



# *Panorama da* **AQUICULTURA**



## **Tilápias em Águas Estuarinas**

**Um delicioso projeto experimental em tanques-rede**



## **Enfermidades em Camarões Marinhos**

**Um obstáculo econômico na engorda**



## **Construção de Viveiros e Estruturas Hidráulicas - Parte 1**

**Planejamento, seleção das áreas, fontes de água e propriedades dos solos**







# Construção de viveiros e de estruturas hidráulicas para o cultivo de peixes

**Parte 1 – Planejamento, seleção das áreas, fontes de água, demanda hídrica e propriedades dos solos.**

Por:  
**Eduardo Akifumi Ono**, M. Sc.  
 (Eng.º Agrônomo, especialista em produção de peixes) onoeu@aol.com  
**Fernando Kubitzka**, Ph.D.  
 (Eng.º Agrônomo, especialista em produção de peixes) fernando@acquaimagem.com.br

**E**sta seqüência de artigos visa esclarecer as principais questões referentes à avaliação e à seleção das áreas para a implantação do empreendimento; ao uso eficiente dos recursos hídricos; às características dos solos de importância à construção dos viveiros; ao design e dimensionamento dos viveiros e das estruturas hidráulicas; ao processo construtivo em si, com ênfase ao uso dos equipamentos mais adequados; à facilidade operacional das instalações; as estratégias para reduzir a infiltração de água no solo; o manejo do solo do fundo dos viveiros e, as estratégias de reaproveitamento de água e da produção sem efluentes. Assim, além do planejamento visando a redução nos custos de implantação do empreendimento, o foco destes artigos também procura mostrar a possibilidade da redução das despesas operacionais e das despesas com a manutenção das instalações através da implantação de estruturas duráveis e que facilitam a realização das atividades de rotina (despesca, carregamentos e transferências de peixes, manutenção das áreas de viveiros, distribuição das rações e alimentação, dentre outras).

## O planejamento na construção dos viveiros

Quem percorre pisciculturas em diversas regiões do país se surpreende com a grande diversidade de instalações e, mais ainda, com a grande amplitude dos investimentos, que podem variar de R\$ 4.000,00 a R\$ 35.000,00 por hectare de viveiro instalado. A construção dos viveiros e das estruturas hidráulicas representa o maior ítem de investimento em uma piscicultura. O custo de construção depende das características da área (topografia, tipo de solo, cobertura vegetal e necessidade de drenagem), do design e da estratégia de construção dos viveiros e demais instalações, de fatores climáticos, dentre outros. Para minimizar esse custo é necessário um adequado planejamento das ações e das etapas de implantação do empreendimento (Quadro 1).

### Quadro 1 Algumas etapas e ações no planejamento e avaliação do potencial de implantação de uma piscicultura.

- Prospecção dos canais de mercado: apresentação do produto e apuração da demanda e dos preços;
- Definição das estratégias de produção e elaboração do plano de negócio;
- Estudo preliminar da viabilidade econômica: orçamento e previsão das despesas (construção, equipamentos, insumos, mão-de-obra, impostos e outros itens) e receitas;
- Determinação da necessidade de capital (investimento e operacional);
- Prospecção das áreas: fonte de água, infra-estrutura local e regional, programas de incentivos, disponibilidade de mão-de-obra, insumos e serviços, etc.
- Prospecção e avaliação das fontes de recursos financeiros;

A fase de planejamento merece atenção especial, pois, além de possibilitar uma boa avaliação dos riscos e incertezas quanto à viabilidade econômica, esclarece as dúvidas quanto à concepção, design, construção e operação das instalações, poupando o investidor de gastos desnecessários na implantação e operação do empreendimento.

As preocupações com a facilidade operacional e a longevidade das instalações devem ser uma constante no planejamento, design e construção dos viveiros. Viveiros de difícil acesso, ou sem estruturas de apoio ao manejo (sistema de drenagem total, caixas de despesca e manejo, dentre outras) exigem o uso mais intenso de mão-de-obra nas despescas e no carregamento dos peixes. As colheitas representam o ponto crítico no manejo de uma piscicultura e se repetem diversas vezes ao longo do ano e de toda a vida útil das instalações, impondo grande esforço aos funcionários e considerável custo à produção. Despescas que exigem diversas passagens de rede, além de demandar mais mão-de-obra, aceleram os danos aos taludes, diminuindo a vida útil e aumentando os custos de manutenção dos viveiros.

