

DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA FÍSICO DE PASSAGEM E CAPTURA DE IMAGENS PARA CONTAGEM AUTOMATIZADA DE PEIXES EM PISCICULTURA

**DEVELOPMENT OF A PASSAGE AND IMAGE-CAPTURE DEVICE FOR
AUTOMATED FISH COUNTING IN AQUACULTURE**

Engenharias • 09/08/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/786228574](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/786228574)

Eduardo Mizael Clemente¹

Geraldo Andrade de Oliveira²

Leonardo Garcia Marques³

RESUMO

A contagem de peixes em piscicultura ainda depende, em grande parte, de procedimentos manuais sujeitos a erros e que demandam manipulação dos animais. Este capítulo apresenta o desenvolvimento iterativo de um equipamento físico para passagem monitorada e captura de imagens de peixes durante o manejo. Duas gerações do protótipo foram construídas e avaliadas em três configurações geométricas. A primeira geração utilizou canaleta de aço galvanizado e estrutura metálica, com duas geometrias de passagem — base interna útil de aproximadamente 10 cm e 20 cm. As observações dessa etapa orientaram a construção de uma segunda geração com canaleta de PVC de 33 cm de largura útil, estrutura de madeira e MDF, inclinação regulável, distribuição e recirculação de água, iluminação em anel e câmera Logitech C922 Pro Stream Webcam. A configuração mais recente gerou oito vídeos com resolução de 1920×1080 pixels a 60 quadros por segundo, utilizados na preparação do conjunto de dados e na avaliação do pipeline computacional. O protótipo foi avaliado como plataforma experimental, sem validação de capacidade operacional, comparação controlada entre configurações ou prontidão para uso comercial.

Palavras-chave: piscicultura; canaleta de passagem; captura de imagens; visão computacional; protótipo experimental.

ABSTRACT

Fish counting in aquaculture still relies largely on manual procedures that are error-prone and require animal handling. This chapter presents the iterative development of a physical device for monitored passage and image acquisition of fish during management operations. Two prototype generations were built and evaluated across three geometric configurations. The first

generation used a galvanized steel channel and metal frame, with two passage geometries — usable base widths of approximately 10 cm and 20 cm. Observations from this stage guided the construction of a second generation featuring a PVC channel with 33 cm of usable width, a wooden frame with MDF panels, adjustable inclination, water distribution and recirculation, ring light illumination, and a Logitech C922 Pro Stream Webcam. The most recent configuration produced eight videos at 1920 × 1080 pixels and 60 frames per second, used for dataset preparation and computational pipeline evaluation. The prototype was evaluated as an experimental platform, without validation of operational capacity, controlled comparison between configurations, or readiness for commercial use.

Keywords: aquaculture; passage channel; image acquisition; computer vision; experimental prototype.

1. INTRODUÇÃO

A contagem automatizada de peixes por visão computacional depende diretamente da qualidade da cena registrada. Em ambientes de tanque, fatores como turbidez, reflexos, profundidade variável, sobreposição entre indivíduos, aglomeração e movimento irregular dificultam a identificação e o rastreamento dos animais (Saleh; Sheaves; Rahimi Azghadi, 2022; Barbedo, 2022). Mesmo detectores desenvolvidos para ambientes subaquáticos realistas apresentam queda de desempenho diante de turbidez, baixa luminosidade e reflexos (Muksit et al., 2022; Loulidi et al., 2022), o que reforça o interesse em atuar sobre as condições de aquisição da imagem, e não apenas sobre o modelo. Por isso, a solução proposta nesta dissertação desloca a contagem do interior do tanque para uma etapa de passagem controlada durante o manejo.

O sistema físico descrito neste capítulo tem a função de criar uma condição visual mais favorável para o software de detecção, rastreamento e contagem. A proposta consiste em conduzir os peixes por uma canaleta inclinada, com lâmina de água e região de captura protegida da interferência luminosa externa. Uma câmera posicionada sobre a passagem registra os animais em movimento, enquanto a iluminação controlada busca reduzir sombras, reflexos e variações abruptas de exposição. Trata-se de reduzir a variabilidade visual na origem, em vez de recuperá-la posteriormente por pré-processamento de imagem, como a remoção de ruído e a limiarização empregadas em cenas subaquáticas não controladas (Rathi; Jain; Indu, 2017).

Este capítulo apresenta a concepção e a implementação da solução física que dá suporte à aquisição das imagens utilizadas no pipeline computacional. O foco não é descrever um produto industrial finalizado, mas documentar o protótipo experimental, suas escolhas construtivas, sua função dentro da dissertação, as limitações observadas e os ajustes necessários para a evolução da solução.

