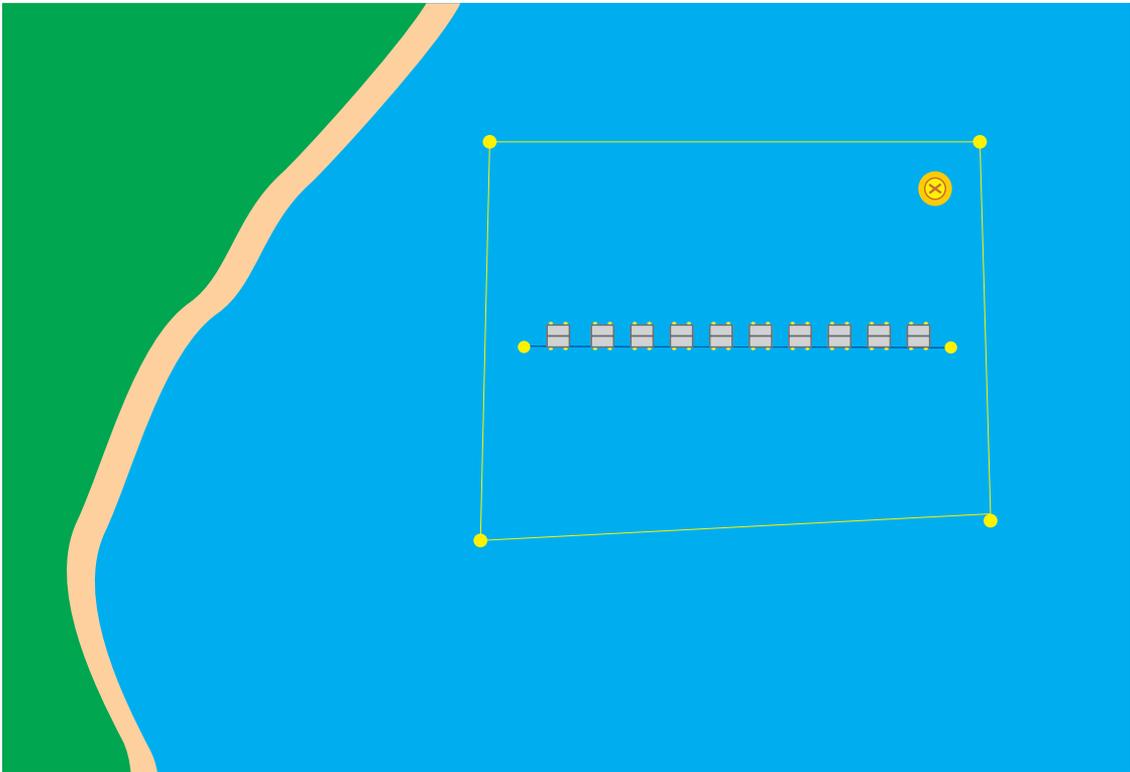


Apoitamento de tanques-rede em reservatórios



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pesca e Aquicultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 30

Apoitamento de tanques-rede em reservatórios

Embrapa Pesca e Aquicultura
Avenida NS 10, Loteamento Água Fria,
Palmas, TO, Caixa Postal nº 90,
CEP 77008-900
Fone: (63) 3229-7800 / 3229-7850
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Unidade responsável pelo conteúdo
Embrapa Pesca e Aquicultura

Comitê de Publicações

Presidente:
Eric Arthur Bastos Routledge

Secretária-Executiva
Marta Eichemberger Ummus

Membros
Andrea Elena Pizarro Muñoz, Ernandes Barboza Belchior, Hellen Christina G. de Almeida, Jefferson Christofolletti, Luciana Cristine Vasques Villela, Luciana Nakaghi Ganeco, Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida e Rodrigo Veras da Costa

Unidade responsável pela edição
Embrapa Pesca e Aquicultura

Coordenação editorial
Embrapa Pesca e Aquicultura

Supervisão editorial
Embrapa Pesca e Aquicultura

Normalização bibliográfica
Embrapa Pesca e Aquicultura

Editoração eletrônica e
tratamento das ilustrações
Jefferson Christofolletti
Daniel Arrais de Carvalho

Imagem da capa
Daniel Arrais de Carvalho

1ª edição
Versão eletrônica (2016)
1ª Impressão (2017): 1000 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informação Tecnológica

Apoitamento de tanques-rede em reservatórios / autora, Daniele Klöppel Rosa Evangelista. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2016.

44 p. (Documentos / Embrapa Pesca e Aquicultura, ISSN 2318-1400; 30).

1. Apoitamento 2. Tanque-rede 3. Piscicultura Intensiva 4. Reservatórios.
I. Evangelista, Daniele Klopel Rosa. II. Embrapa Pesca e Aquicultura. III. Série.

CDD 664.942

© Embrapa 2016

Autora

Daniele Klöppel Rosa Evangelista

Formação em Engenharia de Aquicultura, mestre em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Analista da Embrapa Pesca e Aquicultura

Apresentação

O Brasil possui uma considerável reserva hídrica, sendo sempre mencionada como um dos fatores determinantes para o grande potencial aquícola do país. É certo inferir que o desenvolvimento da aquicultura, especialmente da piscicultura, passa pelo aproveitamento sustentável de nossos recursos hídricos.

O mapeamento elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA) e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME e publicado em 2008, identificou 23.036 espelhos d'água distribuídos por todo o território brasileiro, perfazendo uma área de 1.033.660,65 ha. Esses números mostram que muito do potencial da aquicultura continental passa pelo aproveitamento dos espelhos d'água em reservatório e, portanto pelo uso de sistemas de produção em tanques rede.

O sistema de produção em gaiolas ou tanques rede exige uma especial atenção aos diferentes elementos estruturais e operacionais. Embora seja um sistema utilizado há algumas décadas no Brasil vemos que a produção bibliográfica tratando desses aspectos é ainda muito tímida. Essa Série Documentos, editada pela Embrapa Pesca e Aquicultura, objetiva suprir em parte essa lacuna, apresentando de forma didática e prática o dimensionamento e a instalação de apoitamentos, etapa fundamental para o sucesso e a segurança dos cultivos em tanques rede.

Alexandre Aires de Freitas

Chefe Adjunto de Transferência de Tecnologia

Sumário

Introdução	09
Apoitamento de tanques-rede em reservatórios	09
Sistema de cultivo	11
Estudo de caso: dimensionamento dos sistemas de amarras e fundeio	16
Força Peso e Empuxo.....	20
Força de Arrasto dos Ventos	22
Força de Arrasto das Correntes.....	24
Força Resultante	27
Força de Atrito Estático	27
Volume	29
Peso e Empuxo	30
Formato da Poita.....	31
Posicionamento das Poitas e Quantidade de Cordas.....	34
Resistência dos Cabos (Sistema de Amarras).....	36
Cuidados na instalação	38
Variáveis para cálculo	39
Referências	40

Apoitamento de tanques-rede em reservatórios

Daniele Klöppel Rosa Evangelista

Introdução

A atividade de cultivo de organismos aquáticos, ou aquicultura, como é conhecida, vem crescendo nas últimas décadas, e, com a legalização da utilização de águas públicas da união para fins aquícolas, a utilização de estruturas de cultivo específicas para essas situações, os tanques-rede, vem crescendo bastante também.

Essa estrutura de cultivo nada mais é que, uma gaiola fechada onde os animais são mantidos em confinamento durante o período de engorda, até que possam ser despescados e comercializados. Sua instalação, contudo, deve levar em conta vários aspectos para que, uma vez instalado, o cultivo (o conjunto de unidades de tanques-rede de propriedade de uma pessoa ou um grupo de pessoas), esteja devidamente preparado para enfrentar as intempéries naturais causadas pelas forças dos ventos e das correntezas, que podem ocasionar rompimentos de amarras, arraste da estrutura, e assim, acarretar em prejuízos.

Os grandes responsáveis pela resistência dos tanques-rede às forças a que eles estarão expostos continuamente são o sistema de amarras, que compreende os cabos utilizados para conectar todos os componentes do cultivo, formando um conjunto único; bem como o

sistema de fundeio ou apoitamento, que se vale de estruturas como poitas ou âncoras para sustentar todo o conjunto no local escolhido para instalação, se conectando a este por meio do sistema de amarras.