## A escolha do local

A seleção das áreas para a implantação dos viveiros deve considerar diversos aspectos que exercem efeito direto sobre os custos de implantação e de operação e, portanto, sobre o sucesso econômico do empreendimento. Alguns destes aspectos são aqui reunidos:

▪ **A topografia da área:** terrenos planos ou com suave declive (não superior a 2m de desnível a cada 100m de distância, ou 2%) possibilitam um melhor aproveitamento da área e a redução nos custos de construção dos viveiros.

▪ **O tipo de solo:** solos argilosos e de baixa permeabilidade permitem a construção de diques mais estáveis, sendo, portanto, os mais favoráveis à construção dos viveiros. Solos arenosos ou com grande quantidade de cascalho geralmente apresentam alta infiltração, demandando um maior uso de água. Esses solos também são pouco estáveis e mais susceptíveis à erosão.

▪ **A qualidade e a disponibilidade de água:** as áreas eleitas devem dispor de fontes de água de boa qualidade, sem contaminação por poluentes e em quantidade mínima para abastecer a demanda da piscicultura. A quantidade de água necessária depende da área dos viveiros, das taxas de infiltração e evaporação, da renovação de água exigida no manejo da produção e do uso de estratégias de reaproveitamento da água, dentre muitos outros fatores.

▪ **A compatibilidade do clima:** o clima deve ser compatível com as exigências das espécies que serão produzidas. Muitas pisciculturas convivem com os riscos de perdas de peixes durante o inverno. Por outro lado, algumas espécies, como o bagre-do-canal e o “black-bass” necessitam passar por um período de inverno bem definido para que atinjam condição adequada para a reprodução. Outros parâmetros climáticos, como o fotoperíodo e o regime das chuvas, também são decisivos na reprodução de muitos peixes.

▪ **Restrições ambientais:** devem ser observadas as restrições quanto ao desmatamento e à preservação das áreas de proteção ambiental e das matas ciliares. Também devem ser observadas as restrições no uso dos recursos hídricos, principalmente quanto ao volume de água que pode ser captado e ao lançamento da água de drenagem dos viveiros nos corpos d’água naturais. Assim, é fundamental conhecer as regulamentações federais, estaduais e

municipais quanto ao uso dos recursos naturais e os procedimentos para a obtenção das licenças ambientais do empreendimento.

▪ **A infra-estrutura básica:** as condições das estradas, a disponibilidade de energia, a proximidade dos aeroportos e portos, dentre outras facilidades em infra-estrutura, são fatores decisivos na seleção dos locais.

▪ **A disponibilidade de mão-de-obra, insumos e serviços:** deve ser considerada a facilidade de recrutamento de mão-de-obra temporária; a conveniência na aquisição dos insumos básicos (ração, alevinos, corretivos e fertilizantes, entre outros) e a oferta de serviços de apoio (terraplenagem; manutenção de veículos e outros equipamentos; instalação e manutenção de redes elétricas, galpões e outras estruturas; transporte de cargas; confecção de embalagens; dentre outros).

▪ **O acesso ao mercado consumidor:** a proximidade e o acesso a vários mercados são fatores decisivos na seleção dos locais. Um adequado posicionamento logístico permite reduzir o custo de transporte dos produtos, diversificar os mercados e reduzir os riscos de comercialização, melhorando a competitividade do empreendimento.

▪ **Os programas de incentivos fiscais e creditícios:** dentre outros fatores.

## Qualidade e disponibilidade de água

Águas de rios, córregos, represas, açudes, minas, poços e até mesmo a água captada das chuvas são utilizadas no abastecimento das pisciculturas. A principal questão é se a qualidade e a quantidade da água disponível são compatíveis com a exigência do projeto. Isso somente pode ser respondido após uma detalhada investigação da vazão, dos parâmetros de qualidade e dos fatores de risco associados a cada fonte de água (Quadro 2).

