

Sinop, MT
Fevereiro, 2018

Autores

Daniel Rabello Ituassú
Engenheiro de Pesca,
Mestre em Biologia de
Água Doce e Pesca Interior,
pesquisador da Embrapa
Agrossilvipastoril.
daniel.ituassu@embrapa.br

Silvio Tulio Spera
Engenheiro Agrônomo
Doutor em Agronomia,
pesquisador da Embrapa
Agrossilvipastoril.
silvio.spera@embrapa.br

Abordagem prática do dimensionamento da demanda hídrica em projetos de piscicultura

Introdução

A criação de animais aquáticos é o maior agronegócio do planeta atualmente, movimentando 144,4 bilhões de dólares por ano (MARTINEZ-PORCHAS; MARTINEZ-CORDOVA, 2012; FAO, 2014). Esta importância tende a se intensificar devido à demanda que será criada com o aumento populacional mundial, aumento de renda, urbanização e acesso a uma dieta diversificada (FAO, 2014).

A piscicultura no Brasil está ganhando importância, apesar da produção ainda incipiente, quando comparada com o potencial que o país apresenta. No Brasil foram produzidas cerca de 392 mil toneladas de pescado oriundo da aquicultura (PRODUÇÃO..., 2013), quantidade ainda insuficiente para atender a demanda interna (MELO; NIKOLIK, 2013), suprida pela importação.

A atratividade da piscicultura como atividade econômica tem estimulado a abertura de novas áreas de produção, e isto, por sua vez, causa pressão sobre corpos hídricos locais, pois é a partir destes que o principal insumo da piscicultura – a água – é captado para viabilizar a produção. De fato, a aquicultura é uma atividade de uso intensivo de água, consumindo mais por unidade de área do que a agricultura irrigada (BOYD; GROSS, 2000).

Pelo fato da aquicultura ser uma atividade que resulta em retiradas de volume de água de corpos hídricos, a mesma está sujeita a dispositivos legais que regulamentam a atividade. Esta é uma situação percebida em diferentes países, e visam atenuar o impacto da aquicultura sobre corpos hídricos locais (BOYD et al., 2007). No Brasil, a Agência Nacional de Águas – ANA, é o órgão responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, e entre outras atribuições, é responsável por regulamentar o uso da água para diferentes atividades (agricultura, mineração, aquicultura, etc).

A água é um bem de todos, e este é um assunto relevante para os profissionais que trabalham no desenvolvimento de projetos de piscicultura. O tema fez parte de um dos módulos de treinamento apresentados aos técnicos extensionistas públicos e privados de Mato Grosso, no âmbito do projeto “Capacitação continuada de técnicos multiplicadores I em piscicultura em Mato Grosso”, liderado pela Embrapa Agrossilvipastoril, que objetivou o aprofundamento do conhecimento das pessoas responsáveis pela Assistência Técnica e Extensão Rural em piscicultura, uma das cadeias produtivas tidas como prioritárias para o estado.

Fatores que afetam a demanda de água

Em uma criação de peixes, a necessidade por água pode ser influenciada por fatores de cultivo em si, fatores relacionados à construção dos viveiros e a aspectos hidromecânicos. Os fatores de cultivo dizem respeito ao sistema de cultivo empregado e o regime de despesca dos viveiros. Segundo Oliveira

(2000) viveiros são escavações em terreno natural, sem revestimento de alvenaria. Se a escavação for totalmente revestida por alvenaria, recebe a denominação de “tanque”. Se o revestimento for parcial, a estrutura é do tipo “tanque misto”. Os fatores hidromecânicos se referem às perdas de água por infiltração e por evaporação (COCHE; VANDER WAL, 1981; REZENDE; BERGAMIN, 2013), e também às entradas de água por precipitação e por escoamento superficial (SÁNCHEZ-ORTIZ, 2015).

Fatores de cultivo

Sistemas de cultivo que empregam altas densidades de estocagem elevam a carga de matéria orgânica nos viveiros, prejudicando as variáveis de qualidade de água como um todo. A prevenção ou resolução dos problemas decorrentes da deterioração da qualidade da água passa pelo uso de aeradores mecânicos, conforme indicado por (IZEL et al., 2013) ou pelo aumento das taxas de renovação de água dos viveiros (OLIVEIRA, 2000; LIMA, 2013; REZENDE; BERGAMIN, 2013). O aumento da renovação da água de viveiros, entretanto, eleva a quantidade de água a ser captada pelo empreendimento, e se mal dimensionada, pode demandar uma vazão de captação superior àquela outorgada pela Agência Nacional de Águas – ANA ou pelo órgão estadual licenciador, o que pode resultar em suspensão e revogação da outorga, caso venha a ferir o disposto no artigo 11º da Seção III da Lei 9.433/97 (ANA, 2013)¹.

Para facilitar a despesca nos viveiros é muito comum que o piscicultor faça a drenagem total dos viveiros, para depois enchê-lo novamente para a criação de um novo lote de peixes. Em empreendimentos de pequeno porte, este incremento na captação de água pode nem ser suficiente para atingir o limite de captação considerado insignificante. Porém, em função do porte e se o empreendimento operar em fases, isto é, produz pescado ao longo do ano, esta prática pode contribuir para o aumento da demanda hídrica da atividade. Importante frisar que o esvaziamento por completo de viveiros pode resultar em significativa deterioração da qualidade da água do corpo hídrico receptor.

¹ A Lei 9.433/97, na Seção III, que trata da Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos, estabelece em seu artigo 11 que: “O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água”.

Neste contexto, é oportuno mencionar que há a opção da drenagem parcial de viveiros nas operações de despesca. Como o nome sugere, consiste na drenagem de 50 a 75 % do volume dos viveiros, prática que pode atenuar a demanda por água e que segundo Martins Junior (2009), não prejudica as rotinas de despesca e melhora a qualidade do efluente lançado no corpo d’água receptor. Ainda, segundo o autor, o manejo adequado das taxas de drenagem, associado a adoção de outras Boas Práticas de Manejo (BPM) como taxas de arraçoadamento, densidade de estocagem adequadas, etc., podem manter os níveis adequados de oxigênio dissolvido, DQO e clorofila-a dentro dos limites de tolerância da legislação, entretanto, as variáveis matéria sedimentável e fósforo ainda são objeto de preocupação, pois tendem a exceder o limite imposto pela legislação.

Também é importante que se diga, que o uso de taxas de renovação de água para manter a qualidade do ambiente de cultivo, bem como de taxas de drenagem de viveiros em fase de despesca, trazem consigo a demanda do sistema de bombeamento (caso o abastecimento não seja por gravidade) que será variável, refletindo-se diretamente na quantidade de tempo em que o sistema motor-bomba estará em operação, que por sua vez, acarreta em um custo que varia na proporção de uso deste sistema de abastecimento.

Fatores hidromecânicos

Em todo projeto de construção de viveiros, o volume inicial é definido como a quantidade de água necessária para enchê-los até as profundidades previstas. Entretanto, em todo viveiro ocorrem perdas de água em função da infiltração e da evaporação.

Estas perdas variam conforme o tipo do solo, material laterítico ou saprólito do local de construção do viveiro, com a eficiência dos processos de compactação e selamento dos poros do solo do fundo do viveiro (SILVA, 2009), bem como as características meteorológicas da região onde se pretende instalar uma piscicultura. Desse modo, é

necessário determinar a extensão destas perdas de maneira que seja possível dimensionar a adequada vazão a ser captada, contínua ou intermitentemente, para que se possa manter o volume de água das unidades de produção nos níveis desejados (SÁNCHEZ-ORTIZ, 2015).

Após a construção de viveiros, nos primeiros anos há considerável perda de água por infiltração.

Normalmente com o passar do tempo, à medida que o peso da água desfaz a estrutura do solo e os poros são vedados pela matéria orgânica produzida no viveiro, a taxa de infiltração diminui até uma taxa constante cujo valor é dependente do tipo de solo (SILVA, 2009; REZENDE; BERGAMIN, 2013).

Um modo de acelerar a estabilização da infiltração² no viveiro é o próprio produtor executar um procedimento denominado de *puddling*³ (COCHE; VAN DER WAL, 1981), que se empregado, deve ser executado antes do seu enchimento, pois o *puddling* consiste em encharcar o fundo do viveiro e posteriormente usar equipamentos agrícolas como arados, etc., para desfazer a estrutura do subsolo⁴ do local. Para comparação, seguem os valores de infiltração de água de solos em estado natural e após o *puddling* do viveiro (Tabela 1).