Esses dois sistemas são importantíssimos para garantir a estabilidade do cultivo no local da instalação. Seu dimensionamento deve ser feito com atenção para garantir que o diâmetro e resistência dos cabos e o peso e área de atrito das poitas ou âncoras sejam compatíveis com a força resultante que será gerada no conjunto flutuante a partir do contato com as forças de arrasto das correntes e dos ventos.

Uma vez definido o local de instalação do cultivo em tanques-rede, algumas informações se fazem necessárias para que o dimensionamento dos sistemas de amarras e de fundeio seja feitos adequadamente. São eles:

Níveis de cota mínima e máxima no histórico do reservatório: são importantes para que o cultivo não fique completamente submerso na época das cheias ou arrastando no fundo do reservatório na época das secas, possibilitando que o cultivo seja instalado em profundidade adequada, com a quantidade de cabos ideal para que o possibilite flutuar conforme a variação na cota do reservatório, sem causar prejuízos à produção;

Conformação do fundo do reservatório: deve ter sido identificado para a definição do local de instalação e é imprescindível para a escolha dos melhores formatos e materiais a serem utilizados na confecção das poitas.

Padrão dos ventos e correntes: ventos e correntezas fortes podem provocar o rompimento do sistema de amarras ou o arraste do sistema de fundeio, e, dessa forma, de todo o conjunto, podendo ocasionar em prejuízos e perda de unidades de tanque-rede, bem como da produção neles confinada. A literatura indica que sejam escolhidos locais abrigados e de águas calmas, mas ainda assim faz-se necessário conhecer o padrão dos ventos e correntezas para a determinação da

direção em que o cultivo será instalado e para o dimensionamento das forças a que ele estará exposto.

Dessa forma, este trabalho objetiva explorar os fatores que influenciam no correto dimensionamento dos sistemas de amarras e de fundeio, que por sua vez são os grandes responsáveis por garantir a estabilidade do cultivo no local em que foi definido, conforme planejamento técnico. Portanto, questões técnicas que envolvam práticas de manejo não serão abordadas, exceto aquelas que são determinantes para o dimensionamento das forças que incidem no cultivo.

Sistema de cultivo

O sistema de cultivo aqui denominado é o conjunto de itens que, dispostos em um arranjo pré-definido e interconectados entre si, compõe a estrutura em que o cultivo será conduzido. Abaixo são apresentados os componentes do sistema de cultivo (Figura 1) que será considerado para fins de dimensionamento dos sistemas de amarra e de fundeio neste documento. São eles:



Figura 1. Representação esquemática do sistema de cultivo em tanque-rede.

Sistema de flutuação: confere a condição de flutuabilidade do conjunto na água. Diferentes materiais podem ser utilizados, embora normalmente os tanques-rede utilizem boias náuticas ovaladas amarelas com tratamento anti-UV para conferir maior durabilidade. São utilizadas também as boias de arinque para estabilidade da linha mestra e para a demarcação do polígono da área aquícola (Figura 2).

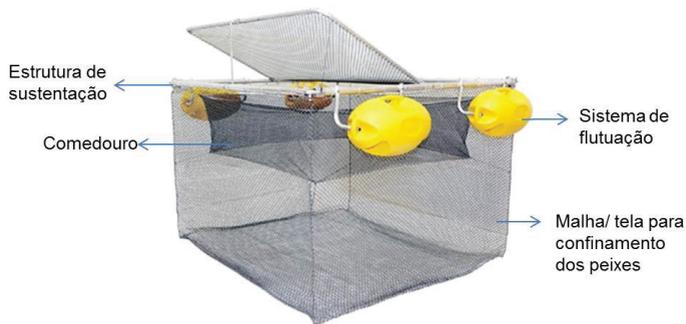


Figura 2. Acima, identificação dos componentes de uma unidade de tanque-rede. Abaixo à esquerda tanques-rede com sistema de flutuação apoiados, e à direita, tanque-rede completo em terra. Adaptado de tanquerederenovar.com.br (acima), Fotos Daniele Evangelista.

Gaiola ou tanque-rede: mantém o lote de peixes cultivados em segurança, sendo composto por uma estrutura de sustentação, flutuadores e telas ou malhas, além do comedouro. A malha da gaiola deve ser resistente à ação mecânica (mordidas) dos peixes confinados e dos predadores externos à gaiola, deve permitir boa circulação da água, sem que haja escape dos indivíduos confinados, e deve resistir ainda à oxidação e aos raios UV. Caso haja a utilização de materiais alternativos para a confecção de tanques-rede (diferentes do aço galvanizado ou do PAD – polietileno de alta densidade), indica-se a utilização de tinta epóxi de alta espessura, selante e tinta antiincrustante atóxicos. Normalmente são utilizadas malhas de aço galvanizado revestido com PVC, que tem boa maleabilidade e resistência. Se utiliza comumente malha com aberturas de 5 mm (berçário) e 19 mm (engorda) (Figura 2);

Sistema de amarra: permite que o conjunto permaneça nas condições de direção, disposição e profundidade desejadas, fazendo a conexão entre os tanques-rede e a linha mestra e desta ao sistema de ancoragem, por meio de cabos e conectores. Os cabos podem ser de diferentes materiais, mas devem aguentar as piores condições de correnteza e vento incidentes no conjunto sem arrebentar ou se movimentar. Deve-se observar que materiais que sofrem corrosão em contato com o oxigênio da água tendem a ter uma vida útil menor. Para a amarração da parte flutuante, normalmente, se utiliza corda torcida de três pernas, de cor azul escuro, 100% em polietileno, que são leves e flutuam na água (flutuabilidade positiva), bem como cordas trançadas brancas de diferentes bitolas. Já para a amarração do conjunto ao sistema de ancoragem utilizam-se cordas com flutuabilidade negativa, para que afundem. Além dos cabos, são usados conectores como destorcedor, sapatilha e manilha (Figuras 3 e 4).

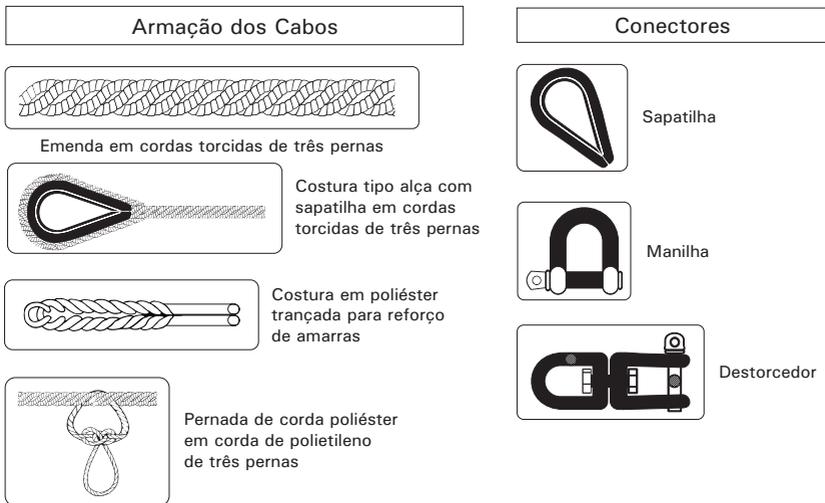


Figura 3. Exemplos de formas de amarração dos cabos (acima) e dos conectores comumente utilizados.

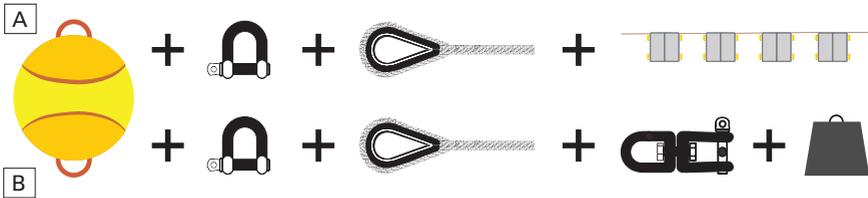


Figura 4. Montagem das linhas de amarras. A: boia de arinque conectada à poita por uma manilha, uma corda negativa com uma sapatilha em cada ponta e um destorcedor. B: boia de arinque conectada à linha de tanques-rede por uma manilha e uma corda com uma sapatilha na ponta.