**Quadro 2 Principais características das fontes de água que devem ser avaliadas durante o planejamento da implantação de uma piscicultura.**

Variações da vazão ao longo do ano, particularmente nos períodos de estiagem;
Variações na temperatura da água e sua relação com a temperatura do ar ao longo do ano;
Presença de vida (peixes, crustáceos, plantas aquáticas e outros organismos);
Concentração de gases como o oxigênio e o gás carbônico;
O pH, a alcalinidade total e a dureza total, indicadores importantes da estabilidade química da água e que determinam a necessidade de adoção de algumas práticas de manejo;
A salinidade e as suas flutuações sazonais, particularmente quando o objetivo é o cultivo de espécies marinhas ou estuarinas, ou mesmo o cultivo de espécies de água doce em águas de salinidade mais elevada;
O risco de contaminação da fonte de água com produtos químicos ou esgoto (resíduos) de origem agropecuária, urbana ou industrial;
O risco de contaminação por patógenos e outros organismos indesejáveis provenientes da água de drenagem de outras pisciculturas ou pesque-pague, que despejam seus efluentes à montante de onde se planeja fazer a captação de água do projeto;
As condições de turbidez, principalmente durante os períodos chuvosos.

## Avaliação e correção da qualidade da água

Amostras de água podem ser enviadas a laboratórios especializados para a determinação de diversos parâmetros químicos. Diversas análises podem ser feitas diretamente no campo, com o uso de kits de análises, medidores de oxigênio, peagômetros, refratômetros ou salinômetros, dentre outros equipamentos portáteis. No quadro 3 são resumidos os valores adequados dos principais parâmetros de qualidade da água para o cultivo de peixes e camarões marinhos.



**Quadro 3 - Valores desejados de alguns parâmetros físico-químicos da água para o cultivo de peixes tropicais e do camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) em viveiros.**

Parâmetro	Peixes	Camarão marinho
Temperatura	26 a 30°C	25 a 30°C
pH	6,5 a 8,0	7,5 a 8,5
Oxigênio dissolvido (O <sub>2</sub> )	> 5 mg/L	> 5mg/L
Gás carbônico (CO <sub>2</sub> )	< 10 mg/L	< 5 mg/L
Alcalinidade total CaCO <sub>3</sub>	> 30 mg/L	> 100 mg/L
Dureza total CaCO <sub>3</sub>	> 30 mg/L	> 100 mg/L
Amônia tóxica (NH <sub>3</sub> )	< 0,2 mg/L	< 0,1mg/L
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	< 0,3 mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	< 1,3mg/L (juvenis) < 4mg/L (adultos)
Gás sulfídrico (H <sub>2</sub> S)	< 0,002mg/L	< 0,005 mg/L
Salinidade	Depende da espécie, em geral <12ppt para peixes de água doce.	15 a 25ppt é ideal, embora possa ser cultivado em salinidades menores.

Diversos parâmetros de qualidade da água podem ser corrigidos antes e durante o cultivo, particularmente no cultivo de peixes em viveiros com baixa renovação de água, bem como nos sistemas de recirculação, onde é feito o reaproveitamento da água. No quadro 4 são resumidas as principais medidas de correção da qualidade da água empregadas nesses sistemas. Por outro lado, a correção da qualidade da água é muitas vezes impraticável em viveiros com alta renovação de água ou em “raceways” (tanques com alto fluxo que operam como uma ou mais trocas totais de água por hora), devido ao grande volume de água que precisa ser tratada. Assim, as águas para uso em sistemas intensivos que empregam alta renovação de água devem ser originalmente adequadas ao cultivo das espécies desejadas. Além da preocupação com a qualidade da fonte de água, os empresários e técnicos devem ficar atentos às restrições impostas pela legislação ambiental quanto ao volume de água que pode ser captado e à qualidade dos efluentes que podem ser retornados a um determinado manancial ou corpo d’água.