Em outra abordagem, Silva (2009) afirma que é possível reduzir a taxa de infiltração em viveiros, com a aplicação de doses elevadas (25 a 50 ton./ha) de esterco animal. Segundo o autor, a matéria orgânica penetraria nos espaços porosos do solo, formando um filme orgânico que os selariam, minimizando a infiltração nesses locais.

Com relação à evaporação, em regiões tropicais, onde há alta incidência de radiação solar e alta temperatura do ar, a evaporação tende a ser maior que em regiões temperadas.

Logo, em países como Brasil, onde a maior parte do território está em latitudes tropicais e equatoriais, a evaporação tem expressiva influência sobre a quantidade de água necessária a um empreen-

Tabela 1. Valores de infiltração de água em diferentes tipos de solo em estado natural e após a quebra de sua estrutura e fechamento de poros.

Tipo de solo	Perdas por infiltração (mm/dia) – solo em estado natural	Perdas por infiltração (mm/dia) – solo estabilizado
Arenoso ⁵	2.400	2.400
Franco arenoso	960	3,0 a 6,0
Franco	8,0 a 20,0	2,0 a 3,0
Franco argiloso	2,5 a 15,0	1,0 a 2,0
Argiloso franco	0,25 a 5,0	Cerca de 1,0
Argiloso	6,12	1,416

Fonte: Coche; Van der Wal (1981); Pazzeto (2009); Fagundes et al. (2012); Oliveira et al. (2013).

dimento de piscicultura. Além da temperatura do ar, a evaporação também pode variar em função da frequência e intensidade de ventos, umidade relativa do ar e de acúmulo de nuvens (Tabela 2).

Tabela 2. Influência da intensidade (baixa ou alta) de variáveis atmosféricas sobre a evaporação da água.

Variável	Intensidade baixa	Intensidade alta
Temperatura do ar	Diminui evaporação	Aumenta evaporação
Umidade relativa do ar	Aumenta evaporação	Diminui evaporação
Ventos	Diminui evaporação	Aumenta evaporação
Acúmulo de nuvens	Aumenta evaporação	Diminui evaporação

Fonte: Coche; Van der Wal (1981).

Segundo Coche; Van der Wal (1981), para se determinar a quantidade de água que um viveiro perde por evaporação é preciso conhecer a taxa de evaporação da região, medida por métodos diretos ou estimada por equações matemáticas (GARCEZ; ALVAREZ, 1988; SÁNCHEZ-ORTIZ, 2015), sendo expressa em mm/dia, mm/semana, mm/mês, etc.

2 O termo "infiltração" refere-se ao processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo (COCHE; VAN DER WAL, 1981).

3 *Puddling* tem como equivalente no português, o vocábulo "chafurdar" ou "amassar barro".

4 A seção de controle do solo, por definição, atinge 2 m de profundidade. Assim, se o viveiro for feito em uma profundidade de mais de 2 m, não configura de fato solo, mas sim saprólito, laterita ou regolito.

5 Favorecido pela sua textura, solos arenosos são naturalmente mais permeáveis, de modo que as perdas por infiltração não diminuam significativamente após o *puddling*.

Atualmente, é possível obter junto à Gerência de Outorga da ANA, os dados de evaporação para a região onde a piscicultura será instalada. Esses dados facilitam o trabalho do projetista, já que poupa o trabalho de levantamento das variáveis e sua aplicação no modelo de evaporação de Penman (1948). Mais detalhes acerca do acesso a essa variável pelo site da ANA serão abordados na seção sobre evaporação da água de viveiros.

Em contraposição às perdas de água por infiltração e evaporação/evapotranspiração, existem os aportes de água nos viveiros e na bacia hidrográfica onde estão contidos. Essas entradas de água no sistema são representadas pela precipitação e pelo escoamento superficial. Este último, segundo Sánchez-Ortiz (2015), representa a fração da precipitação que não se infiltrou no solo.

Em viveiros de barragem (Figura 1), que se enquadram como “escavados” segundo Coche et al. (1995), ou lagos de barragem usados como reservatórios para viveiros de derivação, onde a crista dos taludes está ao nível do solo, e não há controle na entrada de água, a contribuição do escoamento superficial torna-se tão importante quanto a precipitação, porque o viveiro acaba recebendo todo o volume de água precipitado no entorno do corpo de água, mas que não se infiltrou no solo.

Foto: Daniel Rabello Ituassú



Figura 1. Viveiro de barragem para criação de peixes redondos, localizado em Sorriso, MT.

Ressalta-se que a precipitação e o escoamento superficial podem ser os únicos aportes de água em um empreendimento de piscicultura, como de fato ocorre no caso de alguns viveiros de barragem localizados no Sul do estado de Mato Grosso (ITUASSÚ, 2013). Enfim, sejam em viveiros de barragem, viveiros de derivação, viveiros escavados, *raceways*, etc., para o desenvolvimento

adequado de uma espécie, a disponibilidade de água deve ser suficiente para satisfazer sua exigência biológica no tocante à qualidade de água, isto é, possua níveis mínimos de oxigênio dissolvido e níveis toleráveis de metabólitos. Assim, estimativas acuradas de precipitação pluvial e escoamento superficial, bem como das saídas (infiltração e evaporação), definem a quantidade de pescado a ser produzida.

Para as etapas a seguir, consideremos o exemplo de um projeto de piscicultura a ser implantado na região de Sinop, MT, que conta com 5 ha de área alagada com cerca de 1,80 m de profundidade média, composto de viveiros construídos em solo de textura argilosa ou muito argilosa, que caracteriza o sistema de produção empregado por cerca de 78 % dos piscicultores de Mato Grosso (FAMATO, 2014). O regime de esvaziamento de viveiros é do tipo parcial (75 % do volume) durante a despesca. Neste exemplo considera-se que não há troca de água dos tanques, somente a reposição das saídas por evaporação e infiltração.

Estimativa da exigência por água

Para se determinar a quantidade de água que um ou mais viveiros conterão é necessário que se calcule a área de cada viveiro (em m^2), e que seja determinada a sua profundidade média. Para o cálculo da área alagada de um viveiro, é necessário descontar o recuo da linha da água, promovido pela borda livre dos taludes. Observando a Figura 2, a borda livre é identificada como B.D., e a declividade dos taludes é dada por i .

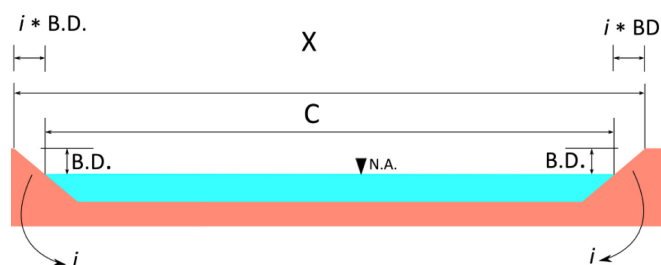


Figura 2. Perfil longitudinal de viveiro semi-escavado.

Esta declividade normalmente vem escrita como uma proporção (2:1, 2,5:1, 3:1, etc.). O primeiro número representa a variação na distância horizontal e o segundo, variação na distância vertical. Isto

significa que uma declividade de 2:1 por exemplo, indica que tomando como referência de nível (RN), a crista do talude, deslocando-se 2 m horizontalmente para dentro do viveiro, a próxima cota está 1 m abaixo de RN. Voltando à Figura 2 supondo um viveiro de comprimento X, com declividade i e borda livre B.D. A variação horizontal é dada por:

$$i * B.D. \quad (1)$$

Como são duas margens (Figura 2) logo:

$$2 * (i * B.D.) \quad (2)$$

Para determinar o comprimento C da linha d'água no sentido longitudinal do viveiro, subtrai-se o valor da equação 2 do comprimento X do viveiro:

$$C = X - 2 * (i * B.D.) \quad (3)$$

Do mesmo modo, procede-se para determinar a largura L de um viveiro, descontando-se o recuo promovido pela borda livre (Figura 3).

