para a compreensão do VC, o processo de reprodução do sentido visual humano deve ser dividido em etapas. Por isso, a área de VC é dedicada ao desenvolvimento de algoritmos de alta complexidade, capazes de expressar/simbolizar imagem em tempo real ou após sua captura. Por exemplo, a maioria das câmeras digitais atuais possui algoritmos embutidos para detecção de rosto (PRINCE, 2013).

Os objetos e cenas que não são radiantes (não possuem luz própria) necessitam de iluminação na proporção adequada para o processamento e para a aquisição da imagem; a câmera necessita da luz para fornecer vídeo de padrão superior. Porém, atualmente, a maioria delas já possui esse recurso; ademais, a captura pode ser realizada também por scanner, microscópio e estereoscópico, entre outros.

Após a obtenção da imagem digital, pode haver melhoria da imagem, diminuição de ruído, eliminação de sombras, detecção das bordas, entre outras otimizações, mesmo que ocorra alguma perda de informação em relação aos objetos de interesse captados. Essas novas imagens, transformadas em outras, realizam a maior interseção entre visão computacional e processamento digital de imagens.

Um dos passos frequentes após a obtenção e melhoramento da imagem é o dos recortes automáticos ao redor do objeto de interesse. Isso se efetiva por meio técnicas específicas, denominadas de segmentação. Em outras palavras, busca-se um particionamento da imagem em regiões, de forma a separar elementos de

interesse – para que o problema seja resolvido – de elementos que são irrelevantes para o problema.

Para problemas que envolvem contagem ou reconhecimento de múltiplos objetos, a segmentação, além de separar os elementos relevantes dos irrelevantes, separa os objetos de interesse em regiões distintas; a segmentação é geralmente guiada por características do objeto ou região como a cor ou a proximidade. (DAVIES, 2012; PISTORI, 2013).

O número de segmentos e o que precisa ser segmentado são altamente dependentes do problema. Com efeito, para uma mesma imagem podem existir várias alternativas. Ainda há grupos importantes de técnicas que podem ser aplicadas para segmentar. Por exemplo, a segmentação de limiarização em análise de histogramas de tons de cinza ou de cores possibilita definir um ou mais limiares para agrupar pixels de uma imagem, separando em frequência. Os limiares podem ser definidos manualmente ou com tentativas de valores aleatórios, com análise do resultado ou por meio das diversas técnicas automáticas disponíveis, sendo algumas destas fundamentadas em aprendizagem automática a partir de exemplos do segmento que se espera obter (COUDRAY *et al.*, 2010; MEDINA-CARNICER *et al.* 2011).

Em alguns problemas envolvendo segmentação em dois grupos, é comum termos, como resultado da segmentação, uma imagem chamada binária, com apenas dois tons; um geralmente com valor zero e o outro com valor 255. Essa segmentação é um caso especial, denominado de binarização.

Algumas medições, como área e diâmetro, por exemplo, podem ser obtidas diretamente das imagens binarizadas, por intermédio de analisador de blobs ou de partículas (as quais realizam diversos tipos de medições das “manchas pretas” resultantes da binarização). Também é possível contar o total de blobs (manchas), operação bastante útil em diversos tipos de problemas envolvendo imagens microscópicas. É possível perceber que o resultado da segmentação por limiarização/binarização não é perfeito, se considerarmos que o problema é, por exemplo, contar e medir os seus tamanhos. No entanto, utilizando operadores morfológicos sobre a imagem binarizada, é possível melhorá-la para reduzir os ruídos (DAVIES, 2012).

Atributos de forma buscam caracterizar informações relacionadas com o contorno dos objetos. Existem, por exemplo, atributos de forma que estão associados à circularidade (quanto mais “circular” maior o valor do atributo) e ao alongamento (quanto mais longo e fino maior o valor) de um objeto. Outros referem-se à topologia. Há ainda alguns que geram histogramas que mantêm contagens sobre a ocorrência de curvas de variados ângulos, ao percorrermos o contorno do objeto, como é o caso do algoritmo k-curvatura

O grupo de técnicas de Pontos de interesse inclui algoritmos como o SIFT e o SURF, que recentemente se tornaram muito populares na área de visão

computacional, pelos bons resultados apresentados em diversos tipos de problemas de detecção de objetos. Tanto o SIFT quanto o SURF – e outras técnicas similares – funcionam em duas etapas principais. Na primeira, são identificados nas imagens os chamados pontos de interesse, que são regiões do objeto que se espera que sejam mais representativas do mesmo e que, na tarefa de encontrar esses objetos em diferentes situações, possam ser mais úteis. Na segunda etapa, para cada ponto de interesse identificado, é gerado um vetor de atributos, também chamado de descritor do ponto de interesse. Esses descritores podem incluir atributos de cor, textura e forma, e são utilizados na busca por ocorrências do objeto em novas imagens (CSURKA, 2011; DAVIES, 2012; NAEEM, 2017).