**Quadro 4 - Medidas corretivas da qualidade da água em sistemas de recirculação ou no cultivo de peixes em viveiros de baixa renovação.**

Problemas com a água de abastecimento	Medidas corretivas para cultivo de peixes em viveiros de baixa renovação de água ou em sistemas de recirculação de água
Águas ácidas e/ou águas com baixa alcalinidade e dureza total	Calagem com o uso de calcário agrícola em doses que podem variar de 1 a 4 toneladas por hectare
Peixes indesejáveis na água de abastecimento	Instalação de filtros nas redes de abastecimento ou a colocação de telas nos tubos de abastecimento de água dos viveiros; controle periódico da população natural de peixes nos reservatórios que abasteçam a piscicultura;
Águas turvas (com argila em suspensão) entrando na rede de abastecimento	Controle da entrada de água nas redes de abastecimento; adoção de práticas de controle de erosão do solo (terraceamento e implantação de cobertura vegetal nas áreas vizinhas à piscicultura e nas estradas da propriedade, de forma a impedir a entrada de água de enxurrada nos reservatórios e nos canais que abasteçam a piscicultura; controle da erosão nos diques dos viveiros; entre outras medidas); uso de viveiros ou açudes para decantação prévia dos sedimentos;
Águas de poços e minas são pobres em oxigênio e ricas em gás carbônico.	Devem receber aeração antes de serem usadas na incubação dos ovos, nos tanques de depuração, nos tanques de estocagem de reprodutores, nas embalagens e caixas de transporte, entre outras situações; não há necessidade de aeração prévia destas águas se elas forem usadas no abastecimento de viveiros de baixa renovação de água.
Água com baixa salinidade	Aplicação de sal (cloreto de sódio), gesso (sulfato de cálcio), de cloreto de potássio e outros sais, de forma a alcançar a salinidade e a proporção desejada entre os diversos íons na água de cultivo. Esta correção é mais empregada em sistemas de recirculação de água.
Água com alta salinidade	Diluição com uma água de baixa salinidade ou com água doce (água de poços, água de chuva, entre outras possíveis fontes).

## Uso adequado da água disponível

O desperdício e o mau uso da água são comuns na maioria das pisciculturas. Esse desperdício é acentuado pela ideia de que a troca de água é indispensável para a oxigenação dos

viveiros. Assim, já no início dos ciclos (fases) de cultivo, é comum registrar o uso de uma renovação excessiva de água nos viveiros, o que prejudica a eficiência da calagem e da adubação, fazendo com que a água permaneça pobre em nutrientes. Isso impede a formação do plâncton, mantendo a água transparente por muito tempo, favorecendo a entrada de luz na coluna d’água e, assim, o desenvolvimento de algas filamentosas e de plantas submersas no fundo dos viveiros.

Se a água de abastecimento fosse a única fonte de oxigênio nos viveiros, seriam necessárias altas taxas de renovação de água para assegurar a sobrevivência dos peixes. Tal prática geralmente é proibitiva na maioria das pisciculturas, mesmo naquelas com pequena área de viveiros, em virtude da restrição na disponibilidade de água. Isso pode ser visualizado no exemplo do quadro 5. Se a água de abastecimento fosse a única fonte de oxigênio, um viveiro com 4.000kg de peixes/ha demandaria uma vazão contínua próxima a 50 litros/s/ha (ou seja, 30% do volume total/dia) para repor o oxigênio consumido pelos peixes e pela decomposição da matéria orgânica excretada nas fezes. Se a biomassa for 6.000kg/ha e forem aplicados 72kg de ração/ha/dia, esse consumo de oxigênio só poderia ser suprido com uma vazão ao redor de 80 litros/s/ha (45% do volume total/dia). Com o aumento da biomassa para 10.000kg/ha e a uma taxa de alimentação de 120 kg/ha/dia seria necessária uma renovação diária de 75%.