O desenvolvimento do equipamento ocorreu de forma iterativa. As dimensões e os materiais da canaleta, a inclinação, o fluxo de água, a posição da câmera e o controle de iluminação foram alterados a partir de problemas observados nas capturas, como reflexos, velocidade excessiva de passagem, aglomeração, oclusão e respingos. Assim, o protótipo não foi concebido como uma estrutura estática definida em uma única etapa, mas como um arranjo experimental no qual decisões mecânicas, hidráulicas e visuais foram refinadas conjuntamente para produzir imagens mais adequadas ao processamento computacional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Requisitos da Solução Física

2.1.1. Requisitos Operacionais, Mecânicos e Hidráulicos

O equipamento foi concebido para auxiliar a contagem durante operações de manejo nas quais os peixes já precisam ser retirados ou transferidos. A solução deveria conduzir os animais diante da câmera sem depender de posicionamento individual pelo operador, permitir acesso aos componentes durante a prototipagem e direcionar os peixes, ao final da passagem, para um recipiente com água e uma rede de coleta.

Como a estrutura opera em ambiente molhado, a seleção inicial de materiais priorizou resistência mecânica e compatibilidade com o contato frequente com água. A canaleta também deveria permitir ajuste de inclinação e formação de uma lâmina de água ao longo de sua largura. Inclinação e fluxo precisavam ser tratados em conjunto: uma passagem muito rápida reduziria o tempo de permanência dos peixes no campo de visão, enquanto fluxo insuficiente aumentaria a resistência ao deslocamento e poderia reter os animais na superfície.

Outro requisito foi a recirculação da água. Para isso, o recipiente de chegada recebeu uma bomba responsável por devolver a água ao início da canaleta, reduzindo a necessidade de descarte contínuo durante o uso experimental. O sistema de entrada deveria distribuir essa água por toda a largura da passagem, evitando que o escoamento ficasse concentrado em apenas uma região.

O cenário operacional representado nos ensaios foi a contagem de peixes destinados à venda. Os animais eram previamente contados,

mantidos em recipiente de transporte com água e transferidos para a entrada da canaleta com auxílio de uma peneira. Essa operação reproduziu a etapa de manejo na qual a contagem automatizada se pretende inserir.

2.1.2. Requisitos Visuais

A região de captura deveria manter toda a largura útil da canaleta no enquadramento e oferecer contraste suficiente entre os peixes, a água e o fundo. O arranjo também deveria limitar reflexos intensos, sombras, incidência variável de luz externa e respingos sobre a lente. Esses requisitos não implicavam eliminar toda variação visual, mas evitar condições que ocultassem os animais ou retirassem partes da passagem do campo de visão. A padronização das condições de aquisição, como a posição e a altura da câmera e o espectro de iluminação, mostrou-se determinante para a acurácia de contagem em ambientes produtivos (Bukas et al., 2024), o que fundamentou o tratamento conjunto de enquadramento, distância e iluminação nesta canaleta.

A largura da canaleta foi tratada também como requisito visual. As observações mostraram que a principal dificuldade não era apenas a quantidade de peixes presente em um quadro, mas sua aglomeração. Quando vários indivíduos se sobrepunham, parte de seus contornos deixava de estar visível, dificultando tanto a identificação visual quanto a detecção e a manutenção de trajetórias pelo software. Por esse motivo, o aumento da largura foi adotado como estratégia física para oferecer mais espaço de dispersão durante a passagem.

2.1.3. Requisitos de Prototipagem e Manutenção

Na fase inicial, a estrutura de suporte foi construída em metal devido à resistência mecânica e à exposição frequente à água. Com a necessidade de alterar altura, inclinação, posição da câmera e geometria da canaleta, a madeira passou a ser empregada no segundo arranjo por permitir ajustes e reconstruções com maior facilidade durante a prototipagem. Essa escolha foi adequada ao caráter experimental do trabalho, mas não representa uma definição de material para uma futura versão de uso prolongado.