Uma vez que o SURF e outras técnicas do mesmo grupo associam vários descritores (ou vetores de atributos) ao objeto que se pretende identificar, fica difícil a utilização das técnicas de aprendizagem supervisionada que precisam de um único vetor, descrevendo cada objeto ou cena de interesse. Uma maneira de contornar esse problema é a utilização de histogramas de palavras visuais (Bag-of-Words ou Bag-of-Visual-Words) que associam a cada objeto um histograma que conta o total de ocorrências de determinados tipos de descritores representativos. A escolha dos descritores representativos é realizada por meio da aprendizagem não-supervisionada, mais especificamente através do algoritmo kmédias (k-means) (JAIN, 2010; SZELISKI, 2010; LIU, 2013).

O Reconhecimento e Detecção é uma parte significativa dos sistemas de visão computacional. Possui como objetivo final ou intermediário o reconhecimento de objetos, seres vivos, cenas, defeitos, estruturas ou qualquer tipo de coisa que possa ser classificada de alguma forma.

Já a aprendizagem automática pode ser organizada em três grandes grupos de técnicas. No primeiro grupo, temos a aprendizagem supervisionada, quando o sistema tem acesso a amostras ou exemplos daquilo que ele precisa aprender. No segundo, chamado de aprendizagem não-supervisionada, temos os exemplos, mas eles não estão classificados ou marcados com a resposta que o sistema precisa dar. No terceiro grupo, temos alguns exemplos marcados e outros não, chamamos a este de aprendizagem semi-supervisionada. Alguns autores ainda distinguem um quarto grupo de técnicas, que não são tão exploradas em visão computacional, chamado de aprendizagem por reforço, na qual o sistema é, de alguma forma, “punido” ou “recompensado”, dependendo da resposta que oferece na fase de aprendizagem (SZELISKI, 2010; DAVIES, 2012; PRINCE, 2013, PISTORI, 2013).

5.3 Dispositivos móveis e suas aplicações

Segundo Freire-Obregón (2018), o crescimento da produção de novos dispositivos móveis, também chamados de dispositivos multimídia digitais móveis, colaborou em um novo cenário de crescimento e desenvolvimento das tecnologias da informação e comunicação (TIC). Esses dispositivos possibilitam a captura de dados de imagem e áudio, sem restrições de tempo, localização e rede, proporcionando à população um grande número de aplicativos disponibilizados em sistemas on-line.

Para Singh & Kumar (2016), as pessoas, a cada dia que passa, vêm adquirindo vários dispositivos móveis, uma vez que estes são altamente utilizáveis, principalmente por substituir vários instrumentos e meios de medição utilizados nas tarefas do cotidiano. Os avanços das tecnologias eletrônicas tornam os dispositivos móveis propícios para realizar técnicas de processamento de imagens, podendo ser aplicados para a estimativa de rendimento de várias culturas (GONG et al., 2013). Zhang et al., (2017) afirma que, inquestionavelmente, diversos cientistas utilizam técnicas de VC e estão cada vez mais confiantes na possibilidade da captura e, principalmente, do processamento de informações nos próprios dispositivos móveis, uma vez que estes são equipados por uma ou duas câmeras de bordo, vários sensores micro eletromecânicos, como giroscópio e acelerômetro e sistema operacional incorporado.

Já Casanova et al., (2013) concluiu que está cada vez mais rápido o desenvolvimento para dispositivos móveis, e um número significativo de pessoas já adquiriram *smartphones* e aplicativos utilizando VC, visto que se trata de uma maneira elegante de desenvolver aplicativos usando imagens capturadas por câmeras de dispositivos móveis. As aplicações de aprendizagem profunda, segundo Lu et al., (2017), tendem a ser amplamente implantadas de maneira uniforme e extensa em dispositivos móveis, como, por exemplo, *smartphones*, carros autônomos, drones etc. Os dispositivos móveis realizam apenas a classificação; entretanto, o treinamento será efetuado nos computadores com poderosas GPUs. Além disso, as pesquisas apontaram várias formas de otimizar o desempenho das Redes Neurais Convolucionais em dispositivos móveis.