Sistema de ancoragem/fundeio: está conectado ao conjunto e confere a este a estabilidade em um dado local por meio da utilização de âncoras ou poitas. Estas podem ser de diversos materiais ou formatos, mas devem considerar o tipo de fundo em que se deseja apoitar, para que a poita tenha condições de se ‘agarrar’ devidamente ao fundo e ‘travar’ o sistema todo em um dado local, independente da incidência de correntes e ventos. As poitas podem ser de concreto armado, de ferro, ou bombonas de plástico cheias de concreto.

O formato da poita influencia na sua capacidade de se manter presa ao fundo. A posição das amarras nas poitas também influencia na capacidade da poita de se manter junto ao substrato uma vez que geram vetores diferentes sobre o corpo, podendo beneficiar ou prejudicar o “travamento” da poita junto ao fundo, como, por exemplo, um chinelo preso na lama.

O tipo de substrato no fundo pode ajudar bastante na fixação das poitas, devendo ser levado em consideração também. Em áreas com fundos de pedra, poitas com ganchos são bastante efetivas, em áreas de fundo com lama, poitas achatadas com uma superfície horizontal maior tende a ser mais efetiva, em áreas de solos arenosos, várias poitas com formato de espículos tetraédricos tendem a se travar umas nas outras em todas as direções, porém a sua instalação deve ser feita com o auxílio de mergulhadores para garantir o travamento destas e fazer a amarração nas poitas da forma mais adequada no fundo.

Deve-se observar também que a relação da superfície da poita em contato com a superfície do fundo deve conferir o máximo atrito possível (Figura 5). É importante também que a poita tenha uma boia sinalizando o exato local de seu fundeio.



Figura 5. Moldes para poitas de concreto (acima); poitas de concreto de 18L (à esquerda) e molde de poita de concreto armado com ferragens (à direita). Fonte: Fotos acima e à esquerda: Daniele Evangelista. Foto à direita, retirada de livrodefotosdeobrasqueexecutei.blogspot.com.br.

Sinalização náutica: segundo a Seção V da Normam-17/DHN da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil, que trata sobre a Sinalização de Áreas Aquícolas deverá haver sinalização náutica em áreas aquícolas quando existir, entre elas, espaços limítrofes ou intermediários em que haja tráfego de embarcações. Essa sinalização será por meio de sinais especiais, com a marca de tope em forma de 'X' (opcional), na cor amarela e em formato opcional (Figura 6A), desde que não fique conflitante com algum outro sinal náutico próximo; pode ser luminoso, desde que obedeça ao padrão de lampejos estabelecidos pela Normam-17. A quantidade e a disposição de sinais especiais nas áreas aquícolas também seguem a Normam-17, observando-se que,

para fins de sinalização, são considerados apenas formatos retangulares ou circulares. Outro fator importante é que a demarcação do perímetro da área não é considerada sinalização náutica, e, por isso, não pode ser luminosa; devem ser dispostos internamente à sinalização náutica; podem ser fixos, flutuantes ou ambos, e, no caso de serem flutuantes, são permitidas somente boias de arinque (flutuadores esféricos) com diâmetro máximo de 60 cm (Figura 6B).

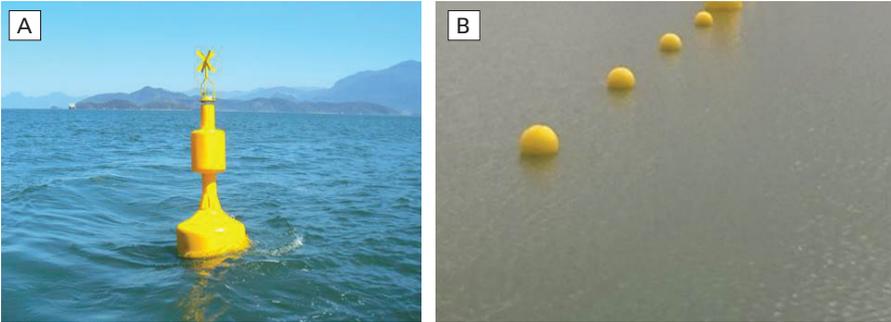


Figura 6. Sinal especial amarelo com marca de tope em X (A) e flutuadores esféricos (B).
Fonte: sulmaritima.com.br

Estudo de caso: dimensionamento dos sistemas de amarras e fundeio

Como já foi dito, os sistemas de amarras e de fundeio são os grandes responsáveis por garantir a estabilidade do sistema de cultivo, suportando as forças da correnteza e dos ventos que incidem no conjunto continuamente.

Essas forças se alteram ao longo do tempo, uma vez que elas estão diretamente relacionadas com a velocidade da corrente de água e a velocidade dos ventos, que se alteram ao longo do ano, com as alterações climáticas entre as estações, bem como com eventos climáticos, como as tempestades. Dessa forma, deve-se pesquisar pelas piores manifestações climáticas que geraram, historicamente, as maiores velocidades de correnteza da água e dos ventos, para então se calcular as forças que incidirão no sistema em condições

semelhantes. Assim, é possível garantir que, mesmo em condições extremas, o sistema de amarras e de fundeio esteja dimensionado para garantir a permanência do cultivo sem alterações.

Para exemplificar o dimensionamento do sistema de amarras e de fundeio do cultivo, será utilizado um estudo de caso de uma área hipotética localizada no Lago de Palmas, no município de Palmas, Estado do Tocantins (Figura 7).

Como parte da escolha do local para instalação está o levantamento da profundidade média e a conformação do fundo do reservatório na localidade escolhida, então os primeiros dados a anotar são a cota mínima e máxima do reservatório que devem se referir a dados históricos, da cota mínima e máxima registrada, considerada em eventos extremos. Para este estudo de caso, serão considerados:

Profundidade: na cota mínima de 5m,

Profundidade: na cota máxima 7m;

A escolha do formato, as dimensões, o volume e a quantidade de tanques-rede é feita na elaboração do projeto técnico do empreendimento, que, considera a escolha da estrutura mais adequada para atender ao projeto, bem como a quantidade ideal de tanques-rede.



Figura 7. Exemplo de cultivo em tanque-rede instalado em área aquícola no Lago de Palmas no Estado do Tocantins.

É preciso atentar para o formato e volume do tanque-rede escolhido, pois isso fará com que as dimensões de borda/área livre e submersa variem. Neste caso, o tanque-rede será de pequeno volume grande densidade (PVGD), de 8m^3 de volume e dimensões de $2,0\text{ m} \times 2,0\text{ m} \times 2,0\text{ m}$. A área não submersa de cada tanque-rede é $0,5\text{ m}$ de altura por $2,0\text{ m}$ de comprimento nas faces frontal e traseira, totalizando $2,0\text{ m}^2$ de área unitária. Como são 10 tanques, tem-se, $20,0\text{ m}^2$ de área total não submersa. Já a área submersa equivale a $1,5\text{ m}$ de altura por $2,0\text{ m}$ de largura, nas faces frontal e traseira, totalizando $6,0\text{m}^2$ de área unitária e $60,0\text{ m}^2$ de área total para os 10 tanques-rede da estrutura de cultivo.

- Dimensões totais de: $2,0\text{ m} \times 2,0\text{ m} \times 2,0\text{ m}$
- Altura de borda livre (não submersa): $0,50\text{ m}$
- Área total não submersa do tanque: $2,0\text{ m}^2$
- Área total não submersa: $20,0\text{ m}^2$
- Altura submersa; $1,50\text{ m}$
- Área total submersa do tanque: $6,0\text{ m}^2$
- Número de tanques por linha: 10
- Número de linhas: 01
- Área total submersa: $60,0\text{ m}^2$

Os dados de velocidade dos ventos e da correnteza da água devem ser, preferencialmente, dos pontos onde o cultivo será instalado. Para este estudo de caso, a velocidade média e máxima dos ventos e da correnteza foi levantada em documentos oficiais da UHE Luiz Eduardo Magalhães, de responsabilidade da concessionária de energia Investico S.A:

- Velocidade média dos ventos: $21,6\text{ Km/h}$ (6 m/s);
- Velocidade máxima histórica dos ventos: $50,4\text{ Km/h}$ (14 m/s);
- Velocidade média da corrente de água: $0,05\text{ m/s}$
- Velocidade máxima histórica da corrente de água: $0,25\text{ m/s}$

Para a análise a seguir, foram consideradas algumas hipóteses simplificadoras, como a não atuação de ondas e a direção das forças de arrasto das correntezas e dos ventos atuando de forma perpendicular ao cultivo (Figura 8). Embora essa seja uma indicação técnica para que haja renovação da água dos tanques-rede em cultivo, o conjunto estará sempre sujeito a ter de suportar essas duas forças que se somam e atuam na mesma direção impulsionando o conjunto a entrar em movimento.