2.2. Arquitetura Geral do Protótipo

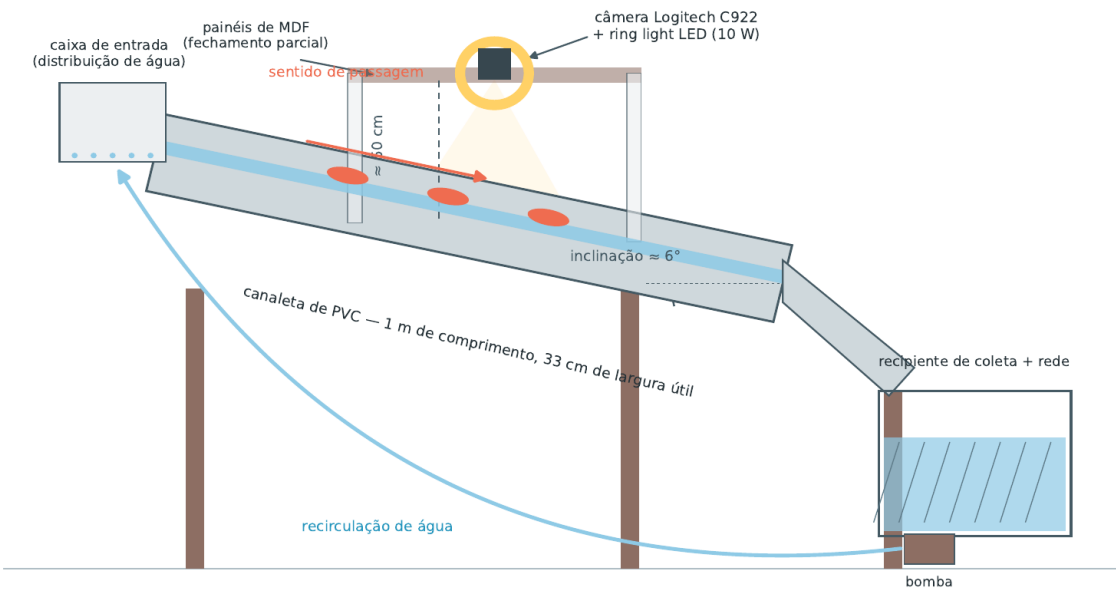
A configuração mais recente do protótipo é formada por uma canaleta inclinada de PVC apoiada em uma estrutura de madeira; uma caixa de entrada conectada ao sistema de distribuição de água; uma região superior de captura com Logitech C922 Pro Stream Webcam e iluminação em anel; painéis de MDF para redução parcial da luz externa; uma peça de saída que direciona os peixes para o recipiente de coleta; e uma bomba que recircula a água do recipiente de chegada para o início da canaleta. A inclinação da passagem pode ser regulada para ajustar, em conjunto com o fluxo de água, a velocidade de deslocamento dos peixes.

A câmera foi posicionada acima da canaleta, com eixo de observação voltado para a superfície de passagem. O suporte da câmera foi integrado à estrutura de madeira para preservar o enquadramento durante a captura. A iluminação em anel foi montada ao redor da câmera, buscando distribuir luz sobre a região observada e reduzir sombras pronunciadas.

A Tabela 1 apresenta os principais componentes e especificações da configuração mais recente do protótipo.

A Figura 1 apresenta o diagrama esquemático da segunda geração do protótipo, evidenciando a disposição dos componentes, o fluxo de água e o sentido de passagem dos peixes.

Figura 1. Diagrama esquemático (vista lateral) da segunda geração do equipamento: caixa de entrada e distribuição de água, canaleta inclinada de PVC com lâmina de água, painéis de MDF para fechamento parcial, câmera e iluminação em anel sobre a região de captura, peça de saída direcionada ao recipiente de coleta e circuito de recirculação por bomba. Fonte: elaborado pelo autor (2026).



Fonte: elaborada pelo autor (2026).

Tabela 1. Principais componentes e especificações do protótipo (segunda geração). Dimensões nominais aproximadas.

Componente	Especificação
Canaleta	PVC 3 mm; 35 cm de largura total (33 cm úteis); 1 m de comprimento; laterais de 15 cm

Estrutura	Peças de madeira de 4 cm × 3 cm; painéis laterais e superiores de MDF 3 mm
Câmera	Logitech C922 Pro Stream Webcam; 50 cm da superfície de passagem
Iluminação	Ring light LED; 16 cm de diâmetro; 10 W; luz branca fria
Bomba	Variall 220BA02; 25 W; 33,3 L/min nominal; recalque máximo de 2 m
Gravação	Dell G3 3590; 16 GB RAM; NVIDIA GeForce GTX 1050; OBS Studio
Vídeos	1920 × 1080 px; 60 quadros por segundo (FPS); 8 arquivos; duração total de 8 min 10 s
Espécie	Astyanax lacustris (lambari-do-rabo-amarelo); 6–10 cm; 300 indivíduos/vídeo

Fonte: elaborada pelo autor (2026).

2.3. Primeira Geração: Canaleta Metálica

A primeira geração do equipamento utilizou estrutura de tubos metálicos e canaleta de aço galvanizado, escolhidos pela resistência mecânica e pelo contato frequente com água. A canaleta tinha formato de U, fundo plano e comprimento aproximado de 1,5 m. Sua configuração inicial possuía base interna útil com cerca de 10 cm de largura e bordas com aproximadamente 10 cm de altura. Durante os testes preliminares, essa geometria mostrou-se estreita para a passagem de vários peixes, favorecendo aproximação e sobreposição entre os indivíduos.

A canaleta foi então modificada, sem alteração de seu comprimento. A base interna útil foi ampliada para aproximadamente 20 cm e as bordas foram reduzidas para cerca de 5 cm. Essa modificação

preservou a geometria em U, mas aumentou a área disponível para a distribuição dos peixes durante a passagem.

A superfície metálica produzia reflexos intensos nas imagens, reduzindo o contraste dos peixes e dificultando a observação da passagem. Para atenuar esse problema, a superfície interna foi revestida com tinta branca acrílica à base de água. Nos registros obtidos após a pintura, os reflexos mais intensos foram reduzidos e os peixes passaram a apresentar melhor visibilidade em relação ao fundo. Não foram observados descascamento ou desgaste visível da pintura durante os ensaios. Entretanto, a superfície pintada oferecia resistência aparente ao deslizamento, exigindo maior fluxo de água para manter a passagem.