6. METODOLOGIA

A seguir, serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa aplicada no desenvolvimento dos objetivos específicos, que contará com o apoio do grupo de pesquisa denominado Grupo de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Visão Computacional (INOVISÃO). O grupo é formado por pesquisadores, docentes, estudantes e gestores das diversas áreas do conhecimento. Tem por finalidade pesquisar uso da VC nas áreas de

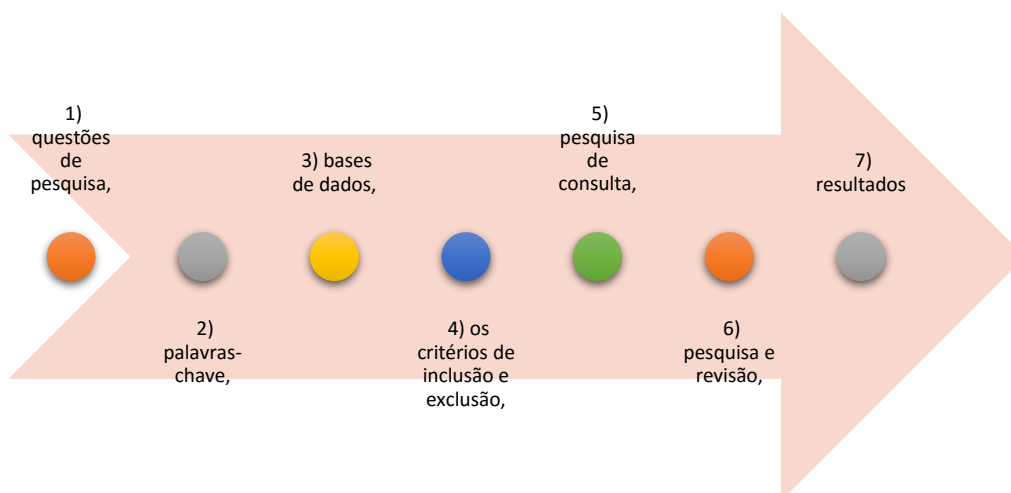
agricultura, aquicultura, pecuária, perícia forense, entre outras. A pesquisa, alicerçada por meio de acordo de cooperação técnico-institucional, será realizada no estado de Mato Grosso do Sul (MS), em parceria com Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS) e com a Universidade Católica Dom Bosco (UCDB). Ademais, os resultados sustentarão a elaboração da tese para o programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária (PPGCASA), na linha de pesquisa agronegócio e produção sustentável.

6.1 Levantamento de referencial teórico

A revisão da literatura é uma etapa necessária para a pesquisa científica e não envolve apenas o conhecimento empírico, mas também a coleta de informações em várias bases científicas. Dessa forma, podemos usar estratégias experimentais para coletar os dados de acordo com situações específicas do objetivo. Nessa busca, serão utilizados os resultados e as conclusões publicados por outros cientistas (VOLPATO, 2007).

O levantamento do referencial teórico permite fazer melhorias na estrutura da pesquisa, sendo necessário um esforço adicional para o planejamento antes da execução. A maioria dos esforços se concentra nas atividades de busca e recuperação das informações. Já as dificuldades se baseiam na insuficiência dos mecanismos de busca, em razão de os dados estarem espalhados por diferentes bibliotecas digitais (MIAN et al., 2007).

Para o levantamento das informações, será utilizado o procedimento de revisão sistemática, que é uma metodologia que permite pesquisar, analisar, avaliar e interpretar os dados de forma criteriosa, de acordo com as necessidades específicas de estudo, conforme proposto por Kitchenham (2012). Para tanto, será seguido o processo de revisão sistemática detalhada na Figura 1.



6.2 Desenvolvimento do aplicativo

O aplicativo será criado em ambiente de desenvolvimento integrado (*IDE - Integrated Development Environment*) denominado de "*Android Studio*", que permite o desenvolvimento de aplicações para os mais diversos tipos de dispositivos, como, por exemplo, *smartphones*, *tablets*, televisores, relógios e carros. Esses dispositivos utilizam o sistema operacional *Android*, em suas versões mais recentes, dando suporte à biblioteca de código aberto *OpenCV*, a qual é utilizada para desenvolvimento de softwares na área de visão computacional. Para tanto, o aplicativo utilizará padrões de desenvolvimentos de softwares.