São apresentadas na sequência, as forças que serão importantes para o dimensionamento da força resultante (força total) que o sistema de amarras irá transferir ao sistema de fundeio (ou de ancoragem), e este, por sua vez, precisará ter massa suficiente para suportar a tração resultante sem se movimentar, ou seja, de forma que a força de atrito seja maior que a força resultante que traciona todo o conjunto, conforme ilustrado na Figura 9.



Figura 8. Representação das hipóteses simplificadoras.

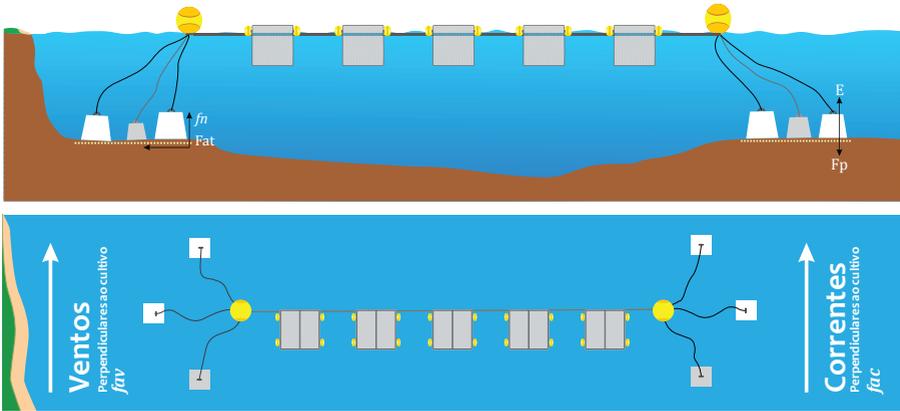


Figura 9. Representação esquemática das forças atuantes no sistema, onde, F_n : Força Normal; F_{at} : Força de Atrito; F_{ac} : Força Arrasto das Correntes; F_{av} : Força de Arrasto dos Ventos; E : Empuxo e F_p : Força Peso.

Força Peso e Empuxo

Uma vez na água, a estrutura de cultivo sofrerá a ação de diversas forças que agem continuamente aplicando uma força resultante no conjunto, que podem causar o seu rompimento, fundeio ou arrasto e devem ser consideradas na instalação da estrutura, a fim de garantir segurança e estabilidade ao conjunto, na medida em que estes resistam às forças atuantes.

Todo corpo possui uma dada massa e essa massa sofre a ação da gravidade, gerando então a Força Peso:

$$P = m \cdot g, \text{ onde:}$$

$$m = \text{massa do corpo}$$

$$g = \text{aceleração da gravidade}$$

Quando esse corpo é colocado na água, sua Força P continua sendo a mesma, perpendicular e de cima para baixo. Contudo, na água, esse corpo sofre influência de outra força, perpendicular e de baixo para cima, denominada Empuxo, que equivale ao peso do líquido deslocado devido ao volume do sólido que foi inserido no referido fluido:

$E = d_f \cdot V_{fd} \cdot g$, onde:

d_f : densidade do fluido (água neste caso)

V_{fd} : volume do fluido deslocado (volume do tanque – rede submerso)

Como o tanque-rede possui um sistema de flutuação, ele vai flutuar independente do Empuxo que ele esteja sofrendo. Os peixes confinados não conferem peso adicional à estrutura porque eles permanecem em natação constante. No entanto, a área submersa tende a sofrer *fouling* (deposição de incrustantes nas telas, que podem ser organismos animais, vegetais ou sólidos) aumentando a Força Resultante Peso do tanque, e, em casos extremos (*fouling* exagerado de mexilhão dourado, por exemplo), pode levar ao afundamento do tanque-rede, mesmo com flutuadores Figura 10.



Figura 10. Exemplo de incrustação na estrutura de cultivo. Fonte: Boscolo et al, 2010.

A mesma lógica é utilizada para as estruturas utilizadas com a função de ‘ancoramento’ do conjunto, chamadas de poitas, que, para serem afundadas devem possuir uma Força Peso tal que, quando colocada no fluido d’água, seja maior que o Empuxo, e, dessa forma, afunde. Caso contrário, ela irá boiar na superfície da água (Força Peso < Empuxo) ou ficar em equilíbrio (Força Peso = Empuxo).

Força de Arrasto dos Ventos

A identificação do padrão predominante dos ventos e das correntes no local da instalação do cultivo é muito importante para definição da direção e posicionamento deste. É importante que a corrente de água esteja perpendicular ao cultivo, permitindo melhor renovação da qualidade de água do cultivo, assim como os ventos, que também influenciam as correntes (Figura 9). Contudo, deve-se atentar para a força que esses dois fatores vão incidir continuamente no conjunto, bem como com as alterações de intensidade e direção que ocorrem com a mudança das estações do ano e com eventos climáticos pontuais.

Esses dados de velocidade dos ventos e das correntes, embora possam ser calculados, requerem métodos específicos de acordo com a configuração do local, de forma que a maneira mais fácil e segura de se conseguir-los é por meio de bases de dados de estações meteorológicas e de usinas hidrelétricas que fazem o monitoramento de seus reservatórios. É muito importante que se busque as mínimas e máximas no histórico do reservatório para que o cálculo da força resultante leve em consideração as piores situações já vivenciadas na localidade em termos de velocidade máxima dos ventos e das correntes no reservatório. Uma vez que, de posse desses valores, a força aplicada pelos ventos e pelas correntes (Figura 8) podem ser calculadas utilizando-se as equações abaixo.

A velocidade dos ventos sobre os componentes do conjunto na área não submersa do sistema de cultivo vai imprimir uma Força de Arrasto dos Ventos,

$$FAv = A \cdot (2,56 \cdot 10^{-1} \cdot v^2) \cdot C, \text{ onde:}$$

A = área (da seção que recebe a força – parte não submersa do sistema)

V = velocidade do fluido (neste caso o vento)

C = coeficiente de arrasto (não possui unidade de medida e é determinado experimentalmente, podendo ser considerado valor de 2,0 para seções de área quadrada e 0,8 para seções circulares).

Para o cálculo da Força de Arrasto dos Ventos atuante sobre os tanques-rede ($F_{av_{tr}}$), da parte não submersa, a partir da equação:

$$FAv = A \cdot (2,56 \cdot 10^{-1} \cdot v^2) \cdot C, \text{ temos:}$$

$$A = 20 \text{ m}^2$$

$$V = 14 \text{ m/s}$$

$C = 2$: coeficiente de arrasto para seções quadradas

$$F_{av_{tr}} = 20 \cdot (2,56 \cdot 10^{-3} \cdot 14^2) \cdot 2$$

$$F_{av_{tr}} = 20,070 \text{ N}$$

A Força de Arrasto dos Ventos que incide na parte não submersa dos tanques-rede é de $F_{av_{tr}} = 20,070 \text{ N}$.

Para o cálculo da Força de Arrasto dos Ventos atuante sobre o sistema de flutuação ($F_{av_{fl}}$), da parte não submersa das boias, admitindo-se que todo o sistema seja composto de:

- 48 boias do tipo arinque, (4 boias em cada tanque-rede e 2 boias de sinalização da linha mestra e 6 de sinalização de cada poita). A boia possui 42 cm de diâmetro, ou seja, 21 cm de raio. A partir da equação:

$$FAv = A \cdot (2,56 \cdot 10^{-1} \cdot v^2) \cdot C, \text{ temos:}$$

$$A = \pi r^2 \rightarrow A = 3,14 \cdot 0,21^2 \rightarrow A = 0,138 \text{ m}^2, \text{ de uma unidade de boia}$$

$$A = 0,138 \cdot 48 \text{ (unidades de boia)} = 6,624 \text{ m}^2,$$

Como a boia não se encontra totalmente submersa, será considerado que ela esteja 50% submersa, ou seja, que apenas metade da sua área sofrerá ação da Força de Arrasto das Correntes, de forma que:

$$A_{total} = \frac{A}{2} = \frac{6,624}{2} = 3,312 \text{ m}^2, \text{ onde:}$$

$$V = 14 \text{ m/s}$$

$C = 0,8$: coeficiente de arrasto para seções circulares

$$Fav_{ft} = 3,312 \cdot (2,56 \cdot 10^{-3} \cdot 14^2) \cdot 0,8$$

$$Fav_{ft} = 1,329 \text{ N}$$

A força de arrasto dos ventos que incide no sistema de flutuação do conjunto é de **$Fav = 1,329 \text{ N}$**

Então, para este caso, a força resultante da Força de Arrasto dos Ventos (Fav_{total}) é o somatório das Forças de Arrasto dos Ventos sobre a parte não submersa dos tanques-rede (Fav_{tr}) e do sistema de flutuação (Fav_{fl}), conforme segue:

$$Fav_{total} = Fav_{tr} + Fav_{fl}$$

$$Fav_{total} = 20,070 + 1,329$$

$$Fav_{total} = 21,399 \text{ N}$$

A Força de Arrasto das Correntes Total (Fac_{total}) que incide no sistema é de $Fac_{total} = 21,399 \text{ N}$.