**Quadro 5 - Cálculo estimado da vazão de água necessária para suprir o consumo de oxigênio dos peixes e dos processos de decomposição da matéria orgânica (MO) nas fezes, sob diferentes biomassas e taxas de alimentação (Rac. Max.).**

Biomassa (kg/ha)	1Rac. Máx. (kg/ha/dia)	Consumo de O <sub>2</sub> (gramas/hora)			Vazão (l/s/ha)	Vazão (%/dia)
		2MO fezes	3Peixes	Peixes e MO		
4.000	48	515	800	1.315	52	30%
6.000	72	773	1.200	1.973	78	45%
8.000	96	1.030	1.600	2.630	104	60%
10.000	120	1.288	2.000	3.288	130	75%
12.000	144	1.546	2.400	3.946	157	90%
14.000	168	1.803	2.800	4.603	183	105%

<sup>1</sup> Taxa de alimentação de 1,2%PV/dia nas fases finais do cultivo;

<sup>2</sup> É necessário 1,4g de O<sub>2</sub> para cada grama de matéria orgânica (MO) a ser decomposta; ração com 92% de matéria seca (MS) e 80% de digestibilidade da MS;

<sup>3</sup> Consumo médio de 200g de O<sub>2</sub>/tonelada de peixe/hora;

<sup>4</sup> Considerando a água de abastecimento com oxigênio de 7mg/l (próximo à saturação); Para expressar a vazão em m<sup>3</sup>/h/ha, multiplique o valor em l/s/ha por 3,6; neste exemplo foi considerado que 1ha de viveiro tem um volume de 15.000m<sup>3</sup>.

Na prática, cerca de 4.000 a 6.000kg de peixe/ha são mantidos em viveiros sem aeração, nos quais apenas a água perdida por evaporação e por infiltração. Em viveiros com baixa infiltração (<1mm/h) essa reposição não excede 3% do volume total ao dia, o que equivale a uma vazão constante não superior a 4 litros/s/ha, mesmo sob taxas de evaporação de até 12mm/dia (ver o Quadro 6). Mesmo em solos com alta infiltração (até 5mm/h) e sob uma alta taxa de evaporação, a reposição de água sequer ultrapassa 15% ao dia. Isso demonstra que a água de abastecimento está longe de ser a principal fonte de oxigênio para a respiração dos peixes e dos demais organismos nos viveiros.

## Então, de onde vem o oxigênio necessário para isso?

Da fotossíntese realizada pelo fitoplâncton, que chega a fornecer mais de 80% do oxigênio demandado pelos peixes e demais organismos, inclusive o próprio fitoplâncton. O balanço entre fotossíntese e respiração é geralmente positivo, ou seja, o fitoplâncton produz mais oxigênio do que é consumido nos processos respiratórios que ocorrem nos viveiros. Exceções podem ocorrer em dias nublados ou chuvosos, nos quais, em virtude da baixa luminosidade, a produção de oxigênio via fotossíntese pode

ser superada pelo consumo de oxigênio na respiração. A respiração também pode exceder a fotossíntese nos viveiros com excessiva biomassa ou com grande massa de fitoplâncton. Portanto, é equivocada a argumentação de que a água de abastecimento dos viveiros é quem supre o oxigênio demandado pelos peixes. Isso somente seria possível com altas renovações de água, o que é impraticável na maioria das pisciculturas brasileiras. Mesmo em locais com recursos hídricos abundantes, a alta renovação de água nos viveiros pode ocasionar um elevado investimento e custo de manutenção e operação dos sistemas hidráulicos (canais, tubulações, filtros e bombas), particularmente onde não são possíveis a captação e o abastecimento de água por gravidade. Pode haver um grande conflito pela necessidade de captação de grandes volumes de água para abastecer uma única piscicultura, bem como com a geração de um grande volume de efluentes que pode atrair as atenções das instituições ambientais e da comunidade em geral.

## Demanda hídrica

Dentre muitos fatores, a quantidade de água necessária para suprir uma piscicultura varia com as perdas de água por infiltração e evaporação, com o número de vezes em que os viveiros são drenados no ano; com a renovação de água durante o cultivo; com as estratégias de reaproveitamento da água; e com a precipitação (chuva) anual que incorpora água diretamente nos viveiros.