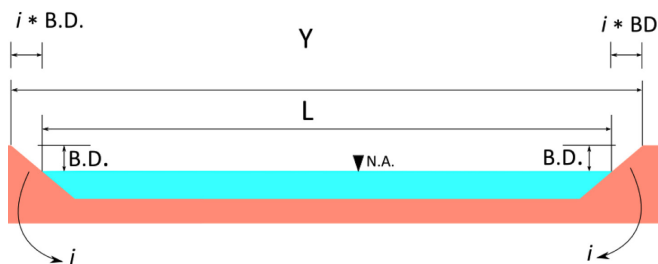


Figura 3. Perfil longitudinal de viveiro semi-escavado.

$$L = Y - 2 * (i * B.D.) \quad (4)$$

Para o caso de viveiros geminados, como medida de segurança, pode-se determinar declividades mais suaves no talude que for compartilhado pelos dois tanques. Nesse caso, para a determinação do comprimento (C) e largura (L) do viveiro, já descontando o recuo da borda livre, usa-se:

$$C = X - (i_1 * B.D. + i_2 * B.D.) \quad (5)$$

$$L = Y - (i_1 * B.D. + i_2 * B.D.) \quad (6)$$

Nota: O procedimento acima também pode ser adotado no caso de o viveiro possuir taludes de declividades diferentes.

Atualmente, também é possível levantar a área de viveiros usando fotos de satélites via Google Earth® e com um programa CAD (*Computer Aid Design*), importar a imagem de uma área em particular, definir a escala correta e então, dar o comando ao programa para calcular a área. Este procedimento é particularmente útil em viveiros de formato irregular. Nesse caso, há uma solução um pouco mais trabalhosa. O primeiro passo é decompor o viveiro em formatos regulares (Figura 4).

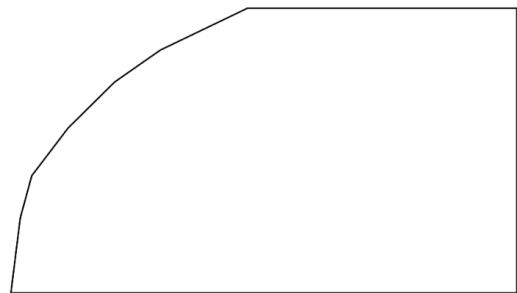


Figura 4. Viveiro hipotético de formato parcialmente irregular.

A seguir, nas áreas de formato regular, procede-se aos cálculos de comprimento e largura descontando o recuo da linha d'água em função da borda livre (B.D.). Uma vez que a variação horizontal ($i * B.D.$) seja conhecida, na região do viveiro onde o formato for irregular, deve-se traçar a linha da água paralelamente à crista do talude, a uma distância igual a $i * B.D.$ (Figura 5).

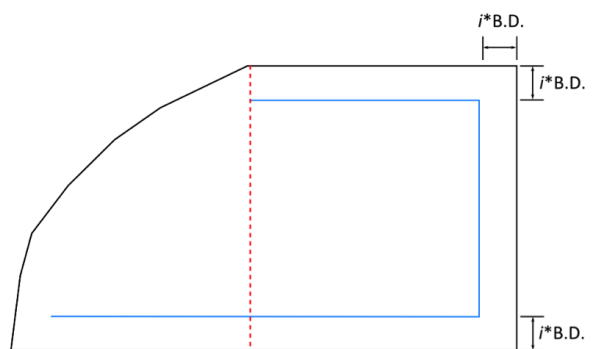


Figura 5. Traçado da linha de água na porção do viveiro de formato irregular.

No caso do uso de um software CAD, este procedimento é bem simples, bastando que o usuário defina, no comando "mirror", a distância a ser usada pelo programa para plotar a nova figura. Esta distância é definida em relação à posição do desenho original e deve ser igual a $i * B.D.$, resultando na nova representação (Figura 6).

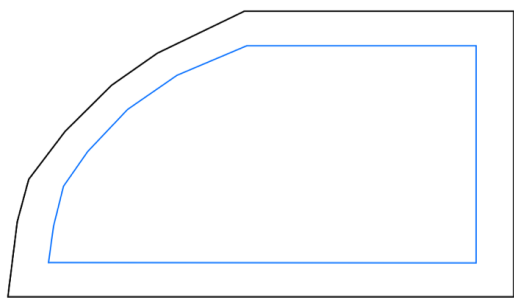


Figura 6. Traçado concluído da linha de água na porção do viveiro de formato irregular (em azul).

Para se determinar a profundidade média, deve-se medir a altura da coluna d'água em diferentes pontos do viveiro e calcular a média aritmética. Novamente, no caso de empreendimentos ainda na fase de projeto, basta medir a altura projetada da coluna d'água, como no exemplo da Figura 7.

Em pequenos viveiros já existentes, porém vazios, Coche e Van der Wal (1981) recomendam marcar com piquetes, três pontos onde o nível da água encontra uma lateral do viveiro. Este procedimento deve ser repetido na outra margem do viveiro e então, estica-se uma corda de uma margem a outra, amarrando-a cada extremidade em um piquete. A partir daí, mede-se a altura da corda até o assoalho do viveiro.

Caso o viveiro esteja cheio, basta medir diretamente com um disco de Secchi, por exemplo, a altura da coluna d'água em diferentes pontos. Ainda de acordo com Coche e Van der Wal (1981), para viveiros pequenos a profundidade deve ser medida em pelo menos quatro pontos. Para viveiros maiores são medidos mais pontos. Estes autores não definiram qual o tamanho de viveiro considerado

pequeno ou grande, de maneira que a quantidade de medidas fica a critério de quem estiver fazendo o levantamento. Entretanto, torna-se oportuno informar que a precisão da medição fica melhor com o aumento do número de observações.

Para o cálculo do volume do viveiro, basta multiplicar a área pela altura da coluna d'água (Tabela 3).

Tabela 3. Volume de água previsto para viveiros de diferentes dimensões e profundidades.

Dimensões (m)	Área (m ²)	Profund. média (m)	Volume (m ³)
10 x 10	100	1,0	100,0
50 x 20	1.000	1,2	1.200,0
100 x 30	3.000	1,5	4.500,0

Se o viveiro for grande e estiver vazio, esse levantamento da capacidade de armazenamento de água deve ser precedido de levantamento planialtimétrico⁶. Se o viveiro estiver cheio, as medidas de profundidade são tomadas diretamente, nas intersecções de linhas paralelas, traçadas tanto horizontal quanto verticalmente, espaçadas 5 m entre si (COCHE; VAN DER WAL, 1981), conforme ilustrado na Figura 8.

Na prática, entretanto, a fim de tornar mais ágeis os trabalhos em viveiros maiores que 1 ha, espaçamentos maiores podem ser adotados, ou ainda medições em pontos aleatórios, considerando que quanto maior for o espaçamento das linhas, menor a precisão do levantamento. Por fim, calcula-se a média das profundidades.

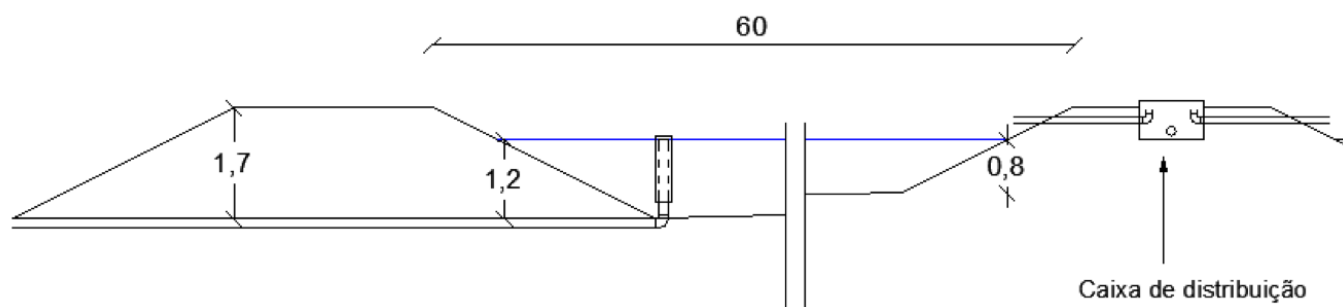


Figura 7. Detalhe de uma planta de viveiro superficial de um projeto de piscicultura, mostrando seu perfil longitudinal, e as profundidades máximas e mínimas da coluna d'água.

⁶ Para mais informações sobre a determinação do volume de armazenamento em viveiros grandes, como viveiros de barragem, sugere-se a leitura do tópico "Estimativa do volume de reservatórios".