A inclinação inicial da canaleta resultava em passagem muito rápida. Em uma primeira tentativa de correção, a inclinação foi reduzida e o fluxo de água foi aumentado para formar uma lâmina mais uniforme. Com o aumento do escoamento, observou-se que alguns peixes nadaram contra o fluxo e se deslocaram para a parte superior da canaleta. Diante dessa interação entre superfície, vazão e comportamento dos peixes, a inclinação precisou ser novamente ajustada.

Esses ajustes evidenciaram uma limitação geométrica do primeiro arranjo. A câmera permanecia fixa em seu suporte, enquanto a canaleta podia mudar de inclinação. Cada alteração modificava a distância e a perspectiva entre a câmera e a superfície observada. Quando a câmera ficava muito próxima da lâmina de água, os respingos produzidos durante a passagem atingiam a região da lente e prejudicavam a captura. A experiência com esse protótipo

orientou a construção de uma estrutura mais ajustável e de uma canaleta mais larga.

As Figuras 2 e 3 apresentam a primeira geração do equipamento.

Figura 2. Vista lateral da primeira geração do equipamento, com estrutura de tubos metálicos, região de captura parcialmente fechada e câmera posicionada acima da canaleta. Fonte: acervo do autor (2026).



Fonte: elaborada pelo autor (2026).

Figura 3. Vista posterior da primeira geração, evidenciando a canaleta metálica e o arranjo de iluminação e fechamento. Fonte: acervo do autor (2026).



Fonte: elaborada pelo autor (2026).

2.4. Segunda Geração: Canaleta de PVC e Estrutura de Madeira

A segunda geração foi construída com uma nova canaleta de PVC de 3 mm de espessura, aproximadamente 35 cm de largura total e 1 m de comprimento. Após a conformação, a largura útil ficou próxima de 33 cm e as laterais, em torno de 15 cm. A peça foi dobrada manualmente com soprador térmico, sem emprego de molde. As peças de entrada e saída foram produzidas em PVC de 1 mm pelo mesmo processo de conformação manual.

O aumento de largura buscou oferecer mais espaço para que os peixes se distribuíssem durante a descida. A inspeção dos registros mostra passagens em que os indivíduos ocupam uma área transversal maior e permanecem menos agrupados do que nos exemplos de aglomeração da geração anterior. A adoção do PVC também eliminou a superfície metálica reflexiva, embora reflexos da

água, sombras, resíduos e variações de iluminação ainda permaneçam presentes.

Uma estrutura fixa foi construída com peças de madeira de seção aproximada de 4 cm × 3 cm para apoiar a canaleta e sustentar o conjunto de captura. Os painéis laterais e superiores foram feitos em MDF de 3 mm. A estrutura superior se eleva aproximadamente 60 cm a partir da canaleta, enquanto o conjunto de fixação projeta a câmera cerca de 10 cm para baixo. Assim, a distância aproximada entre a lente e a superfície de passagem foi de 50 cm. A câmera foi ajustada para permanecer tão paralela quanto possível à superfície da água.

Na posição de captura utilizada, o campo de visão foi estimado em cerca de 40 cm × 70 cm. O enquadramento foi ajustado para incluir a largura útil de aproximadamente 33 cm e cerca de 65 cm do comprimento da canaleta, preservando pequenas margens junto às bordas para reduzir a saída dos peixes do campo de visão durante o percurso.

A Figura 4 apresenta a segunda geração do protótipo.

Figura 4. Visão geral da segunda geração do equipamento, com canaleta de PVC, estrutura de madeira, painéis de MDF, região de captura e circuito de água. Fonte: acervo do autor (2026).



Fonte: elaborada pelo autor (2026).

2.5. Região de Captura e Iluminação

A região de captura foi parcialmente envolvida por painéis de MDF de 3 mm, com tampas dobráveis que permitiam acesso à câmera, à iluminação e à canaleta. O fechamento teve como objetivo reduzir a incidência direta e a variação da luz externa, sem produzir isolamento óptico completo. Nas condições observadas, esse controle parcial foi suficiente para gerar imagens utilizáveis no desenvolvimento do sistema.

A iluminação foi fornecida por um ring light de LED com 16 cm de diâmetro e potência de 10 W, instalado ao redor da webcam e operado somente no modo de luz branca fria. A posição concêntrica simplificou a montagem e iluminou a região central do enquadramento. O sistema não eliminou completamente sombras, reflexos e variações da superfície da água, mas produziu vídeos adequados à continuidade do desenvolvimento computacional.

A Figura 5 mostra o posicionamento da câmera e da iluminação na região de captura.

Figura 5. Logitech C922 Pro Stream Webcam e ring light de 10 W instalados sobre a região de passagem da canaleta de PVC. Fonte: acervo do autor (2026).



Fonte: elaborada pelo autor (2026).