Força de Arrasto das Correntes

A velocidade das correntes sobre os componentes do conjunto na área submersa do sistema de cultivo vai imprimir uma Força de Arrasto das Correntes:

$$Fac = \frac{1}{2} \cdot C \cdot d \cdot v^2 \cdot A, \text{ onde:}$$

C = coeficiente de arrasto

V = velocidade do fluido (corrente)

A = área, (da seção que recebe a força – parte submersa do sistema)

Todos os itens do conjunto sofrerão ação das forças de arrasto dos ventos e/ou das correntes, como os cabos de amarração, as boias de sinalização, o sistema de flutuação, as poitas e as gaiolas. Para o cálculo da força que incide em cada item é necessário o conhecimento de sua superfície de contato (área) com a respectiva força e sua densidade

específica. Como os itens possuem diferentes formatos, as forças incidentes irão variar também de acordo com o ângulo de contato entre o vetor força e o respectivo item do conjunto. O somatório dessas forças é bastante complexo, uma vez que os ventos e as correntes mudam não só de intensidade, mas de direção também, gerando diferentes composições de forças vetoriais. Dessa forma, para simplificar os cálculos, iremos focar nas forças incidentes nas gaiolas, a partir das máximas históricas encontradas nas bases de dados consultadas, e, para contemplar o somatório das demais forças incidentes, iremos utilizar uma taxa de segurança de 2,5 (duas vezes e meia) sobre a Força Resultante (Fr) calculada.

Para o cálculo da Força de Arrasto das Correntes atuante sobre os tanques-rede (Fac_{tr}), relativo à parte submersa, tem-se a equação:

$$Fac_{tr} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot d \cdot v^2 \cdot A, \text{ temos:}$$

$C = 2$: coeficiente de arrasto de seções quadradas

$$d = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$V = 0,25 \text{ m/s}$$

$$A = 60 \text{ m}^2$$

$$Fac_{tr} = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1000 \cdot 0,25^2 \cdot 60$$

$$Fac_{tr} = 3.750 \text{ N}$$

A Força de Arrasto das Correntes que incide na parte submersa dos tanques-rede é de **$Fac_{tr} = 3.750 \text{ N}$** .

Como o sistema de flutuação também está em contato com a água, e, assim, também sofre a ação da Força de Arrasto das Correntes (Fac_{fl}), conforme segue:

$$Fac_{fl} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot d \cdot v^2 \cdot A, \text{ onde:}$$

$C = 0,8$: coeficiente de arrasto de seções circulares

$$d = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$V = 0,25 \text{ m/s}$$

$$A = \pi r^2 \rightarrow A = 3,14 \cdot 0,21^2 \rightarrow A = 0,138 \text{ m}^2, \text{ de uma unidade de boia}$$

$$A = 0,138 \cdot 48 \text{ (unidades de boia)} = 6,624 \text{ m}^2$$

Como a boia não se encontra totalmente submersa, será considerado que ela esteja 50% submersa, ou seja, que apenas metade da sua área sofrerá ação da Força de Arrasto das Correntes, de forma que:

$$A_{total} = \frac{A}{2} = \frac{6,624}{2} = 3,312 \text{ m}^2$$

$$Fac_{fl} = \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 1000 \cdot 0,25^2 \cdot 3,312$$

$$Fac_{fl} = 82,8 \text{ N}$$

A Força de Arrasto das Correntes que incide na parte submersa do sistema de flutuação é de **$Fac_{fl} = 82,8 \text{ N}$** .

Então, para este caso, a força resultante da Força de Arrasto das Correntes (Fac_{total}) é o somatório das Forças de Arrasto das Correntes sobre a parte submersa dos tanques-rede (Fac_{tr}) e do sistema de flutuação (Fac_{fl}), conforme segue:

$$Fac_{total} = Fac_{tr} + Fac_{fl}$$

$$Fac_{total} = 3.750 + 82,8$$

$$Fac_{total} = 3.908,70 \text{ N}$$

A Força de Arrasto das Correntes Total (Fac_{total}) que incide no sistema é de $Fac_{total} = 3.908,70 \text{ N}$.

Força Resultante

Considerando que as forças de arrasto dos ventos e das correntes estejam incidindo no sistema na mesma direção, tem-se então o somatório das forças de arrasto dos ventos, Fav_{total} , e das correntes, Fac_{total} , gerando então a Força Resultante Fr do sistema. Se, ventos e correntes estiverem em direções distintas, então não haverá o somatório das forças, e conseqüentemente, a força resultante será o somatório dos vetores que, dependendo do ângulo de incidência, gerem vetores no mesmo sentido. Dessa forma, ventos e correntes no mesmo sentido configuram a pior situação a ser suportada pelo sistema de fundeio ou ancoragem do conjunto.

$$Fr = Fav_{total} + Fac_{total}$$

$$Fr = (21,399 + 3.908,70)$$

$$Fr = 3.930,09 N$$

Contudo, sabe-se que estes valores são estimados, e que algumas componentes de força foram desprezadas, como as forças que vão atuar no sistema de amarras (cabos) e no sistema de ancoragem (poitas) que também estão sujeitos aos efeitos das forças de arrasto dos ventos e/ou correntes. Portanto, propõe-se a utilização de uma taxa de segurança de 2,5 (multiplicar por duas vezes e meia) sobre a Força Resultante (Fr) encontrada. Sendo assim, a Força Resultante de Segurança (Fr_s) passa a ser:

$$Fr_s = Fr . 2,5$$

$$Fr_s = 3.930,09 . 2,5$$

$$Fr_s = 9.825,22 N$$

Força de Atrito Estático

A Força de Atrito é uma força de direção contrária ao movimento de um dado corpo sobre uma dada superfície (Figura 11). Essa força contrária é responsável por possibilitar o movimento, seja o caminhar de uma pessoa, ou o ato de empurrar/arrastar um móvel sobre uma superfície.

A rugosidade dessa superfície vai facilitar ou dificultar o movimento, ou seja, aumenta ou diminui a força necessária para vencer a ação da força de atrito. Essa variação atribuída à influência da rugosidade da superfície é definida pelo coeficiente de atrito (μ), que é inerente ao tipo de material do sólido que se encontra na iminência do movimento e da superfície onde este se encontra. Por exemplo, para um bloco de concreto sobre o asfalto, deve-se utilizar o coeficiente de atrito do concreto sobre asfalto.

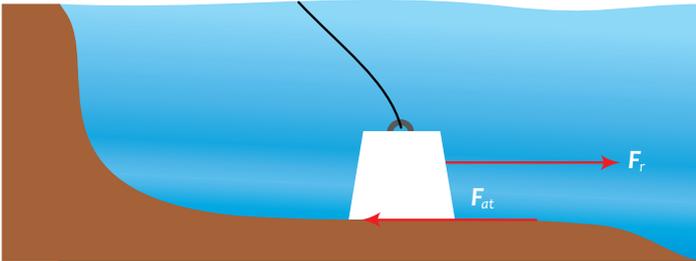


Figura 11. A força de atrito (F_{at}) tem sentido contrário à força Resultante (F_r).

Para um dado corpo que não está em movimento, ou seja, está estático, existe a Força de Atrito Estático ($F_{at_{est}}$), que vai dificultar ou impedir que o corpo entre em movimento. A $F_{at_{est}}$ pode ser calculada com a equação:

$$F_{at_{est}} = \mu_{est} \cdot N, \text{ onde:}$$

μ_{est} = coeficiente de atrito estático

N = força normal, que é uma força contrária e de igual intensidade à Força Peso.