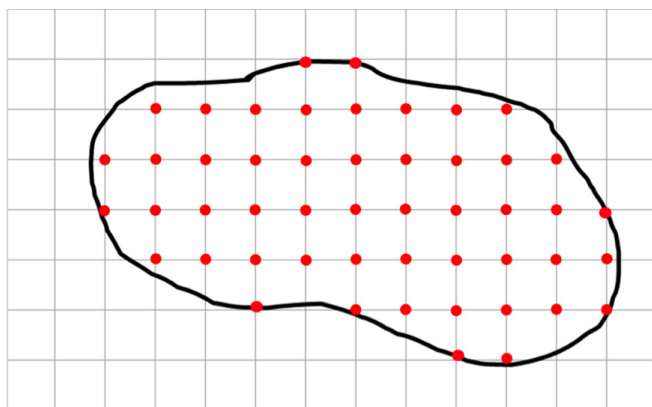


Figura 8. Exemplo hipotético de um croqui sem escala de um viveiro dividido em grades.

Fonte: Adaptado de Coche e Van der Wal (1981).

Estimando as perdas por infiltração em viveiros

A identificação de um solo é feita a partir das partículas que o constituem (SILVA, 2009). Como a granulometria do solo exerce influência marcante na condutividade hidráulica (comunicação pessoal)⁷, o conhecimento desta variável é importante para avaliação da viabilidade de solos enquanto material de construção de viveiros e barramentos.

A análise granulométrica é feita em geral por peneiramento e sedimentação e os limites das classes texturais são diferentes quando usados pela engenharia ou pela geologia e pedologia (Tabela 4). Segundo Silva (2009), os engenheiros usam a classificação feita pela norma NBR 7181/84 (ABNT, 1984)⁸ enquanto que os geólogos e pedólogos usam o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo – SiBCS (SANTOS et al., 2006).

Antes de determinar a extensão das saídas de água de um viveiro por infiltração, é necessário saber qual taxa de infiltração, ou seja, a velocidade com que a água se infiltra no solo. Essa taxa, como abordado anteriormente, varia conforme o tipo de solo do local.

Na bibliografia especializada, há registro dos valores de infiltração, que variam de autor para autor, e em função da textura e do grau de estruturação do solo, conforme apresentado nas Tabelas 1 e 5.

Tabela 4. Diâmetro de grãos de solo por critério da NBR 7181/16 e SiBCS.

Fração	NBR 7181/84 (mm)	SiBCS
Areia grossa	2 a 4	0,05 a 2
Areia média	0,42 a 2	0,05 a 2
Areia fina	0,05 a 0,42	0,05 a 2
Silte	0,005 a 0,42	0,002 a 0,05
Argila	Menor que 0,005	Menor que 0,002

Fonte: ABNT (2017); Santos et al. (2006).

Tabela 5. Taxas de infiltração de solos em função da sua textura.

Textura de solo	Proporção	Perdas por infiltração (mm/dia) – solo em estado natural
Textura grosseira – Arenoso	100 % de areia	20,0 a 40,0
Textura média	< 35 % de argila > 15% de areia	12,0 a 20,0
Textura fina – Argiloso	> 30% de argila < 60 % de argila	5,0 a 12,0
Textura fina – Siltoso	> 35 % de argila < 15 % de areia	5,0 a 12,0

Fonte: Oliveira (2000); Santos et al. (2006).

Caso haja preferência por um maior detalhamento da infiltração, amostras de solo do local podem ser enviadas a um laboratório especializado, que determinará essas perdas em condições controladas. Há também a possibilidade de aplicar métodos de campo na determinação da taxa de infiltração (POTT; DE MARIA, 2003; OLIVEIRA, et al., 2013), cuja acurácia é tida como intermediária entre os métodos laboratoriais e o uso de valores de referências publicados.

Supondo agora, o exemplo em que um solo tenha taxa de infiltração estabilizada entre 0,5 e 0,6 mm/hora, que na média, resulta em 0,53 mm/hora ou 12,72 mm/dia ou 0,01272 m/dia. Considerando que neste exemplo a taxa de infiltração foi estabelecida para determinar as perdas de água por infiltração

⁷ Comunicação fornecida por Esner R. Magalhães, professor da disciplina de Engenharia para Aquicultura do curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Amazonas.

⁸ Esta norma foi cancelada e atualizada em 2016.

de um empreendimento de 5,0 ha, o volume de água perdido é dado pela fórmula:

$$V_{\text{inf}} = i * A \quad (7)$$

V_{inf} : Volume infiltrado (m³/dia);

i : Taxa de infiltração (m/dia)⁹;

A : Área do viveiro (m²).

Substituindo com os valores do exemplo, temos que a equação 7 resulta em:

$$V_{\text{inf}} = i * A = 0,01272 * 50000 = 636\text{m}^3/\text{dia}$$

Logo, em 5,0 ha de viveiros, espera-se que por dia, 636 m³ de água sejam perdidos por infiltração. Por ano, a quantidade de água perdida por infiltração será de 636 x 365 dias = 232.140 m³.

Nota: Para converter os dados de mm/hora para mm/dia, basta multiplicar os valores por 24. Para converter os dados de mm/dia para m/dia, basta dividir os valores por 1000.

Estimando as perdas por infiltração em viveiros

No exemplo a seguir, o cálculo das perdas de água por evaporação poderia ser realizado segundo Coche e Van der WAL (1981). Estes autores empregam dados de evaporação determinados em tanques classe A ou estimados pela equação de Penman (1948).

Como descrito acima, a determinação da taxa de evaporação por este último método é muito trabalhosa, envolvendo o cálculo de diferentes variáveis climatológicas, cada uma delas estimada por uma equação específica, cujos pormenores não serão abordados no presente estudo. Em contrapartida, devido à facilidade de se obter os dados de evaporação, recomenda-se enfaticamente a consulta aos dados de evaporação já previamente calculados diretamente na página “Procedimentos para pedido de outorga”, no site da ANA¹⁰.

A seguir, continuando com o exemplo da piscicultura de 5,0 ha de área alagada, supondo que este empreendimento localiza-se na região de Sinop (Meio-Norte de Mato Grosso). O levantamento das taxas de evaporação foi feito com os valores fornecidos pela ANA (Tabela 6).

Tabela 6. Taxas de evaporação e precipitação (de 2015) fornecida pela planilha da Agência Nacional de Águas, para um empreendimento na região de Sinop, MT.

Mês	Evaporação (mm)	Precipitação (mm)
Janeiro	131	145
Fevereiro	109	152
Março	111	161
Abril	100	76
Mai	118	18
Junho	103	0
Julho	121	0
Agosto	144	4
Setembro	142	96
Outubro	128	96
Novembro	118	131
Dezembro	120	151
Total	1445	1030

Para acessar os dados deve-se clicar no link “Aqüicultura em Tanques Escavados (viveiros)” e salvar o arquivo compactado no computador. Abre-se então o arquivo “PlanilhaTanqueEscavado.xls” e na aba “Evaporação (mm)” estão os dados de evaporação.

No balanço hídrico é necessário considerar a contribuição da precipitação pluvial para atenuar a exigência por água de um projeto de piscicultura. Essa informação também pode ser extraída da “PlanilhaTanqueEscavado.xls”, aba “Precipitação (mm)” (Tabela 6). O valor do escoamento, entretanto, não é considerado no cálculo, pois é mais difícil de ser obtido, em função das variáveis que precisam ser conhecidas, como a extensão e tipo

⁹ Taxas de infiltração obtidas na bibliografia podem ser utilizadas, tomando-se o cuidado de escolha de acordo com o tipo de solo. É importante também que o valor seja convertido em m/dia, se necessário.
¹⁰ <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/outorgaefiscalizacao/PedidoOutorga.aspx>

de cobertura vegetal da bacia hidrográfica, estimativas de evapotranspiração potencial, capacidade do solo em reter água, entre outras, e que para aquicultura não são facilmente obtidas (BOYD; GROSS, 2000; BOYD, 2004).