2.6. Sistema de Captura de Imagens

A captura foi realizada com uma Logitech C922 Pro Stream Webcam instalada acima da canaleta e conectada a um notebook Dell G3 3590, equipado com 16 GB de memória RAM e GPU NVIDIA GeForce

GTX 1050. Na montagem mais recente, a lente permaneceu a aproximadamente 50 cm da superfície de passagem, permitindo enquadrar toda a largura útil da canaleta e cerca de 65 cm de seu comprimento. A câmera foi ajustada para ficar tão paralela quanto possível à superfície da água, e o ring light foi fixado ao redor da lente. A captura acima da lâmina de água, em vez de submersa, evita problemas como bioincrustação e perda de campo visual, estratégia também explorada em monitoramento aquícola por câmeras posicionadas acima d'água (Li et al., 2024).

A campanha de captura associada à segunda geração do equipamento contém oito vídeos selecionados para preparação do conjunto de dados. Esses arquivos foram registrados em 17 de julho de 2026 pelo OBS Studio, com resolução de 1920 × 1080 pixels, taxa nominal de 60 quadros por segundo e duração total aproximada de 8 min 10 s. O notebook foi utilizado exclusivamente para a gravação. Testes de inferência foram realizados posteriormente, não em tempo real durante as capturas.

O uso de uma webcam de consumo e de um notebook demonstra que foi possível produzir material visual utilizável com componentes acessíveis. Testes preliminares de implantação em Raspberry Pi 3B+ e Raspberry Pi 4 não alcançaram taxa de quadros satisfatória na configuração avaliada; a discussão sobre processamento em dispositivo de borda é apresentada no Capítulo III.

2.7. Alimentação e Distribuição de Água

Na extremidade superior da canaleta foi instalada uma caixa de entrada construída em PVC de 1 mm. Uma mangueira de 1/2 polegada foi fixada ao redor de sua parte interna e recebeu

perfurações sem espaçamento padronizado. Os furos foram orientados para baixo e para a região central da caixa, com o objetivo de espalhar a água pela largura da canaleta e formar uma lâmina mais uniforme. A distribuição transversal do fluxo buscou evitar que a passagem ficasse concentrada em apenas uma faixa.

A regulação hidráulica exigiu equilíbrio entre fluxo e inclinação. Com fluxo muito baixo, os peixes apresentavam maior dificuldade de deslizamento sobre a superfície; com fluxo elevado, a passagem podia se tornar rápida e alguns indivíduos reagiam ao escoamento, inclusive nadando no sentido contrário. Como não havia medidor de vazão nem protocolo para medir a velocidade dos animais, os ajustes foram operacionais e baseados na observação da passagem.

A Figura 6 mostra o sistema de entrada e distribuição de água.

Figura 6. Sistema de entrada e distribuição de água no início da canaleta, com mangueira perfurada ao redor da caixa de entrada. Fonte: acervo do autor (2026).



Fonte: elaborada pelo autor (2026).

2.8. Saída, Coleta e Recirculação

Na extremidade inferior foi instalada uma peça de PVC de 1 mm destinada a direcionar a água e os peixes para um recipiente de chegada. Uma rede mantida dentro desse recipiente auxiliava a coleta após a passagem, preservando os animais em contato com a água. No recipiente foi instalada uma bomba Variall modelo 220BA02, com potência de 25 W, vazão nominal de 33,3 L/min e altura máxima de recalque de 2 m. A bomba devolvia a água para a

caixa de entrada, estabelecendo um circuito de recirculação que permaneceu ativo em todos os vídeos da campanha.

A canaleta recebeu regulagem manual de inclinação por meio de uma haste de madeira inserida em diferentes perfurações do suporte: a entrada era elevada enquanto a extremidade de saída permanecia na mesma altura. A faixa de elevação disponível variava de 0 cm a aproximadamente 16,5 cm. A configuração adotada nos registros mais recentes correspondeu a uma elevação próxima de 10 cm, resultando em inclinação aproximada de 6° para o comprimento de 1 m da canaleta. Essa regulagem não pode ser interpretada como controle independente da velocidade de passagem, pois o comportamento observado dependia também do fluxo, do acabamento da superfície e da resposta dos peixes ao escoamento.

A Figura 7 mostra a saída da canaleta e o recipiente de coleta.

Figura 7. Saída da canaleta direcionada ao recipiente de chegada e à rede auxiliar de coleta. Fonte: acervo do autor (2026).



Fonte: elaborada pelo autor (2026).

2.9. Protocolo Experimental

Os ensaios foram realizados na sede da empresa Lambari Itumbiara, em Itumbiara, Goiás, parceira da pesquisa, em uma simulação do processo de contagem para venda. Foram utilizados indivíduos de *Astyanax lacustris* (Froese; Pauly, 2026), conhecidos como lambari-do-rabo-amarelo, com comprimento estimado entre 6 cm e 10 cm, fornecidos pelo parceiro como adultos em faixa comercial. A faixa de tamanho foi estimada visualmente pelo produtor com base na seleção dos tanques de engorda, sem medição individual dos animais no momento do experimento.