**Evaporação e infiltração** - A taxa de infiltração da água depende das características do solo dos viveiros, da eficiência do trabalho de compactação, do uso de estratégias para amenizar a infiltração, do tempo de uso dos viveiros, dentre outras variáveis. Viveiros construídos em solos com alto teor de argila podem apresentar infiltração próxima de zero. Adiante, neste artigo, são apresentadas algumas maneiras de mensurar a infiltração da água no solo. Também são discutidas as características dos solos e a sua relação com a infiltração de água.

A evaporação da água dos viveiros varia de acordo com os meses do ano, sendo acentuada pelas altas temperaturas, pela baixa umidade do ar e pela ação contínua dos ventos. Informações sobre a evaporação de água podem ser obtidas em estações meteorológicas mantidas pelas casas de agricultura, institutos de pesquisas, universidades e outras instituições.

A recomendação mais comum é de que esteja disponível entre 10 e 20 litros/segundo (36 a 72m<sup>3</sup>/h) para cada hectare (10.000m<sup>2</sup>) de viveiro. No entanto, na grande maioria das pisciculturas, vazões menores do que 10 litros/s/ha são suficientes para a reposição das perdas de água por evaporação e infiltração, exceto em áreas com excessiva infiltração de água, como pode ser observado no quadro 6.

**Quadro 6 - Vazão de água necessária em litros/segundo/ha para a reposição das perdas de água por evaporação e infiltração.**

<sup>1</sup> VIB mm/hora	Evaporação média (mm/dia)					
	2	4	6	8	10	12
0,5	1,6	1,9	2,1	2,3	2,5	2,8
1,0	3,0	3,2	3,5	3,7	3,9	4,2
2,0	5,8	6,0	6,3	6,5	6,7	6,9
4,0	11,3	11,6	11,8	12,0	12,3	12,5
8,0	22,5	22,7	22,9	23,1	23,4	23,6
12,0	33,6	33,8	34,0	34,3	34,5	34,7

<sup>1</sup> VIB = Velocidade de infiltração básica, que representa a velocidade de infiltração da água no solo saturado.

Observe que, se considerarmos um hectare de viveiro com 15.000m<sup>3</sup> de água armazenada, uma vazão de água de 7 litros/s/ha equivale a 4% de reposição do volume total ao dia. Assim, o leitor pode facilmente estimar a taxa de renovação diária (% ao dia) multiplicando as vazões (em l/s/ha) do quadro 6 pelo fator 0,6. Por exemplo, para uma vazão de 12 l/s/ha (evaporação de 8mm/dia e VIB de 4mm/h), a renovação diária é próxima de 7% (12 x 0,6).

**Intensidade de renovação de água** - O uso mais intenso da água geralmente ocorre na fase final de um ciclo de cultivo. No quadro 7 são reunidas as estimativas do uso de água em viveiros de 1 hectare (15.000m<sup>3</sup>) submetidos a diferentes regimes de renovação de água, em ciclos de cultivo de 120 dias. O uso total de água pode variar entre 36.000 a 126.000m<sup>3</sup>/ha/ciclo, sendo usados entre 6 e 9m<sup>3</sup> de água/kg de peixe produzido.

**Quadro 7 - Comparação da necessidade de água por ciclo de cultivo em viveiros de 1 hectare sob diferentes intensidades de renovação de água.**

	<sup>1</sup> Encher e manter (m <sup>3</sup> /ciclo)	<sup>2</sup> Renovar (m <sup>3</sup> /ciclo)	Uso Total (m <sup>3</sup> /ciclo)	<sup>3</sup> Uso de água (m <sup>3</sup> /kg)	Uso relativo
Apenas reposição (E + I) <sup>1</sup>	36.600	-	36.600	6,10	100
(E+I) + 5% troca/dia nos últimos 30 dias	36.600	22.500	59.100	7,39	121
(E+I) + 10% troca/dia nos últimos 30 dias	36.600	45.000	81.600	8,16	134
(E+I) + 20% troca/dia nos últimos 30 dias	36.600	90.000	126.600	8,44	138