De volta ao exemplo, o ciclo de produção proposto é de 12 meses. Para essas condições, a perda de água por evaporação é calculada da seguinte maneira:

$$\text{Volume evaporado (V}_e\text{)} = \text{Área de viveiro} * \Sigma \text{Taxa de evaporação} \quad (8)$$

$$V_e = 50.000 \text{ m}^2 * 1,445 \text{ m} = 72.250 \text{ m}^3.$$

O aporte de água pela precipitação é calculado de maneira semelhante, e é dado por:

$$\text{Volume precipitado (V}_p\text{)} = \text{Área de viveiro} * \Sigma \text{Precipitação} \quad (9)$$

$$V_p = 50.000 \text{ m}^2 * 1,030 \text{ m} = 51.500 \text{ m}^3.$$

Estimando a exigência por água

Agora, de posse dos valores de perdas por infiltração e evaporação, e da entrada de água por precipitação, é possível calcular a demanda de água do empreendimento hipotético de 5,0 ha, como:

$$\text{Demanda} = \text{Volume de viveiros} + V_{\text{inf}} + V_e - V_p \quad (10)$$

V_{inf} : Volume infiltrado (m^3);

V_e : Volume evaporado (m^3);

V_p : Volume precipitado pluvial (m^3).

O volume total de viveiros calculado para o empreendimento hipotético é de 90.000 m^3 , entretanto, de acordo com o regime de despesca proposto, uma vez ao ano 75 % do volume de água pode ser drenado para permitir a retirada dos peixes. Esse volume de água tem de ser repostado, e o cálculo deve considerar essa reposição. Assim tem-se que:

$$\text{Volume de viveiros} = V_{\text{inf}} + V_{\text{rep}} \quad (11)$$

V_{inf} : Volume infiltrado (m^3);

V_{rep} : Volume repostado (m^3);

Incluindo na equação 11, os valores do exemplo do empreendimento de 5,0 ha, tem-se que o volume a ser repostado (V_{rep}) corresponde a 75 % do volume do viveiro, logo $V_{\text{rep}} = 75 \% \text{ de } 90.000 \text{ m}^3 = 67.500 \text{ m}^3$:

$$\begin{aligned} \text{Volume de viveiros} &= 90.000 \text{ m}^3 + 75 \% \\ &= 90.000 + 67.500 \\ &= 157.500 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

De posse deste valor, pode-se agora resolver a equação 10 (abaixo):

$$\text{Demanda} = \text{Volume de viveiros} + V_{\text{inf}} + V_e - V_p$$

$$\begin{aligned} \text{Demanda} &= 157.500 + 232.140 + 72.250 - 51.500 \\ &= 410.390 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

O volume de água necessário para manter 5,0 ha de área alagada, nas condições do exemplo proposto durante um ciclo de produção de 12 meses, é significativamente maior do que o volume que um iniciante com pouca experiência na atividade poderia supor, que geralmente leva em conta somente o volume necessário para encher o(s) viveiro(s), ignorando que boa parte da água seria usada para repor as perdas por infiltração que ocorrem no fundo do viveiro (Tabela 7) e subestimando a demanda real.

Tabela 7. Composição da demanda hídrica para o exemplo de 5,0 ha de área alagada, nas condições do meio norte de Mato Grosso.

	Volume (mm)	Percentual (%)
Infiltração	232.140	56,56
Evaporação*	20.750	5,06
Volume de viveiro	157.500	38,38
Total	410.390	100

* Valor já descontado da contribuição da precipitação.

Os dados do exemplo evidenciam a importância de um dimensionamento correto da demanda hídrica de um projeto de piscicultura, garantindo que inclusive, não falte água nos meses mais secos do ano. Ainda, estes dados também permitem que sejam respondidas as seguintes perguntas:

- Em quanto tempo o(s) viveiro(s) será(ão) preenchidos?

- Qual a vazão necessária para preenchê-los?

De acordo com Coche e Van der Wal (1981) para viveiros pequenos, de até 1500 m² (0,15 ha), cerca de 8 dias é um período razoável. Para viveiros maiores, esse prazo pode ser consideravelmente maior. Para Boyd e Gross (2000) são necessários 60 dias para encher 100 ha de área alagada.

Os prazos para enchimento de viveiros podem, entretanto, ser variáveis, uma vez que estes devem ser cheios o mais rápido possível, para que a criação de peixes possa ser iniciada o quanto antes. Além disto, a demora em encher viveiros pode fazer que o fundo do viveiro fique demasiadamente ressequido, levando ao aparecimento de rachaduras que podem resultar em processos de infiltração (REZENDE; BERGAMIN, 2013). Voltando ao exemplo, supondo 30 dias um período razoável para encher 5,0 ha de viveiros, a vazão (Q) necessária é de:

$$Q = \text{Volume do viveiro} / \text{dias} \quad (12)$$

$90.000 \text{ m}^3 / 30 \text{ dias} = 3.000 \text{ m}^3/\text{dia}$ ou $2,08 \text{ m}^3/\text{min}$ ou $0,035 \text{ m}^3/\text{s}$.

Todavia, como já foi evidenciado, deve-se incluir nesse cálculo a demanda de água para repor as saídas (infiltração e evaporação) que também ocorrem. O cálculo, portanto, deve ser refeito considerando esta observação.

Além disso, a duração do ciclo de produção (12 meses ou 365 dias) também deve ser contabilizada. Assim, a vazão Q necessária para atender a demanda total de 5,0 ha de área alagada, nas condições apresentadas no exemplo, é dada pela fórmula:

$$Q = \text{Demanda total} / \text{Ciclo de produção} \quad (13)$$

$410.390 \text{ m}^3 / 365 \text{ dias} = 1.124,36 \text{ m}^3/\text{dia}$ ou $0,780 \text{ m}^3/\text{min}$ ou $0,0130 \text{ m}^3/\text{s}$ ou 13 L/s .

Essa vazão é suficiente para encher os viveiros, recompor as perdas e enchê-los novamente após a operação de despesca.

Vazão requerida e vazão disponível

Como atividade econômica produtiva, a piscicultura está contemplada na Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997)¹¹, que estabelece a necessidade de outorga de uso pelo Poder Público, seja por captação de água superficial ou subterrânea. Caso a vazão a ser captada seja de até 1,0 l/s, a mesma é considerada insignificante, sendo desnecessária a outorga de uso, porém de cadastramento obrigatório, segundo a Resolução ANA n.º 707 de 21 de dezembro de 2004 (BRASIL, 2004)¹¹. Para informações mais detalhadas sobre a legislação pertinente ao tema, categorias de outorga e etc., recomenda-se a consulta a ANA (2013).

A vazão demandada por uma piscicultura deve ser comparada com a vazão do curso de água que será usado para abastecer e manter o empreendimento em operação. Há diferentes métodos de medição de vazão de cursos de água, com diferentes graus de precisão (COCHE; VAN DER WAL, 1981). Segundo Sánchez-Ortiz (2015), assim como as perdas, as entradas devem ser determinadas com precisão, para garantir o suprimento adequado de água e satisfazer as necessidades da espécie que se está criando.

Ressalta-se que esta vazão é variável, ou seja, o valor de Q varia conforme a estação do ano. Dessa maneira, é prudente e recomendável a determinação da vazão de um curso de água ao longo de um ciclo hidrológico, a fim de que se conheçam as vazões máximas e mínimas do corpo hídrico que se pretende usar como fonte de água.

Se o projetista desejar um grau de precisão maior, ou se a fonte de água da piscicultura for um curso de água caudaloso, como um rio, o uso de molinetes hidrométricos, ecossonda ou doppler são os métodos de escolha (CARVALHO, 2008).

Para cursos de água menores, é possível medir a vazão pelo método do objeto flutuante (COCHE; VAN DER WAL, 1981; PALHARES et al., 2007; CARVALHO, 2008; REZENDE; BERGAMIN, 2013).

¹¹ Disponível também neste compilado de sobre legislação básica. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Legislação básica. 2. ed. Brasília: ANA, 2007. p. 189–199. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/userfiles/download/LIVROAGENCIANACIONALDEAGUAScd_LB2.pdf>.

Coche e Van der Wal (1981) recomendam que ao determinar a velocidade da água, o projetista deve multiplicar o valor encontrado por um fator de correção (FC) de 0,85. Palhares et al. (2007) usam FC diferentes, dependendo do tipo de fundo do curso de água. Se o fundo for de barro (ou arenoso), o valor de FC será de 0,8 e se o fundo for pedregoso, o FC será de 0,9.