Antes de cada vídeo, um lote de 300 peixes era contado e mantido em um recipiente de transporte com água. Com auxílio de uma peneira, o operador retirava os peixes do recipiente e os liberava na caixa de entrada da canaleta. Os mesmos 300 indivíduos foram reutilizados entre as gravações, totalizando aproximadamente 2.400 eventos de passagem nos oito vídeos, mas não 2.400 indivíduos distintos. Essa condição deve ser considerada na interpretação da variabilidade do conjunto de dados apresentado no Capítulo III.

Antes de cada captura, verificavam-se o enquadramento da largura da canaleta, a iluminação, o funcionamento da bomba, a formação da lâmina de água e o direcionamento da saída para o recipiente de coleta. Os peixes atravessavam a região monitorada, deslizavam pela peça de saída e chegavam ao recipiente com água e rede auxiliar. A água, proveniente do mesmo sistema de criação da empresa parceira, era recirculada durante a sessão. Temperatura, pH, oxigênio dissolvido e outros parâmetros de qualidade da água não foram medidos nesta campanha. Não houve procedimento de limpeza entre os vídeos.

O manejo dos animais foi conduzido pelo produtor, seguindo a rotina habitual de contagem para comercialização, sem alteração de procedimento para fins da pesquisa. As capturas foram realizadas na propriedade privada da empresa parceira e o manejo não foi conduzido sob responsabilidade institucional da universidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Resultados da Implementação Física

O desenvolvimento resultou em duas gerações físicas e três geometrias de passagem. A canaleta metálica foi inicialmente

utilizada com base interna útil de aproximadamente 10 cm e depois modificada para cerca de 20 cm, mantendo 1,5 m de comprimento. Essa geração permitiu identificar limitações relacionadas ao reflexo da superfície galvanizada, à largura da passagem, à interação entre pintura, fluxo e inclinação e à dependência geométrica entre a canaleta móvel e a câmera fixa. A pintura branca acrílica reduziu visualmente os reflexos mais intensos, mas foi associada a maior resistência ao deslizamento.

A segunda geração incorporou uma canaleta de PVC com 33 cm de largura útil, estrutura de madeira e MDF, regulagem de inclinação, distribuição de água por mangueira perfurada, Logitech C922 Pro Stream Webcam com iluminação em anel, fechamento parcial da região de captura e recirculação por bomba. Os registros mostram que a área transversal adicional permitiu maior dispersão dos peixes em parte das passagens. A configuração permitiu registrar toda a largura útil e gerar os vídeos utilizados na campanha de preparação de dados e avaliação do software.

As Figuras 8 e 9 ilustram situações de aglomeração nas duas geometrias, evidenciando o efeito qualitativo do aumento da largura sobre a dispersão dos peixes.

Figura 8. Exemplo de aglomeração na canaleta metálica de base mais estreita, com sobreposição entre indivíduos. Fonte: elaborado pelo autor a partir dos vídeos experimentais (2026).



Fonte: elaborada pelo autor (2026).

Figura 9. Exemplo de maior dispersão transversal dos peixes na canaleta de PVC mais larga. Fonte: elaborado pelo autor a partir dos vídeos experimentais (2026).



Fonte: elaborada pelo autor (2026).

O protótipo foi construído com componentes acessíveis de prateleira, com custos parciais documentados na ordem de R\\$/1.000,00 em valores de 2026. Esse montante não inclui webcam, notebook, recipiente, rede e mão de obra. Parte dos materiais e ferramentas foi disponibilizada pelo laboratório *maker* do campus do IFG Itumbiara. Portanto, os dados econômicos devem ser interpretados como registro parcial dos gastos de prototipagem, e não como estimativa do preço de fabricação ou comercialização.

3.2. Problemas Visuais Observados

Os principais problemas visuais observados foram reflexos na canaleta metálica e na água, sombras e variações de iluminação, resíduos na superfície, respingos próximos à lente, passagem parcial nas laterais do enquadramento e oclusão entre indivíduos. Entre esses fatores, a aglomeração mostrou-se especialmente crítica: a dificuldade aumentava quando os corpos se sobrepunham e seus limites deixavam de ser distinguíveis, conforme ilustrado na Figura 10.