Para o caso do sistema de cultivo em tanque-rede, a Força Resultante (F_r) calculada a partir das forças dos ventos e das correntes aplicadas ao conjunto é que vai implicar na movimentação da estrutura de ancoragem (poitas de concreto) e, conseqüentemente, no deslocamento do conjunto do local onde deve permanecer. Para impedir que isso aconteça, a Força de Atrito Estático ($F_{at_{est}}$) das poitas de concreto deve

ser superior à Força Resultante (Fr) do sistema (Figura 2). Contudo, é necessário considerar o efeito do Empuxo (E) ao submergir um corpo no espelho d'água, pois, a massa total necessária para garantir que a Força de Atrito Estático (Fat_{est}) seja maior que a Força Resultante (Fr) será diminuída pela ação do Empuxo (E), o que pode comprometer a estaticidade do sistema.

A Força de Atrito Estático pode ser definida pela equação:

$$Fat_{est} = \mu_{est} \cdot N, \text{ temos:}$$

$$\mu_{est} = 0,7 \text{ (coeficiente de atrito do concreto)}$$

$$N = \text{Força Normal} = m \cdot g$$

A Força de atrito é a componente vetorial que vai garantir a estaticidade do sistema de fundeio/ancoragem, que está sendo submetido a uma Força Resultante de Segurança (Fr_s) gerada a partir dos componentes vetoriais das forças de arrasto dos ventos e das correntes. Dessa forma, considerando que a Fat_{est} seja igual à Fr_s calculada, encontramos a massa requerida para garantir tal Fat_{est} .

Se, $Fat_{est} = Fr_s = 9.825,22 \text{ N}$, e $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, então:

$$Fat_{est} = \mu_{est} \cdot m \cdot g$$

$$m = \frac{Fat_{est}}{\mu_{est} \cdot g}$$

$$m = \frac{9.825,22}{0,7 \cdot 9,8}$$

$$m \cong 1.432,25 \text{ kg}$$

Volume

Considerando que o material a ser utilizado, neste caso, para a confecção das poitas será o concreto armado (usado em vigas e pilares), então é necessário encontrar o volume que a massa (em Kg) irá gerar em concreto. Sabe-se que $V = \frac{m}{d}$, onde:

$V = \text{volume}$

$m = \text{massa}$

$d = \text{densidade específica (no caso do concreto, } d = 2500 \text{ kg/m}^3\text{)},$

logo:

$$V = \frac{m}{d} \rightarrow V = \frac{1432,25}{2500} \rightarrow V \cong 0,573 \text{ m}^3 \rightarrow V \cong 0,573 \text{ m}^3$$

Peso e Empuxo

Um bloco de concreto com a massa calculada ($m = 1.432,25 \text{ kg}$ e $V = 0,573 \text{ m}^3$) irá gerar uma Força Peso (F_p) conforme a equação: $F_p = m \cdot g$, onde $m = d_s \cdot V_s$, temos:

$F_p = d_s \cdot V_s \cdot g$, sendo:

$d_s = \text{densidade do sólido (concreto neste caso)}$

$V_s = \text{volume do sólido (concreto neste caso)}$

$g = \text{aceleração da gravidade}$

Esse mesmo bloco quando colocado em fluido, como a água, irá provocar o deslocamento desse fluido igual ao volume submerso, ou seja, irá sofrer a ação do Empuxo, de igual intensidade ao peso do volume deslocado, calculado pela equação:

$$E = d_f \cdot V_{fd} \cdot g$$

d_f : densidade do fluido (água)

V_{fd} : volume do fluido deslocado

Considerando a relação entre Peso e Empuxo, é necessário que a poita vença o empuxo e afunde, tendo peso suficiente para não flutuar em hipótese alguma. Logo, pode-se dizer que:

$$F_p = E - P = (d_f \cdot V_{fd} \cdot g) - (d_s \cdot V_s \cdot g), \text{ onde:}$$

$$d_f = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{fd} = V_s = 0,573 \text{ m}^3$$

$$d_s = 2500 \text{ kg/m}^3$$

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$, tem-se que:

$$Fp = E - P = (1000 \cdot 0,573 \cdot 9,8) - (2500 \cdot 0,573 \cdot 9,8)$$

$$Fp = E - P = (5.615,40) - (14.038,50)$$

$$Fp = E - P = -8.423,10 \text{ N}$$

O sinal negativo indica que o bloco apresenta uma flutuabilidade negativa, ou seja, irá afundar como desejado.

Formato da Poita

Sabendo o volume de concreto necessário para uma ancoragem segura do sistema, pode-se então definir o formato e quantidade de poitas. A colocação de mais de uma poita em cada extremidade tende a conferir maior estabilidade ao sistema, no entanto, é importante atentar para a relação Peso e Empuxo demonstrado no item anterior, pois, ao mudar o volume, muda-se também a flutuabilidade, e, neste caso, deve-se garantir que, ao dividir o volume total calculado em várias poitas, cada unidade presente flutuabilidade negativa.

Optando então pela utilização de 6 poitas, três em cada extremidade, temos:

$$V_p = \frac{V_t}{4}, \text{ onde:}$$

$$V_p = \text{volume da poita}$$

$$V_t = \text{Volume total, logo:}$$

$$V_p = \frac{0,573}{6} \rightarrow V_p \cong 0,0955 \text{ m}^3$$

Analisando novamente a relação entre peso e empuxo para a massa da poita, temos:

$$Fp = E - P = (1000.0,0955.9,8) - (2500.0,0955.9,8)$$

$$Fp = E - P = (935,90) - (2.339,75)$$

$$Fp = E - P = -1.403,85 \text{ N}$$

A poita com volume de $V = 0,0955 \text{ m}^3$ continua com fluatibilidade negativa. Então, segue-se para a escolha do formato da poita.

Como o objetivo da poita é manter o sistema estático, seu formato deve facilitar o agarramento da poita ao substrato, devendo ter arestas e 'pontas'. Quanto ao formato, a conformação do fundo do reservatório bem como a rugosidade do sedimento que se encontra no fundo deve ser levada em consideração para a escolha do formato.

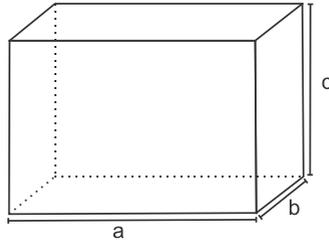
Quanto ao material, neste caso o concreto armado foi utilizado como material da poita, lembrando que o interior da poita deve ser estruturado com barras de ferro amarradas, como se fosse uma viga de uma construção, para garantir resistência. Outros materiais, como o ferro, também podem ser utilizados, contudo, deve-se atentar para a sua densidade específica, que é diferente do concreto, bem como para o processo de corrosão (ferrugem) que o ferro sofre em contato com o oxigênio da água, que embora seja muito menos agressivo em água doce que na água salgada, também ocorre, e a longo prazo, vai apresentar uma vida útil menor.

Sendo o volume da poita conhecido, é necessário decidir qual o formato que se deseja (cubo, quadrado, prisma triangular, prisma trapezoidal, por exemplo) e então encontrar as dimensões das arestas para a confecção do molde da poita.

Vamos utilizar dois exemplos, o formato paralelepípedo e o prisma trapezoidal.

Paralelepípedo

A partir da equação do volume do paralelepípedo, $Vp = a . b . c$, onde:



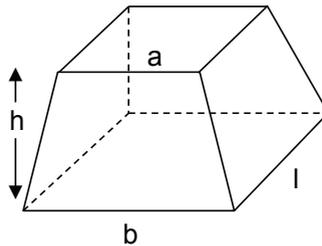
Uma vez que o volume é conhecido, várias são as opções de medidas para a poita, mantendo-se sempre o mesmo volume aproximado:

$V_p = a \cdot b \cdot c$, sendo a, b e c medido em metros:

a	b	c	Volume
0,30	0,50	0,64	$\cong 0,0955$
0,40	0,65	0,37	$\cong 0,0955$
0,35	0,60	0,45	$\cong 0,0955$

Prisma trapezoidal

A partir da equação do volume do prisma trapezoidal, $V_{pt} = \frac{1}{2} \cdot ((b + a)h)l$ onde:



Novamente, várias são as combinações possíveis, mantendo-se o mesmo volume aproximado.