Para mais informações sobre a aplicação do método do objeto flutuante na determinação de vazão de cursos de água, recomenda-se a leitura de Rezende e Bergamin (2013). Para tanto, será tomado o exemplo anterior de empreendimento de piscicultura de 5,0 ha, e será também suposto que haja nas proximidades um curso de água que abastecerá os tanques do empreendimento, com as seguintes dimensões já determinadas:

- Largura da seção de montante (L_M): 244 cm
- Largura da seção de jusante (L_J): 305 cm
- Profundidades da seção de montante:
Ponto A = 30,5 cm
Ponto B = 24,4 cm
Ponto C = 15,25 cm
Ponto D = 0,0 cm
- Profundidades da seção de jusante:
Ponto A = 33,5 cm
Ponto B = 30,5 cm
Ponto C = 12,2 cm
Ponto D = 0,0 cm
- Velocidade do fluxo de água: 1,0 m/s

Profundidade média de montante (P_M)

$$P_M = \frac{30,5 + 24,4 + 15,25 + 0,0}{5} = 14,03 \text{ cm} \quad (14)$$

Profundidade média de jusante (P_J)

$$P_J = \frac{30,5 + 24,4 + 15,25 + 0,0}{5} = 15,24 \text{ cm} \quad (15)$$

Área média da seção de montante (A_M)

$$A_M = L_M * P_M = 2,44 * 0,1403 = 0,34 \text{ m}^2 \quad (16)$$

Área média da seção de jusante (A_J)

$$A_J = L_J * P_J = 3,05 * 0,1524 = 0,46 \text{ m}^2 \quad (17)$$

Agora, com essas informações é possível calcular a vazão (Q) do curso de água. Considere que o fundo

do curso de água é arenoso, e que o mesmo tem uma consistência mais próxima do barro do que de rochas, portanto será usado o fator de correção de 0,8.

$$Q = A_T * V * F_C \quad (18)$$

A_T : Área média total das seções transversais = $\frac{A_M + A_J}{2}$

V: Velocidade do curso de água

F_C : Fator de correção

Q: $0,4 * 1,0 * 0,8 = 0,320 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$A_T = \frac{0,34 + 0,46}{2} = 0,4 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,4 * 1,0 * 0,8 = 0,320 \text{ m}^3/\text{s}$$

A vazão mínima deve ser suficiente para atender a necessidade do empreendimento em questão, bem como atender as necessidades dos diferentes usuários (dessedentação de animais, irrigação, etc.) que estão localizados à jusante, até o limite de outorgas estabelecido pelo órgão competente.

De acordo com a Tabela 6, o mês crítico é agosto em função da baixa ocorrência de chuvas e alta taxa de evaporação. O cálculo de vazão segue as mesmas etapas apresentadas anteriormente neste tópico, e para não repeti-los, considera-se que após os cálculos, a vazão Q de agosto é 30 % menor que a determinada anteriormente (que consideraremos como a máxima), isto é, $0,224 \text{ m}^3/\text{s}$. Logo, para o corpo hídrico usado como fonte de água do empreendimento hipotético de 5,0 ha, as vazões máximas e mínimas são 320 L/s e 224 L/s, respectivamente.

Com isso observa-se que as vazões mínimas e máximas são bem superiores à vazão necessária para manter os 5 ha de área alagada em condições adequadas. Entretanto, com uma demanda de 13 L/s, a captação de água para o empreendimento está acima do limite de captação considerado como insignificante, obrigando o empreendedor a solicitar a outorga de uso de água.

Fontes de abastecimento de viveiros

Calculadas a demanda de água e a capacidade de abastecimento do corpo hídrico usado como fonte de água, é possível encontrar duas situações:

Uso de reservatórios e canais de derivação

Neste caso, a área da piscicultura possui características que permitem que uma barragem seja construída para elevação do nível da água até uma altura suficiente para que os viveiros sejam abastecidos por gravidade (Figura 9).

Foto: Cleidir Marcio Schuck



Figura 9. Tanque de reprodutores de tambaqui em Guarantã do Norte, MT em primeiro plano. Ao fundo encontra-se a barragem construída para abastecer os viveiros da propriedade.

A derivação é outra situação de abastecimento por gravidade. Entretanto, não há necessidade de construção de barramentos, uma vez que a fonte de água já se encontra em nível suficiente para abastecer os viveiros por gravidade, para construção de um canal ligando a fonte de água aos viveiros. É muito comum que o ponto de captação de água esteja fora dos limites da propriedade onde se construirão os viveiros, devido à baixa declividade do terreno (Figura 10).

Foto: Daniel Rabello Ituassú



Figura 10. Canal de derivação de uma piscicultura em Sorriso, MT. O ponto de captação localiza-se fora da propriedade, a cerca de 4 km de distância.

O dimensionamento do canal de derivação, a estimativa do volume de água de uma barragem, bem como dos custos envolvidos na construção, devem ser embasados por um levantamento planialtimétrico, conforme orientado anteriormente.

Bombeamento

Nas situações em que houver uma fonte de água com vazão considerada suficiente para a instalação de um projeto de piscicultura, mas não for possível a captação por derivação ou por formação de reservatório, ou ainda o reservatório encontra-se em nível mais baixo que o nível dos viveiros, o abastecimento pode ser realizado com bombas hidráulicas (ONO et al., 2002). Como é uma alternativa que consome energia elétrica, o emprego de bombeamento deve ser considerado somente quando as opções anteriores não puderem ser adotadas.

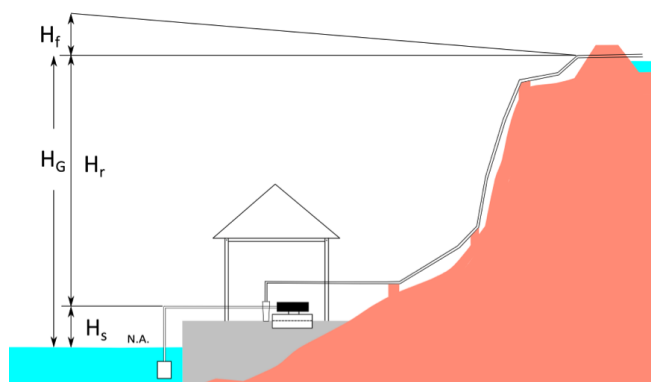


Figura 11. Esquema de conjunto elevatório e as variáveis envolvidas (H_s = Altura de sucção; H_r = Altura de recalque; H_G = Altura geométrica; H_f = Perda de carga).

Fonte: Adaptado de Azevedo Netto et al. (2000).

Neste caso, de posse da demanda hídrica anual de um empreendimento, é possível estimar a potência necessária para bombeamento, de acordo com Azevedo Netto et al. (2000):

$$P = \frac{\gamma * Q * H}{75\eta} \quad (19)$$

P: Potência requerida (cv);

γ : Peso específico da água (1.000 kgf/m³);

Q: Descarga de água (m³/s);

H: Altura manométrica (m);

η : Rendimento global do conjunto elevatório dado por $\eta_{motor} *$

η_{bomba} de acordo com a Tabela 8:

Tabela 8. Rendimentos de motores e bombas centrífugas utilizados em conjuntos elevatórios.

Rendimento de motores elétricos (%)												
HP	0,5	0,75	1	1,5	2	3	5	10	20	30	50	100
η_{motor}	64	67	72	73	75	77	81	84	86	87	88	90

Rendimento de motores elétricos (%)											
HP	5	7,5	10	15	20	25	30	40	50	100	200
η_{motor}	52	61	66	68	71	75	80	84	85	87	88

Fonte: Azevedo Netto et al. (2000).

De volta aos dados do exemplo do empreendimento de 5,0 ha, e supondo uma altura manométrica de 50 m (já incluindo a perda de carga) e uma eficiência do conjunto elevatório de 55,4 %, a potência necessária para bombear 13,0 L/s (ou 0,013 m³/s) é:

$$P = \frac{\gamma * Q * H}{75\eta} = \frac{1000 * 0,013 * 50}{41,55} = \frac{650}{41,55} = 15,6 \text{ cv}$$

Sendo 1 cv equivalente a 0,986 HP (AZEVEDO NETTO et al., 2000), a potência do conjunto elevatório é $15,6 \times 0,986 = 15,4$ HP. Para diminuir a possibilidade de trabalhar em sobrecarga, Azevedo Netto et al. (2000) recomendam que seja acrescido 15 % de potência em motores de 10 a 20 HP (Tabela 9). Então $15,4 \times 1,15 = 17,7$ HP. Deve-se portanto, buscar no mercado um conjunto motor-bomba que se aproxime ao máximo à potência dimensionada para satisfazer uma captação de 13 L/s, nas condições do exemplo empregado¹². É importante que se diga que a definição da potência não é o único passo para o dimensionamento de um sistema de abastecimento de viveiros por bombeamento.