6.3 Aplicação de técnicas de visão computacional

Para iniciar a aplicação de técnicas de visão computacional, são necessários exemplos de imagens (banco de imagens) para que o desenvolvimento da aplicação possa realizar testes e treinamentos, impactando no amadurecimento e na eficiência do aplicativo. O processo de captura das imagens será realizado no laboratório IFMS, no Campus de Coxim, em épocas em que ocorra a reprodução de peixes, prevista no decorrer do ano.

O funcionamento da aplicação contará com aquisições de dispositivos móveis de alta performance, resolução e zoom óptico de 10x. Com efeito, a tecnologia supracitada contribuirá e será de suma importância em todo o projeto. O zoom óptico irá substituir o uso do microscópio estereoscópico durante as análises, uma vez este equipamento é de alto custo, não possui mobilidade e necessita de pessoas com experiência para sua manipulação. Ademais, será modelado o protótipo para acomodar a placa de Petri e *smarthphone*, facilitando a captura de imagens.

Serão pesquisados e testados algoritmos que atendam os objetivos elencados. O processamento software utilizará as etapas de VC, em tempo real, no próprio dispositivo, contemplando as etapas de contagem e mensuração dos ovócitos. Com efeito, a identificação e a contagem dos ovócitos serão iniciadas com a aplicação de algoritmo de segmentação, em que ocorre a extração de um ou vários objetos de interesse da imagem – neste caso, os ovócitos. A segmentação será utilizada na extração de contornos e regiões de uma imagem, assim como na detecção de limites. Tal técnica fornece redução de dados, preservando as informações importantes para a segmentação. Logo que os objetos de interesses independentes forem distintamente segmentados a partir de uma imagem, o próximo passo no processo de análise de imagem é medir as características individuais de cada um deles. A maneira mais simples de segmentar uma imagem é por um limiar de nível de cinza ou limiar global (Pistori, 2013).

6.4 Reprodução dos peixes e coleta de imagens

As reproduções serão realizadas no IFMS, *campus* de Coxim, no laboratório de reprodução de peixes nativos. As matrizes de curimba (*Prochilodus lineatus*) serão mantidas em tanques de geomembrana, com capacidade de 30.000 litros de água e aeração constante. Na época reprodutiva, serão selecionados aleatoriamente 20 peixes que apresentarem características reprodutivas: machos liberação de sêmen sob leve pressão abdominal e fêmeas papila urogenital avermelhada e abdômen abaulado, conforme Diemer *et al.*, (2014) e Bittencourt *et al.*, (2018). Os peixes serão transportados em caixa térmica para o laboratório, mantidos e aclimatados em caixas 2.000 litros de água, sendo os machos e as fêmeas colocados separadamente.

As fêmeas serão retiradas da caixa, pesadas, medidas, marcadas com tag e submetidas à técnica de canulação intra-ovariana (inserção de cateter de plástico uretral, diâmetro externo = 20 mm) para retirada de amostras de ovócitos. Cada amostra será dividida em oito placas de Petri (repetições). Quatro delas serão usadas para verificar a posição da vesícula germinativa (VG), adicionando líquido de Serra para facilitar a visualização, e a contagem da posição da VG será realizada manualmente, em um *microscópio estereoscópico*. As outras amostras restantes serão acrescentadas de solução de Gilson durante 30 minutos e depois os diâmetros serão medidos sob um estereoscópio manualmente. Conjuntamente com as análises, retirar-se-ão fotos com *smarthphones* dotados de aplicativo VC para verificação automática.

Para a indução hormonal, serão selecionadas apenas as fêmeas que apresentarem $\geq 60\%$ VG deslocada. Estas serão submetidas ao protocolo de reprodução artificial (hipofiseação). Serão injetadas com extrato de hipófise de carpa (EHC) em doses de 0,5 e 5,0 mg kg⁻¹ de peso corporal, com intervalo de 12 horas entre as doses. Simultaneamente, a mesma quantidade de machos receberá uma única dose de 2,5 mg de EHC kg⁻¹. Após um período de 220°C unidades térmicas acumuladas, as fêmeas serão massageadas para que os ovócitos possam ser liberados. Os ovócitos liberados de cada fêmea serão coletados em béquer de 500 ml. Em seguida, serão feitas quatro subamostras de 0,1g em placa de Petri, realizando-se a contagem manual com visão humana para estimar o número total de ovócitos liberados. Ao mesmo tempo, serão retiradas fotos com *smarthphones* providos com aplicativo de VC para contagem automática dos ovócitos.