$V_{pt} = \frac{1}{2} \cdot ((b + a)h)l$, sendo a, b, h e l em metros:

a	b	l	c	Volume
0,40	0,35	0,53	0,48	$\cong 0,0955$
0,40	0,45	0,45	0,50	$\cong 0,0955$
0,45	0,45	0,45	0,47	$\cong 0,0955$

Posicionamento das Poitas e Quantidade de Cordas

As poitas devem ser dispostas nas extremidades da linha de cultivo posicionadas como as pontas de um triângulo, ou seja, duas poitas estarão equidistantes da linha de cultivo e a terceira estará mais distante que as outras, conforme Figura 12. A Figura 13 mostra a angulação das poitas 1, 2 e 3 e a linha de cultivo.

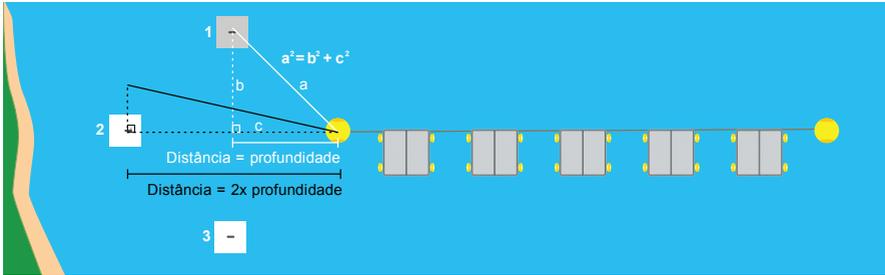


Figura 12. Disposição das poitas 1, 2 e 3 em triângulo.

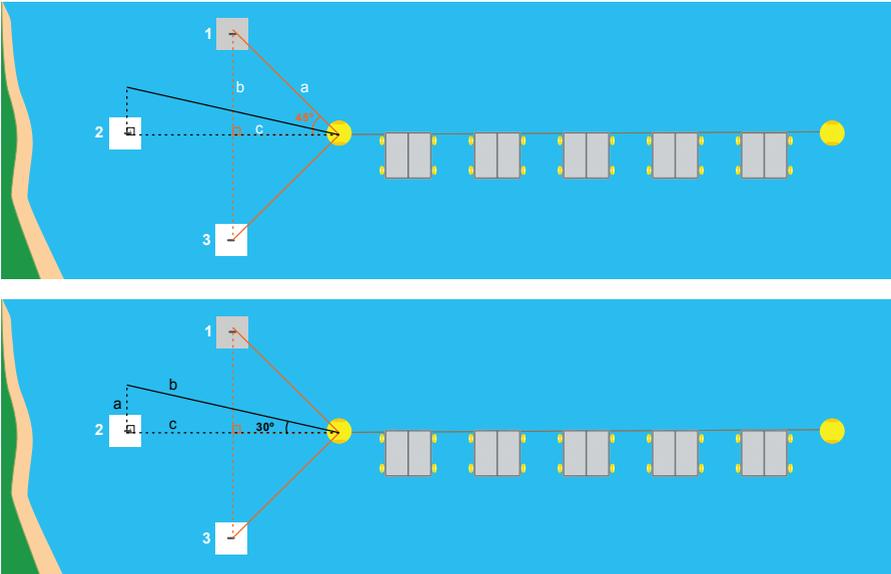


Figura 13. Ângulos formados entre as poitas e a linha de cultivo. A: poitas 1 e 2 formam ângulo de 45° com a linha de cultivo. B: poita 2 forma ângulo de 30° com a linha de cultivo.

As poitas 1 e 3 estão equidistantes da linha de cultivo. A distância em linha reta (na mesma direção da linha de cultivo) entre as poitas 1 e 3 e a linha de cultivo é igual à profundidade do local da instalação. Para formar o triângulo, a poita 2 é colocada a uma distância igual a duas vezes a profundidade do local.

Considerando então o triângulo retângulo formado a partir da poita 1 e a linha de cultivo (o mesmo vale para a poita 3), ao achar o valor de a , encontra-se a quantidade mínima de corda a ser utilizada para conectar a linha de cultivo à poita 1:

$$b = \textit{profundidade}$$

$$c = \textit{distância} = \textit{profundidade}$$

$$b = c = \textit{profundidade do local} = 7m$$

$a = \textit{quantidade de corda em metros}$, sendo:

$$a^2 = b^2 + c^2$$

$$a^2 = 7^2 + 7^2$$

$$a = \sqrt{98} = 9,9 m$$

Dessa forma, a quantidade de corda necessária para a amarração da poita 1 é de 9,9 m, contudo, é necessário deixar uma margem extra para amarras e ajustes, deixando-se então 30% de corda a mais por segurança. Neste caso, passa-se de 9,9 m para 12,0 m de corda (com arredondamento). Como a mesma situação se repete para a poita 3, então serão necessários outros 12,0 m de corda para amarrar a poita 3.

Para a poita 2, temos:

$$b = \textit{profundidade} = 7m$$

$$c = 2x \textit{profundidade} = 14m$$

$a = \textit{quantidade de corda em metros}$, sendo:

$$a^2 = b^2 + c^2$$

$$a^2 = 7^2 + 14^2$$

$$a = \sqrt{245} = 15,65 \text{ m}$$

Para a poita 2 serão necessários 15,65 *m* de corda, que, acrescidos de 30% de margem de segurança para amarrações e ajustes, totaliza 20 *m* (com arredondamentos).

Assim, temos que a quantidade de corda necessária para amarrações e ajustes das poitas 1 e 3 é de 24 *metros* (12 *metros* cada) e 20 *metros* para a poita 1, somando então 44 *metros* de corda para uma das extremidades da linha de cultivo. Para fazer o mesmo processo na outra extremidade serão necessários mais 44 *metros* de corda, totalizando então 88 *metros* de corda para as poitas.

Ainda, é preciso dimensionar a corda da linha de cultivo. Como são dez tanques-rede de 3 *metros* de lado, e, entre cada tanque-rede deixa-se um vão equivalente a um lado do tanque, ou seja, 3 *metros*, a linha de cultivo precisaria de 57 *metros*. Nas extremidades, em que a corda se conecta à boia de estabilidade da linha, é deixada uma quantidade de corda de 1 vez e meia a profundidade do local por segurança, ou seja, 10 *metros* de corda em cada lado. O que totaliza 77 *metros* de corda.

No total, a quantidade de corda a ser utilizada é de:

$$88 \text{ m} + 77 \text{ m} = 165 \text{ metros}$$

Resistência dos Cabos (Sistema de Amarras)

Indica-se a utilização de corda torcida com três pernas azul escura para se fazer emendas, alças e costuras. Esta possui capa e alma 100% de polietileno, que apresenta alta resistência a ruptura, não absorve líquidos, flutua na água e é leve, além de ser de fácil manuseio (Figura 14).

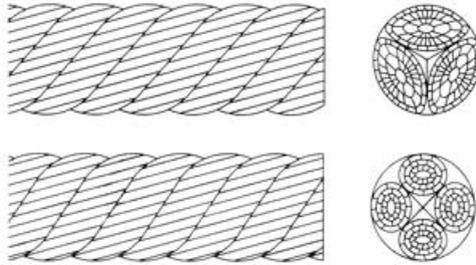


Figura 14. Estrutura helicoidal interna da corda de três ou quatro pernas de polietileno.
Fonte: AFIPOL.

A escolha da bitola da corda deve ser feita a partir da sua carga de trabalho, definida como a capacidade de tração de esforço ideal que a corda pode ser submetida diariamente. A carga de ruptura da corda define o ponto de máxima resistência da corda quando exposta a esforço de tração, ou seja, o ponto em que ela arrebenta. Para se conhecer a carga de trabalho de uma corda, aplica-se um fator de redução ao valor da carga de ruptura, variando entre 5 a 7 vezes, em casos onde não existe risco de morte. Sugere-se utilizar o fator 6 para redução da carga de ruptura, ou seja, para uma corda com carga de ruptura de 3.000 kgf, a carga de trabalho será esse valor dividido pelo

fator 6:
$$\frac{3000 \text{ kgf}}{6} = 500 \text{ kgf}$$

Outro fator importante a ser considerado quanto à resistência da corda é a presença de nós, que reduzem a sua resistência em cerca de 40%. Para unir dois cabos deve-se fazer a emenda destes. Uma emenda bem feita não representa perigo para o sistema, pois, no local da emenda a corda dobra de diâmetro. Em casos de desgaste da corda em algum trecho, recomenda-se a retirada da parte danificada e a realização de emenda.