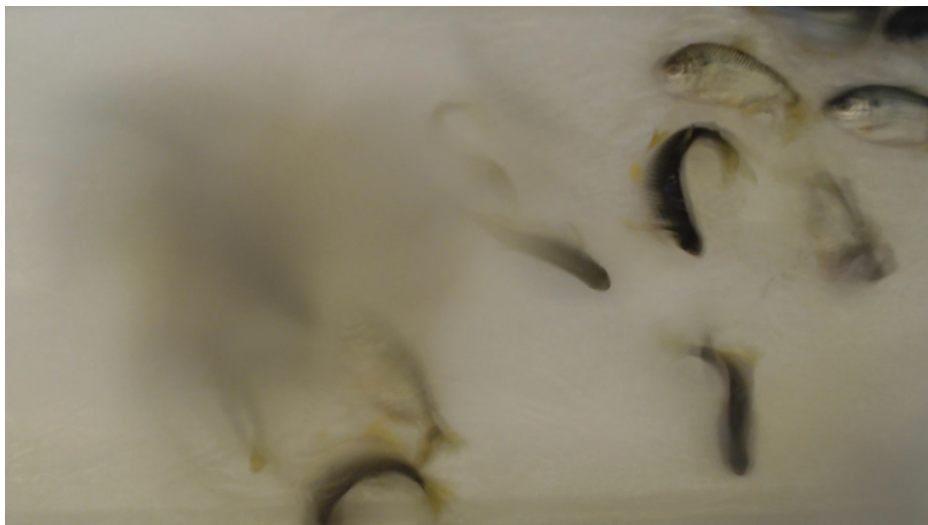
A proximidade da câmera também produziu uma relação de compromisso. Distâncias menores aumentavam o detalhe aparente dos animais, mas reduziam a extensão da canaleta visível e ampliavam a exposição da lente a respingos (Figura 11). O afastamento adotado na segunda geração permitiu enquadrar toda a largura útil da canaleta e uma extensão longitudinal maior, favorecendo a observação temporal da passagem. A Figura 12 mostra um exemplo de interferências visuais residuais, como reflexos e resíduos na superfície.

Figura 10. Exemplo de aglomeração e oclusão entre peixes durante a passagem, condição em que parte dos contornos individuais deixa de ser distinguível. Fonte: elaborado pelo autor a partir dos vídeos experimentais (2026).



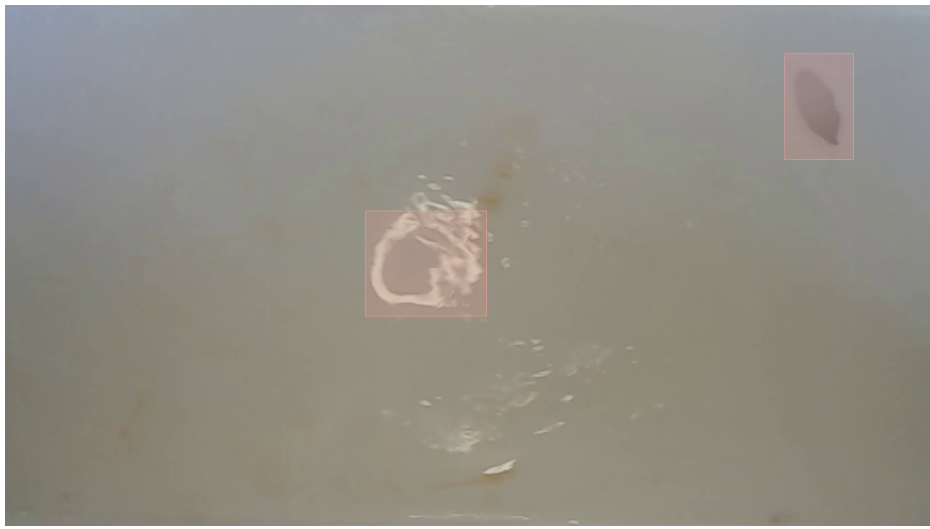
Fonte: elaborada pelo autor (2026).

Figura 11. Exemplo de respingo sobre a lente da câmera durante a passagem dos peixes, problema mais frequente quando a câmera estava posicionada próxima à lâmina de água. Fonte: elaborado pelo autor a partir dos vídeos experimentais (2026).



Fonte: elaborada pelo autor (2026).

Figura 12. Exemplo de interferências visuais residuais na canaleta, incluindo reflexo na superfície da água e material presente no fundo. Fonte: elaborado pelo autor a partir dos vídeos experimentais (2026).



Fonte: elaborada pelo autor (2026).

3.3. Contribuição da Cena Controlada para o Software

A contribuição do equipamento foi reduzir parte da variabilidade encontrada em uma cena aberta e definir uma região de passagem compatível com detecção, rastreamento e contagem por linha virtual. Sistemas que associam câmera, detecção e rastreamento para contar peixes em passagens já foram demonstrados em outros contextos (Kandimalla et al., 2022). O fundo claro, a câmera fixa, a iluminação local e o enquadramento da largura da canaleta forneceram uma referência espacial mais estável para o software. Ao mesmo tempo, o protótipo preservou variações reais, como reflexos residuais, sombras, respingos, resíduos e mudanças na distribuição dos peixes.

Essa condição intermediária é relevante porque o hardware não elimina todos os problemas visuais e o software não recupera informação ausente em oclusões severas. O equipamento reduz problemas evitáveis, enquanto o conjunto de dados e o pipeline computacional precisam representar as variações que permanecem. A influência dessas condições sobre as métricas de detecção, rastreamento e contagem é analisada no Capítulo III.