Após a coleta dos ovócitos, será retirado o sêmen e realizada a homogeneização. A seguir, será adicionado água para a ativação dos gametas, realizando-se três trocas de águas consecutivas. Posteriormente, os ovos serão colocados em incubadoras do tipo cônica, de 200 litros. Decorridas oito horas, será avaliada a taxa de fertilização, por meio da coleta com pipeta graduada de quatro amostragens, com aproximadamente 100 ovos. O cálculo manual da taxa de fertilização será segundo a fórmula: Taxa de fertilização = $[E / (E + i)] \times 100$; em que: E: número de embriões viáveis; i: número de ovos inviáveis. Em paralelo, serão obtidas imagens com dispositivo móvel para análise do aplicativo de VC para o cálculo da taxa de fertilização.

6.5 Avaliação e validação da proposta

Os resultados obtidos serão submetidos à análise descritiva para a comparação dos dados automáticos e manuais. Neste caso, será aplicada a análise de variância (ANOVA). Caso ocorram diferenças significativas a 5%, serão

aplicados os testes de média Tukey, de normalidade e de homoscedasticidade, aplicados com *software* de computação, estatística e gráficos.

7. ATIVIDADES E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Segue o cronograma proposto com a distribuição das atividades no período de dois anos.

Atividades	1º Ano				2º Ano			
Estudar e realizar um levantamento de referencial teórico.	X	X	X	X				
Participar do processo de reprodução de peixes na cidade de Coxim-MS	X	X	X	X	X		X	
Realizar coleta de imagens para composição do banco de imagens		X	X	X	X		X	
Analisar e implementar banco de imagens		X	X	X				
Atualização de conhecimento através de participação em congresso.			X	X		X		
Desenvolver um aplicativo - determinar o percentual de ovócitos com vesícula germinativa deslocada; mensurar os diâmetros; contar ovócitos; estimar a taxa de fertilização			X	X	X	X	X	
Avaliar a eficácia do uso do aplicativo em comparação com as contagens manuais						X	X	X
Avaliar impacto da aplicação do aplicativo			X	X		X	X	X
Transferência do conhecimento		X	X			X	X	

8. RESULTADOS ESPERADOS, PRODUTOS E AVANÇOS

Espera-se que o aplicativo seja capaz de melhorar os processos de contagem e mensuração de ovócitos durante a reprodução artificial de peixes nativos.

Almeja-se, igualmente, que este estudo seja precursor para os novos aplicativos que possam melhorar o processo reprodutivo dos peixes nativos, trazendo benefícios para os produtores e, conseqüentemente, para a cadeia produtiva de alimentos, impulsionando o agronegócio brasileiro.

9. IMPACTOS E BENEFÍCIOS PARA MATO GROSSO DO SUL

Os impactos desejados com o desenvolvimento deste projeto têm relação com a intenção de otimizar os processos de identificação, contagem e medição de ovócitos durante a reprodução de peixes nativos no Estado do Mato Grosso do Sul. Beneficiar-se-á, assim, o desenvolvimento da piscicultura mediante a produção de proteína animal de excelente qualidade, melhorando a cadeia produtiva. Isso sem contar o aspecto econômico, visto que se trata de uma atividade lucrativa que, nos últimos anos, têm crescido significativamente para a exploração sustentável das riquezas aquáticas presentes na região.

Além disso, fortalecer-se-á a perpetuação das espécies de peixes, produzindo ovócitos, larvas e, conseqüentemente, alevinos de qualidade para repovoamento e formação de bancos de reprodutores de forma sustentável. Outrossim, um fator importante a se destacar é que cerca de 98% das espécies de peixes criadas nas pisciculturas do Mato Grosso do Sul são migratórias. Conseqüentemente, para que tais espécies sejam reproduzidas em cativeiro, é necessária a indução hormonal. Esta, por seu turno, poderá ser notavelmente aprimorada mediante a execução do aplicativo delineado neste trabalho.