Há outras variáveis a se considerar, como a própria perda de carga, por exemplo. De acordo com Lekang (2007), a perda de carga (H_f) ocorre por causa da fricção entre as moléculas de água e as moléculas da parede do condutor. Essa perda de carga é maior sempre que houver uma mudança de direção ou um estreitamento da tubulação ou canal que conduz a água. Entretanto, trata-se de uma adequada aproximação do que será necessário para atingir o objetivo.

¹² É aconselhável ao projetista a consulta a diferentes fabricantes de bombas hidráulicas para melhor definição do valor de eficiência energética (η).

Tabela 9. Recomendação de acréscimos à potência de motores elétricos.

Categoria (HP)	Acréscimo de potência (%)
Até 2,0	50
2,0 a 5,0	30
5,0 a 10	20
10 a 20	15

Fonte: Azevedo Netto et al. (2000).

Estimativa do volume de reservatórios

Mesmo que haja uma fonte de água na propriedade, é necessário saber se a vazão mínima é suficiente para suprir a demanda calculada, ou em casos mais extremos, se em determinada época do ano a fonte de água costuma secar. Para esses casos, um reservatório pode ser necessário para garantir água por um tempo maior. Para determinar o volume de um reservatório, o levantamento topográfico planialtimétrico fornece as curvas de nível do local de construção. Para maiores detalhes acerca dos métodos para cálculo de áreas em levantamentos topográficos, recomenda-se a consulta à obra de Veiga; Zanetti e Faggion (2012). A partir da determinação das áreas, calcula-se então o volume para cada seção de curva de nível (BRASIL, 1987):

$$V = \frac{(S_n + S_{n+1}) * DN}{2} \quad (20)$$

V: Volume entre duas curvas consecutivas (m³);

S_n e S_{n+1} : Área de cada uma das curvas consecutivas (m²);

DN: Diferença de nível entre curvas consecutivas S_n e S_{n+1} (m).

Calculando o volume para cada curva de nível, basta que sejam somados esses volumes para determinação do volume da bacia hidráulica formada pela barragem:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (21)$$

De volta ao exemplo do empreendimento de 5 ha, supondo que na propriedade, além da possibilidade de bombeamento, haja também a opção

de elevar o nível da água de um curso de água próximo, e que o levantamento planialtimétrico do local (com diferença de nível de 1 m entre curvas) resultou na planta da Figura 12:

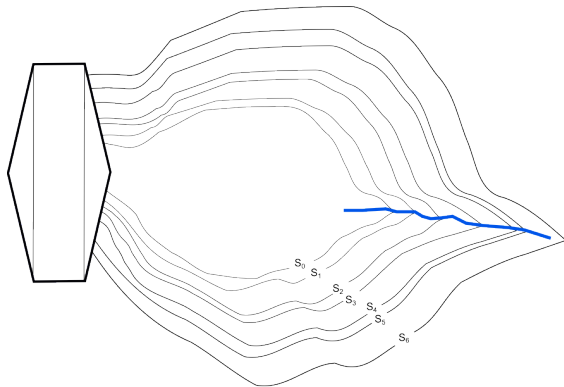


Figura 12. Levantamento planialtimétrico de um reservatório hipotético.

Fonte: Adaptado de Brasil (1987).

Os cálculos de volume são realizados em conjuntos de duas superfícies contíguas¹³ conforme Figura 13.

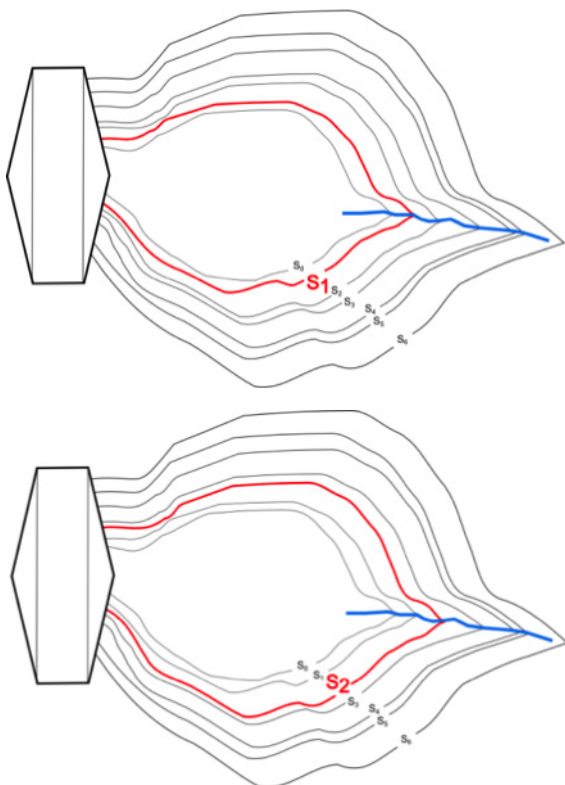


Figura 13. Cálculo do volume do reservatório para cada área S formada pelo contorno das curvas de nível.

Fonte: Adaptado de Brasil (1987).

Assim, na equação 20, o volume V_1 é calculado usando-se as superfícies S_1 e S_2 , o volume V_2 é calculado usando-se as superfícies S_2 e S_3 e assim por diante, até que todas as superfícies estejam contempladas e os respectivos volumes estejam calculados. De acordo com o exemplo acima, as áreas formadas por cada curva de nível são:

$$\begin{array}{ll} S_1 = 1.500 \text{ m}^2 & S_4 = 14.000 \text{ m}^2 \\ S_2 = 2.000 \text{ m}^2 & S_5 = 28.000 \text{ m}^2 \\ S_3 = 6.000 \text{ m}^2 & S_6 = 40.000 \text{ m}^2 \end{array}$$

Com uma DN de 1 m os volumes são:

$$V_1 = \frac{(1.500 + 2.000) * 1}{2} = \frac{3.500}{2} = 1.750 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{(2.000 + 6.000) * 1}{2} = \frac{8.000}{2} = 4.000 \text{ m}^3$$

$$V_3 = \frac{(6.000 + 14.000) * 1}{2} = \frac{20.000}{2} = 10.000 \text{ m}^3$$

$$V_4 = \frac{(14.000 + 28.000) * 1}{2} = \frac{42.000}{2} = 21.000 \text{ m}^3$$

$$V_5 = \frac{(28.000 + 40.000) * 1}{2} = \frac{68.000}{2} = 34.000 \text{ m}^3$$

$$V_T = 1.750 + 4.000 + 10.000 + 21.000 + 34.000 = 70.750 \text{ m}^3$$

O volume de água demandado pela piscicultura deve ser comparado com o volume estimado do reservatório que se quer construir. A demanda total de água do empreendimento foi calculada em 410.390 m³ conforme a Tabela 7, para doze meses de criação, ou cerca de 34.200 m³ como média mensal.

Se nos dois meses mais secos do ano (Tabela 6), a fonte de água secar ou se mostrar insuficiente para a manutenção do nível da água nos viveiros, o volume de reservatório a ser construído será de $2 * 34.200 \text{ m}^3 = 68.400 \text{ m}^3$. Para as condições empregadas, o volume estimado de reservatório é de 70.750 m³, o que satisfaz a demanda nos meses mais críticos do ano.

¹³ Desconsidera-se a área S0, pois esta é a cota do curso de água.

Se o volume do reservatório for considerado insuficiente, deve-se revisar o ponto de barramento empregando imagens aéreas obtidas com drones, se possível, ou imagens de satélite conforme citado anteriormente, traçar novas curvas de nível para definir a necessidade e principalmente a possibilidade de movimentação de terra e incluir os volumes de cada seção correspondente, usando a equação para cálculo dos volumes parciais, mostrada neste tópico. Caso a cota máxima do terreno seja alcançada e mesmo assim não houver volume de reservatório suficiente, a recomendação é que o projeto seja redimensionado para que leve em conta esta limitação.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos.**

Brasília: Agência Nacional de Águas - ANA, 2013. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sof/MANUALDEProcedimentosTecnicoeAdministrativosdeOUTORGAdDireitodeUsodeRecursosHidricosdaANA.pdf>>. Acesso em: 2 fev. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7181: Solo - Análise granulométrica.** Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7181: Solo - Análise granulométrica.** Método de ensaio. 2 ed. Rio de Janeiro, 2017.