Cuidados na instalação

Dimensionados os sistemas de amarras e de fundeio, cabos e poitas podem ser adquiridos ou fabricados. O próximo passo é a instalação do sistema de cultivo na localidade escolhida.

Todos os itens que compõem o conjunto devem ser transportados para um local de apoio em terra, onde se faz o acesso até a área de cultivo. A maioria dos itens pode ser transportada com embarcação de manejo comumente utilizada em pisciculturas. Os tanques-rede podem ser amarrados junto à embarcação e ser 'puxados' por esta até o ponto de instalação, em velocidade baixa, para não deformar a estrutura. Contudo, o processo de transporte das poitas não é tão simplificado. Devido ao seu peso e dimensão, é necessária a utilização de balsas com guincho tipo Munck, preparadas para o içamento, transporte e soltura das poitas nos locais indicados.

Uma vez que as questões logísticas estejam providenciadas, é necessário identificar precisamente a área onde o sistema de cultivo será instalado, identificando os vértices do polígono com a utilização de aparelho de GPS. Somente a partir da identificação do ponto exato onde as poitas deverão ser lançadas é que a balsa poderá fazer a soltura desta. Deve-se atentar para os conectores e os cabos que devem estar previamente conectados à poita, por que uma vez lançada, não poderá ser recuperada.

É importante que também se faça a sinalização náutica da área aquícola conforme indicado na Norma 17 da Marinha do Brasil, com a instalação de boias de sinalização especial na área de cultivo. Essas boias também são fundeadas com poitas.

Variáveis para cálculo

Quadro Resumo das Variáveis Utilizadas para Cálculo:

Profundidade na cota mínima de **5 m**

Profundidade na cota máxima **7 m**

Dimensões totais de: **2,0 m x 2,0 m x 2,0 m**

Altura de borda livre do tanque-rede (não submersa): **0,50 m**

Área total de borda livre do tanque-rede (não submersa): **2,0 m²**

Área total não submersa: **20 m²**

Altura submersa do tanque-rede; **1,50 m**

Área total submersa do tanque: **6,0 m²**

Número de tanques por linha: **10**

Número de linhas: **01**

Área total submersa: **60,0 m²**

Velocidade média dos ventos: **21,6 Km/h = 6 m/s**

Velocidade máxima histórica dos ventos: **50,4 k/h = 14 m/s**

Velocidade média da corrente de água: **0,05 m/s**

Velocidade máxima histórica da corrente de água: **0,25 m/s**

Coefficiente de arrasto para seções quadradas: **C = 2**

Coefficiente de arrasto para seções circulares: **C = 0,8**

44 boias do tipo arinque, (4 boias em cada tanque-rede e 2 boias de sinalização da linha mestra e 6 de sinalização das poitas)

Diâmetro da boia de arinque: **42 cm**

Raio da boia de arinque: **21 cm**

Densidade da água: **1000 Kg/m³**

Coefficiente de atrito do concreto: **μ : 0,7**

Densidade do concreto: **2500 Kg/m³**

Aceleração da gravidade: **9,8 m/s²**

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FIBRAS POLIOLEFÍNICAS – AFIPOL. **Manual Prático de Cordas**. Disponível em: <http://www.afipol.org.br/manual_de_cordas.htm>. Acesso em: 13 jul. 2013.

BEVERIDGE, M. C. M. **Cage Aquaculture**. 3. ed. Inglaterra: Blackwell Publising, 2004. 375 p.

BOSCOLO, W. R. et al. **Manual Técnico: Criação de pacu em tanque-rede para produção de carne mecanicamente separada (CMS)**. Toledo, PR. 2010. 50p. Disponível em: <<http://www.cultivandoaguaboa.com.br/sites/default/files/iniciativa/Manual%20tecnico%20aquicultura.pdf>> Acesso em: 30 out. 2016.

Calcular o volume de um prisma. Disponível em: <<http://pt.wikihow.com/Calcular-o-Volume-de-um-Prisma>>. Acesso em: 09/12/2015.

Coefficiente de atrito de alguns materiais. Disponível em: <<http://guiacnc.com.br/materiais-em-geral/coeficiente-de-atrito>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

Força de Arraste. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/gef/Fluidos/fluidos18.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

Força de Atrito. Disponível em< <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Mecanica/Dinamica/fa.php>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Cage Aquaculture: Regional reviews and global overview. FAO Fisheries Technical Paper**, n. 498. Rome: 2007. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1290e/a1290e.pdf>>. Aceso em: 01 dez. 2015.

How to Calculate Wind Load. Disponível em: <<http://www.wikihow.com/Calculate-Wind-Load>>. Acesso em: 09 dez. 2015

HUANG, C-C.; TANG, H. E LIU, J-Y. **Dynamical analysis of net cage structures for marine aquaculture**: Numerical simulation and model testing. *Aquaculture Engineering*, AQUE-1395, p. 13, 2006. Disponível em: <<http://www.iut.nsysu.edu.tw/jyliu/paper/2006AE.pdf>> Acesso em: 04 dez. 2015.

INVESTCO. **Dados técnicos da usina**. Disponível em: <<http://www.edp.com.br/geracao-renovaveis/geracao/tocantins/investco/a-usina/dados-tecnicos/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 02 dez. 2015.

INVESTCO. **Usina Hidrelétrica Lageado**: Estudo de Impacto Ambiental-EIA (Volume III: Avaliação de Impactos e Quadros Prospectivos). p. 213. 1996. Disponível em: <http://www.edp.com.br/geracao-renovaveis/geracao/tocantins/investco/empresa/documentos-oficiais/eia-rima/Documents/7vol_III_aval_impactos_quadros_prospectivos.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2015.

KIKUCHI, R. M. **Impacto da implantação da usina hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (UHE Lajeado) no Rio Tocantins, com ênfase na comunidade Bentônica**. São Carlos: UFSCar. 127 p. 2006. Disponível em: <http://www.bdtd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1009>. Acesso em: 04 dez. 2015.

LEKANG, O-I. **Aquaculture Engineering**. Inglaterra: Blackwell Publishing, 2007. 354 p.

MARINHA DO BRASIL. **Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação – NORMAM-17/DHN 3**. ed. 2008. Disponível em: <https://www.mar.mil.br/dhn/dhn/downloads/normam/normam_17.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2015.

OLIVARES, A. E. V. **Design of a Cage Culture System for Farming in Mexico – Final Project**. Disponível em: <<http://www.unuftp.is/static/fellows/document/alfredo03prf.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2015.

Pesos específicos de materiais. Disponível em: <http://prodetec.com.br..downloads..pesos_especificos.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2015.

REZENDE, F. P.; BERGAMIN, G. T. Implantação de piscicultura em viveiros escavados e tanques-rede. In: RODRIGUES, A. P. O. et al. (org.). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 440p.

SANDOVAL JR, P. (coord.). **Manual de criação de peixes em tanques-rede**. Ed. Revista. Brasília: Codevasf, 2010. 69p.

SPECTRAH, **Oceanografia e Meio Ambiente. Poitas de concreto: peso, volume e dimensões**. Disponível em: <<http://www.spectrah.com.br/spectrah/?p=296#sthash.YGGvI84E.ChFzj0R1.dpbs>>. Acesso em: 08 dez. 2015.

THE ENGINEERING TOOLBOX. **Drag Coefficient**. Disponível em: <http://www.engineeringtoolbox.com/drag-coefficient-d_627.html>. Acesso em: 09 dez. 2015.

Trapezoidal Prism. Disponível em: <<http://www.mathcaptain.com/geometry/trapezoidal-prism.html>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

TURNER R. Offshore mariculture: Mooring system design. In : Muir J. (ed.), Basurco B. (ed.). **Mediterranean offshore mariculture**. Zaragoza : CIHEAM, 2000. p. 159-172. (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 30). Disponível em: <<http://ressources.ciheam.org/om/pdf/b30/00600657.pdf>>. Acesso em: 04 dez. 2015.

VICENTINI NETO, F. L. **Técnicas de fundeio oceanográfico**. Disponível em: <<ftp://ftp.io.usp.br/lado/IOF5850/ApresFundeio2005.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2015.

Volume do paralelepípedo, do cubo e do cone. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/matematica/volume-paralelepipedo-cubo-cone.htm>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

Embrapa

Pesca e Aquicultura

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 13201