Com efeito, estima-se aumentar os conhecimentos sobre as tecnologias de tal maneira que possibilite a aplicação da área de Ciência da Computação na solução de problemas da aquicultura, impulsionando e incentivando pesquisadores, cientistas, produtores e aquicultores a buscarem e a criarem inovações alicerçadas pelo segmento da informática. Por fim, dadas as peculiaridades do Mato Grosso do Sul, com toda a sua riqueza natural, sobretudo no que concerne à imensa variedade de peixes, é fundamental a promoção de novas tecnologias que venham a assegurar a preservação de tais espécies e, concomitantemente, impulsionar a economia no setor na piscicultura, garantindo um desenvolvimento sustentável ao Estado, colocando-o em uma posição de vanguarda com relação aos demais.

10. REFERÊNCIAS

ANDRADE, D. R.; YASUI, G. S. O manejo da reprodução natural e artificial e sua importância na produção de peixes... *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, v. v.27, Apr, n. v.27, p. 166–172, 2003.

BITTENCOURT, F.; DAMASCENO, D. Z.; DIEMER, O.; et al. The effects of L-lysine in the diet of silver catfish (*Rhamdia voulezi*) female broodstocks. *Latin American Journal of Aquatic Research*, v. 46, n. 1, p. 1–11, 2018.

CASANOVA, C.; FRANCO, A.; LUMINI, A.; MAIO, D. SmartVisionApp: A framework for computer vision applications on mobile devices. *Expert Systems with Applications*, v. 40, n. 15, p. 5884–5894, 2013. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2013.04.037>>.

COLDEBELLA, I. J.; NETO, J. R.; MALLMANN, C. A.; et al. The effects of different protein levels in the diet on reproductive indexes of *Rhamdia quelen* females. *Aquaculture*, v. 312, n. 1–4, p. 137–144, 2011. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.12.021>>.

COUDRAY, N.; BUSSLER, J. L.; URBAN, J. P. Robust threshold estimation for images with unimodal histograms. *Pattern Recognition Letters*, v. 31, n. 9, p. 1010–1019, 2010. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.patrec.2009.12.025>>.

CREPALDI, D. V.; TEIXEIRA, E. A.; FARIA, P. M. C. C.; et al. Sistemas de produção na piscicultura. *Rev. Bras. Reprodução Anim.*, v. v.30, 3/, p. 86–99, 2006. Disponível em: <<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Sistemas+de+produ??o+na+piscicultura#1>>.

CSURKA, G.; DANCE, C. R.; FAN, L.; WILLAMOWSKI, J.; BRAY, C. Visual Categorization with Bags of Keypoints. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, v. 82, n. 1, p. 179–191, 2011. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.72.604>>.

DAVIES, E. R. *Computer and Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities*. 2012.

DIEMER, O.; BITTENCOURT, F.; BARCELLOS, L. G.; et al. Lysine in the diet of Rhamdia voulezi male broodstocks confined in net cages. *Aquaculture*, v. 434, p. 93–99, 2014. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.07.029>>.

DUAN, Y.; STIEN, L. H.; THORSEN, A.; et al. An automatic counting system for transparent pelagic fish eggs based on computer vision. *Aquac. Eng.*, v. 67, p. 8–13, 2015. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2015.05.001>>.

FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016*. 2016.

FREIRE-OBREGÓN, D.; NARDUCCI, F.; BARRA, S.; CASTRILLÓN-SANTANA, M. Deep learning for source camera identification on mobile devices. *Pattern Recognition Letters*, v. 0, p. 1–6, 2018.

GONÇALVES, A. A. *Tecnologia do Pescado - Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação*. 1o ed. Atheneu, 2011.

GONG, A.; YU, J.; HE, Y.; QIU, Z. Citrus yield estimation based on images processed by an Android mobile phone. *Biosyst. Eng.*, v. 115, n. 2, p. 162–170, 2013. IAgRE. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.03.009>>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE - Área Territorial Brasileira: 8.515.759,090 quilômetros quadrados. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm>. Acesso em: 26/01/2018.

JÄHNE, B.; HAUSSECKE, H. *Computer Vision and Applications: A Guide for Students and Practitioners*. *Journal of Electronic Imaging*, p. 1–667, 2002. Disponível em: <[http://link.aip.org/link/?JEIME5/11/115/1%5Cnfile:///Users/dubuisson/Dr%20pobox/Library/papers3/Articles/2002/Jähne/Journal of Electronic Imaging 2002 Jähne.pdf%5Cnpapers3://publication/uuid/A108AA82-7B51-4355-80AF-18B361806F4E](http://link.aip.org/link/?JEIME5/11/115/1%5Cnfile:///Users/dubuisson/Dr%20pobox/Library/papers3/Articles/2002/Jähne/Journal%20of%20Electronic%20Imaging%202002/Jähne.pdf%5Cnpapers3://publication/uuid/A108AA82-7B51-4355-80AF-18B361806F4E)>.