AZEVEDO NETTO, J. M. de; FERNANDEZ, M. F.Y; ARAÚJO, R. de; ITO, A. E. **Manual de hidráulica.** 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

BOYD, C. E. Pond hydrology. In: TUCKER, C. S.; HARGREAVES, J. A. (Org.). **Developments in Aquaculture and Fisheries Science.** Amsterdam: Elsevier, 2004. p. 196–214. Biology and culture of channel catfish. v. 34.

BOYD, C. E.; GROSS, A. Water use and conservation for inland aquaculture ponds. **Fisheries Management and Ecology**, v. 7, n. 1-2, p. 55–63, 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2400.2000.00181.x>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

BOYD, C. E.; TUCKER, C.; MCNEVIN, A.; BOSTICK, K.; CLAY, J. Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. **Reviews in Fisheries Science**, v. 15, n. 4, p. 327–360, 2007.

BRASIL. Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997 - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1o da Lei no 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei no 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Seção 1, p. 4-8. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=09/01/1997&jornal=1&pagina=4&totalArquivos=64>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. Resolução no 707, de 21 de dezembro de 2004 - Dispõe sobre procedimentos de natureza técnica e administrativa a serem observados no exame de pedidos de outorga, e dá outras providências. **ANA**, [Brasília, DF], 21 dez. 2004. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2004/707-2004.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundação de Assitência ao Estudante. **Manual de orientação, irrigação e drenagem.** Rio de Janeiro: FAE, 1987. (FAE. Ensino Agrotécnico, 12). Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me002929.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2016.

CARVALHO, T. M. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, n. 1, p. 73–85, 2008. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbge/index.php/revista/article/view/19>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

COCHE, A. G.; MUIR, J. F.; LAUGHLIN, T. L. **Pond construction for freshwater fish culture: Building earthen ponds.** Rome: FAO, 1995. FAO Training Series, 20.

COCHE, A. G.; VAN DER WAL, H. **Water for freshwater fish culture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1981. Simple methods for aquaculture; FAO Training Series, 4.

FAGUNDES, E. A. A.; RUDEL, M.; SANTOS, T. dos; PORTO, R. Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de cerrado no município de Rondonópolis, MT. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 369-378, 2012. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/agrarias/determinacao.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture 2014: Opportunities and challenges**. Rome: FAO, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2016.

FAMATO - FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DO MATO GROSSO. **Diagnóstico da piscicultura em Mato Grosso**. Cuiabá: IMEA, 2014. Disponível em: <http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/P221_Diagnostico_da_Piscicult_ura_Versao_Final_com_capa.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2016.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1988.

ITUASSÚ, D. R. O cultivo de peixes em pequenas propriedades. In: GUERIN, N.; ISERHAGEN, I. (Org.). **Plantar, criar e conservar: unindo produtividade e meio ambiente**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2013. p. 123–138. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/109898/1/2013-Criar-plantar-conservar-embrapa-agrossilvipastoril.pdf>>. Acesso em: 29 fev. 2016.

IZEL, A. C. U.; CRESCÊNCIO, R.; O'SULLIVAN, F. F. L. DE A.; CHAGAS, E. C.; BOIJINK, C. DE L.; SILVA, J. I. Produção intensiva de tambaqui em tanques escavados com aeração. **Circular Técnica**, n. 39, p. 1–4, 2013. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100638/1/Circ-Tec-39.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina do Texto, 2011.

LIMA, A. F. Sistemas de produção de peixes. In: RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L. S.; SANTOS, V. V. dos (Org.). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 97–108.

MARTINEZ-PORCHAS, M.; MARTINEZ-CORDOVA, L. R. World aquaculture: Environmental impacts and troubleshooting alternatives. **Scientific World Journal**, v. 2012, p. 1–9, 2012. ID 389623. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1100/2012/389623>>. Acesso em: 11 jun. 2017.

MARTINS JUNIOR, H. **Caracterização da piscicultura do tambaqui (Colossoma macropomum) e dos seus efluentes na despesca: subsídios para a implementação das boas práticas de manejo da piscicultura no município de Rio Preto da Eva, AM**. 2009. 202 f. Tese (Doutorado em Ecofisiologia, Ictiologia, Mamíferos Aquáticos, Recursos Pesqueiros, Aquacultura, Sistemática e Biologia) – Universidade Federal do Amazonas; Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. Disponível em: <http://bdtd.inpa.gov.br/bitstream/tede/1487/1/Tese_Heitor_Martins_Jr.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2016.

MELO, G.; NIKOLIK, G. **Brazilian aquaculture: a seafood industry giant in the making**. [S. l.]: Rabobank, 2013. Rabobank Report, no 362.

OLIVEIRA, P. N. de. **Engenharia para aquicultura**. Recife: UFRPE, 2000.

OLIVEIRA, N. de S.; BARREIRA, R. Q.; BESSA, M. S. C.; ROBERTO, J.; PONTES, V.; SANTOS, C. L. Infiltração de água no solo arenoso e argiloso utilizando o método de anel simples no município de Conceição do Araguaia, PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013., Salvador. **Anais...** Salvador: Unijorge, 2013. p. 1–5. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/XI-044.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

ONO, E. A.; CAMPOS, J. L.; KUBITZA, F. Construção de viveiros e de estruturas hidráulicas para o cultivo de peixes. Parte 3: As estruturas hidráulicas. **Panorama da Aqüicultura**, v. 12, n. 74, p. 15–29, 2002.

PALHARES, J. C. P.; RAMOS, C.; KLEIN, J. B.; LIMA, J. C. M. M. de; MULLER, S.; CESTONARO, T. **Medição da vazão em rios pelo método do flutuador**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. 4 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 455). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/443939/1/CUsersPiazzon-Documents455.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

PAZZETO, M. B. **Estudo da permeabilidade de solos argilosos disponíveis para recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão no sul de Santa Catarina**. 2009. 98 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/00003E/00003EA7.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2016

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 193, n. 1032, p. 120–145, 1948. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/98151>>. Acesso em: 18 mar. 2016.

POTT, C. A.; DE MARIA, I. C. Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 1, p. 19–27, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n1/v27n1a03.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2016.

PRODUÇÃO da pecuária municipal. Rio de Janeiro: IBGE, v. 41, 2013. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2013/ppm2013.pdf>. Acesso em: 23 set. 2016.

REZENDE, F. P.; BERGAMIN, G. T. Implantação de piscicultura em viveiros escavados e tanques-rede. In: RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L. S.; SANTOS, V. V. DOS (Org.). **Piscicultura de água doce**: multiplicando conhecimentos. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 109–139.

SÁNCHEZ-ORTIZ, I. A. Caudal de diseño para estaciones de piscicultura continental, más que un balance hídrico. **Livestock Research for Rural Development**, v. 27, n. 12, 2015. Disponível em: <<http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd27/12/sanc27250.html>>. Acesso em: 26 jan. 2016.

SANTOS, H. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. dos; OLIVEIRA, V. de; OLIVEIRA, J. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. da. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SILVA, M. A. da. **Permeabilidade do solo submetido a diferentes graus de compactação em fundo de viveiro escavado para aquicultura**. 2009. 32 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia em Aquicultura Continental) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia. Disponível em: <<http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/bitstream/tede/2150/1/MARCOS%20ALVES%20DA%20SILVA.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2016

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de topografia**: engenharia cartográfica e de agrimensura. [Curitiba: Cartografia da UFPR], 2012. Disponível em: <http://www.cartografia.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2017.

Circular Técnica, 2

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na: Embrapa Agrossilvipastoril
Rodovia MT-222, Km 2,5, Zona Rural - Sinop - MT
Fone: (66) 3211-4220
Fax: (66) 3211-4221
Site: <https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril>

1ª edição

1ª impressão (2018): On-line



Comitê de publicações

Presidente: Flávio Fernandes Júnior
Secretária: Daniel Rabello Ituassú
Membros: Aisten Baldan, Alexandre Nascimento, Dulândula Wruck, Eulália Hogerheide, Flávio Tardin, Jorge Lulu, Laurimar Vendrusculo, Rodrigo Chelegão

Expediente

Diagramação: Renato da Cunha Tardin Costa
Normalização bibliográfica: Aisten Baldan