3.4. Limitações Observadas

O protótipo foi avaliado como plataforma experimental de captura, não como equipamento validado para operação produtiva. A vazão nominal da bomba é conhecida, mas não foi medida a vazão efetivamente entregue à canaleta. Também não foram medidos a velocidade de passagem, a capacidade em peixes por minuto, a uniformidade da iluminação ou a durabilidade dos materiais em uso prolongado. Não foi conduzida comparação controlada entre as geometrias, entre fechamento parcial e total, ou entre webcam de consumo e câmera profissional.

A aglomeração e a oclusão permanecem como limitações centrais, especialmente quando os animais entram juntos na região de captura. Inclinação e fluxo não são controles independentes, e alterações nesses parâmetros podem modificar tanto a velocidade de passagem quanto a resposta dos peixes. Respingos, reflexos residuais e resíduos também podem reduzir a qualidade de quadros individuais.

Essas limitações não invalidam os vídeos já obtidos nem o uso do protótipo como base de desenvolvimento. Elas delimitam o alcance da conclusão: o equipamento demonstrou capacidade de criar uma passagem monitorada e gerar dados para o pipeline computacional, mas sua eficiência operacional, sua capacidade máxima e sua robustez em uso prolongado não foram estabelecidas.

3.5. Melhorias Futuras

Trabalhos futuros poderão quantificar a vazão, a velocidade de passagem e a capacidade operacional; comparar ângulos de inclinação; avaliar materiais com menor atrito e adequação sanitária;

proteger a lente contra respingos; e medir a uniformidade luminosa. Também poderão comparar sensores de imagem, aperfeiçoar a separação dos peixes antes da região de captura e avaliar uma estrutura construtiva mais resistente à água para uso prolongado.

4. CONCLUSÃO

Este capítulo apresentou o desenvolvimento iterativo de um equipamento físico para passagem monitorada e captura de imagens de peixes durante o manejo. A primeira geração, construída com estrutura de tubos metálicos e canaleta de aço galvanizado, foi avaliada em duas geometrias e permitiu identificar problemas de reflexo, largura insuficiente, velocidade de passagem, interação entre pintura e escoamento e variação da distância da câmera. Essas observações orientaram a construção de uma segunda geração com canaleta de PVC mais larga, estrutura de madeira e MDF, inclinação regulável, distribuição transversal e recirculação de água, fechamento parcial da região de captura, iluminação em anel e Logitech C922 Pro Stream Webcam.

A configuração mais recente gerou vídeos com enquadramento completo da largura da canaleta e qualidade suficiente para o desenvolvimento do pipeline de detecção, rastreamento e contagem. O resultado demonstra a viabilidade de produzir dados experimentais com componentes acessíveis. A contribuição do equipamento está na criação de uma passagem visualmente mais organizada e na documentação das relações entre geometria, escoamento, iluminação, enquadramento e oclusão que condicionam o desempenho do sistema computacional apresentado no Capítulo III.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBEDO, Jayme Garcia Arnal. A Review on the Use of Computer Vision and Artificial Intelligence for Fish Recognition, Monitoring, and Management. *Fishes*, v. 7, n. 6, p. 335, 2022. DOI: 10.3390/fishes7060335.

BUKAS, C. et al. Robust deep learning based shrimp counting in an industrial farm setting. *Journal of Cleaner Production*, v. 468, p. 143024, 2024. DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.143024.

FROESE, Rainer; PAULY, Daniel. FishBase: *Astyanax lacustris* (Lütken, 1875). World Wide Web electronic publication, version 02/2026. 2026. Disponível em: <https://www.fishbase.se/summary/Astyanax-lacustris.html>. Acesso em: 27 jul. 2026.

KANDIMALLA, V. et al. Automated detection, classification and counting of fish in fish passages with deep learning. *Frontiers in Marine Science*, v. 8, 2022. DOI: 10.3389/fmars.2021.823173.

LI, Z. et al. Deep learning-based fish detection using above-water infrared camera for deep-sea aquaculture: a comparison study. *Sensors*, v. 24, n. 8, p. 2430, 2024. DOI: 10.3390/s24082430.

LOULIDI, A. et al. Automatic fish detection from different marine environments video using deep learning. In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. [S. l.: s. n.], 2022. XLVI-4/W3-2021. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W3-2021-191-2022.

MUKSIT, A. A. et al. YOLO-Fish: A robust fish detection model to detect fish in realistic underwater environment. *Ecological*

RATHI, D.; JAIN, S.; INDU, S. Underwater fish species classification using convolutional neural network and deep learning. In: IEEE International Conference. [S. l.: s. n.], 2017.

SALEH, Alzayat; SHEAVES, Marcus; RAHIMI AZGHADI, Mostafa. Computer vision and deep learning for fish classification in underwater habitats: A survey. Fish and Fisheries, v. 23, n. 4, p. 977–999, 2022. DOI: 10.1111/faf.12666.

¹ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Servidor do IFG – Campus Itumbiara (Tecnologia da Informação).

² Orientador. Prof. Dr., Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

³ Coorientador. Prof. Dr., Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).