JAIN, A. K. Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters*, v. 31, n. 8, p. 651–666, 2010. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.patrec.2009.09.011>>.

KIRCHNER, R. M.; CHAVES, M. A. DE; SILINSKE, J.; et al. Análise da produção e comercialização do pescado no Brasil. *Rev. AGRO@MBIENTE ON-LINE*, v. 10, n. 2, p. 168, 2016. Disponível em: <<http://revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/2783>>. Acesso em: 11/1/2018.

KITCHENHAM, B.; PRETORIUS, R.; BUDGEN, D.; et al. Systematic literature reviews in software engineering-A tertiary study. *Information and Software*

Technology, v. 52, n. 8, p. 792–805, 2010. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2010.03.006>>.

LIU, X.; FISHER, R. B. Identifying Individual Clown Fish. , 2013.

LOPES, H. DOS S.; LIMA, R. DA S.; LEAL, F.; NELSON, A. D. C. Scenario analysis of Brazilian soybean exports via discrete event simulation applied to soybean transportation: The case of Mato Grosso State. Res. Transp. Bus. Manag., , n. September, p. 1–10, 2017. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rtbm.2017.09.002>>.

LU, Z.; RALLAPALLI, S.; CHAN, K.; LA PORTA, T. Modeling the Resource Requirements of Convolutional Neural Networks on Mobile Devices. , 2017. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1709.09503><http://dx.doi.org/10.1145/3123266.3123389>>.

MACEDO, E. DE F. S. F. S.; NISHIZAKI JÚNIOR, N.; JÚNIOR, N. N. A importância do planejamento logístico com foco no crescimento da demanda da cadeia produtiva de alimentos até 2050. Interdisciplinar, v. 3, n. 3, p. 31–45, 2016.

MEDINA-CARNICER, R.; MUÑOZ-SALINAS, R.; CARMONA-POYATO, A.; MADRID-CUEVAS, F. J. A novel histogram transformation to improve the performance of thresholding methods in edge detection. Pattern Recognition Letters, v. 32, n. 5, p. 676–693, 2011. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.patrec.2010.12.012>>.

MIAN, P.; CONTE, T.; NATALI, A.; BIOLCHINI, J.; TRAVASSOS, G. A systematic review of software process tailoring. ACM SIGSOFT Software ..., v. 32, n. 3, p. 1, 2007. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1241572.1241584><http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1241584>>.

LE MOUËL, C.; FORSLUND, A. How can we feed the world in 2050? A review of the responses from global scenario studies. European Review of Agricultural Economics, v. 44, n. 4, p. 541–591, 2017. Disponível em: <<http://academic.oup.com/erae/article/44/4/541/3826985/How-can-we-feed-the-world-in-2050-A-review-of-the>>. Acesso em: 11/1/2018.

NAEEM, H.; BING, G.; NAEEM, M. R.; AAMIR, M.; JAVED, M. S. Optik A new approach for image detection based on refined Bag of Words algorithm. Optik - International Journal for Light and Electron Optics, v. 140, p. 823–832, 2017. Elsevier GmbH. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.05.018>>.

NAVARRO, R. D.; NAVARRO, F. K. S. P.; FILHO, J. T. DE S.; FILHO, O. P. R. Nutrição e alimentação de reprodutores de peixes. Temas Livres, p. 108–118, 2010.

NIXON, M. S.; AGUADO, A. S.; NIXON, M. S.; AGUADO, A. S. Chapter 3 – Basic image processing operations. Feature Extraction & Image Processing for Computer Vision, p. 83–136, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123965493000033>>.

PARASHAR, A.; PARASHAR., A. Importance of Computer Vision for Human Life. International Journal of Advanced Research, v. 5, n. 3, p. 2396–2399, 2017. Disponível em: <<http://www.journalijar.com/article/16366/importance-of-computer-vision-for-human-life/>>.

PINTOR, J. M.; CARRIÓN, P.; CERNADAS, E.; et al. Govocitos: A software tool for estimating fish fecundity based on digital analysis of histological images. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 125, p. 89–98, 2016. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2016.04.014>>.

PISTORI, H. Visão Computacional. Apostila do Curso de especialização em biotecnologiao - Universidade Católica Dom Bosco e Portal Educação. , 2015.

PRINCE, D. S. J. D. Computer Vision: Models, Learning, and Inference. *The Lancet Neurology*, v. 12, n. 4, p. 335, 2013. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1474442213700644>>.

RAMIREZ, G. M.; COLLAZOS, C. A.; MOREIRA, F. All-Learning: The state of the art of the models and the methodologies educational with ICT. *Telematics and Informatics*, , n. October, p. 0–1, 2017. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tele.2017.10.004>>.

RODRIGUES, J. A.; RANGEL, F. D.; TRUGILHO, W. S.; CHRISTO, B. F.; SILVA, E. C. G. DA. Considerações do panorama produtivo da aquicultura no brasil. *Revista Univap*, p. 2237, 2016.

SAINT-PAUL, U. Native fish species boosting Brazilian's aquaculture development. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, v. 5, n. 1, p. 1–9, 2017. Disponível em: <<https://seer.ufs.br/index.php/ActaFish/article/view/6233%5Cnhttp://dx.doi.org/10.2312/Actafish.2017.5.1.1-9>>.

SANTINÓN, J. J.; HERNÁNDEZ, D. R.; SÁNCHEZ, S.; DOMITROVIC, H. A. Duração da larvicultura sobre o desempenho posterior de juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen*, recriados em tanques-rede. *Ciência Rural*, v. 40, n. 5, p. 1180–1185, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782010000500028&lng=pt&tlng=pt>.

SANTOS, M. F. DOS; MATTOS, S. MACEDO GOMES DE. Avaliação do potencial aquícola em corpos d' água de domínio da união no estado de Pernambuco. , v. 4, n. 1, p. 110–123, 2009.

SEBRAE. Aquicultura no Brasil: Série estudos mercadológicos. SEBRAE - Serviço Bras. Apoio a Micro e Pequenas Empres., v. 25, p. 10–23, 2015. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/\\$File/5403.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/$File/5403.pdf)>.

SHIMODA, E.; ANDRADE, D. R.; VIDAL, M. V.; GODINHO, H. P.; YASUI, G. S. Determinação da razão ótima de espermatozoides por ovócitos de piabanha *Brycon insignis* (pisces - characidae). *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.*, v. 59, n. 4, p. 877–882, 2007.

SINGH, S.; KUMAR, V. DimensionApp : android app to estimate object dimensions. *CoRR*, p. 3–5, 2016. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1609.07597>>.

SZELISKI, R. Computer Vision : Algorithms and Applications. *Computer (Long Beach, Calif.)*, v. 5, p. 832, 2010. Disponível em: <http://research.microsoft.com/en-us/um/people/szeliski/book/drafts/szeliski_20080330am_draft.pdf>.

TESSARO, L.; TOLEDO, C. P. R.; NEUMANN, G.; et al. Growth and reproductive characteristics of *Rhamdia quelen* males fed on different digestible energy levels in

the reproductive phase. *Aquaculture*, v. 326–329, p. 74–80, 2012. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.012>>.

THILSTED, S. H.; THORNE-LYMAN, A.; WEBB, P.; et al. *Food Policy*, v. 61, p. 126–131, 2016.

VOLPATO, G. *Ciência: da filosofia à publicação*. Cultura Acadêmica; Vinhedo: Scripta, 2007.

WRIGHT, P. J. Methodological challenges to examining the causes of variation in stock reproductive potential. *Fish. Res.*, v. 138, p. 14–22, 2013. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2012.06.002>>.

ZADMAJID, V.; MIRZAEI, R.; HOSEINPOUR, H.; VAHEDI, N.; BUTTS, I. A. E. Hormonal induction of ovulation using Ovaprim™ [(D-Arg6, Pro9NET)-sGnRH + domperidone] and its impact on embryonic development of wild-caught Longspine scraper, *Capoeta trutta* (Heckel, 1843). *Anim. Reprod. Sci.*, v. 187, n. September, p. 79–90, 2017. Elsevier. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2017.10.009>>.

ZHANG, X.; ZHANG, Y.; YANG, T.; YANG, Y.-H. Synthetic aperture photography using a moving camera-IMU system. *Pattern Recognition*, v. 62, p. 175–188, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031320316301674>>.

ZION, B. The use of computer vision technologies in aquaculture - A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 88, p. 125–132, 2012. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2012.07.010>>.