<sup>1</sup> E (evaporação) e I (infiltração) e considerando um hectare com 15.000m<sup>3</sup> de água, evaporação média de 6mm/dia e infiltração de 0,5mm/hora. Os cálculos não consideram a precipitação (chuva) direta sobre os viveiros. Os ciclos são de 120 dias.  
<sup>2</sup> Renovação de água ocorre nos últimos 30 dias.  
<sup>3</sup> Uso de água (m<sup>3</sup>/kg de peixe) foi calculado para biomassas de 6.000, 8.000, 10.000 e 15.000kg/ha, respectivamente, para os viveiros com 0 a 20% de renovação diária.

O investimento em aeração e a implementação de medidas de conservação de água (acúmulo da água de chuva, aproveitamento da água de drenagem para o abastecimento de outros viveiros, implementação do cultivo com despescas e estocagem múltiplas, entre outras possibilidades) possibilitam minimizar o uso de água e o descarte de efluentes por tonelada de peixe produzida. Os prós e contras do reaproveitamento da água serão discutidos com maiores detalhes nas próximas matérias.

## Solos para a construção dos viveiros

Do ponto de vista da engenharia, a seleção dos locais para a construção de viveiros deve ser baseada na compatibilidade dos solos que servirão como fundação e como material para a construção dos diques. Os solos usados na fundação dos viveiros e diques devem dispor de lençol freático profundo para não comprometer e/ou encarecer os trabalhos de construção; serem pouco susceptíveis às rachaduras, à erosão interna e à percolação de água; serem estáveis para que não ocorram acomodações ou expansões no solo que causem danos estruturais à fundação.

As áreas selecionadas devem ser detalhadamente investigadas, abrindo-se trincheiras ou realizando "tradagens" (coleta de amostras do solo em diversas profundidades com a ajuda de um trado) ao longo de toda a área, de forma a conhecer tanto as características do material, como a predominância e suficiência dos mesmos para a construção das fundações e dos diques. As investigações do perfil do solo devem se estender por pelo menos 60cm abaixo da cota prevista para o fundo dos viveiros.

Os técnicos envolvidos com o projeto e a construção dos viveiros devem possuir um mínimo de conhecimento sobre os solos e as suas propriedades, para uma melhor compreensão das limitações de cada local e para a adoção de procedimentos e ações corretivas que viabilizem o empreendimento.

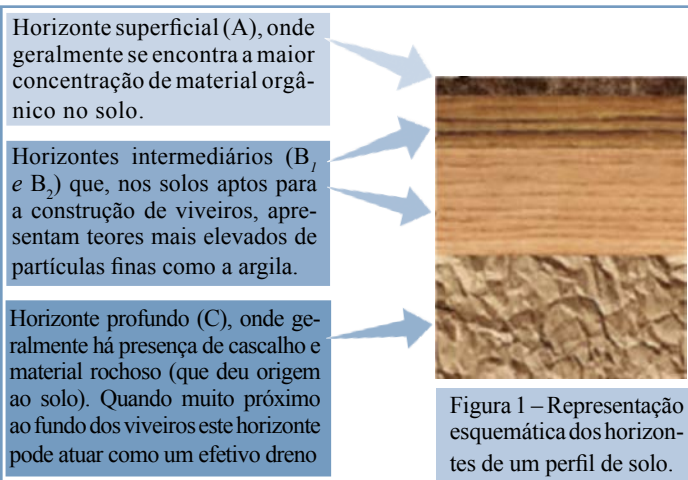


## Noções básicas sobre solos

O solo representa o conjunto de partículas sólidas (minerais e orgânicas) e de espaços ou poros (ocupados pelo ar e pela água). As partículas sólidas que compõem o solo variam quanto à composição mineral, tamanho, formato, homogeneidade de tamanho, entre outras características. As propriedades de um solo de importância para a engenharia da construção dos viveiros resultam da combinação das propriedades de suas partículas e da proporção em que estas se encontram no material.

O perfil vertical de um terreno é composto por diversos horizontes, cada qual formado por um tipo peculiar de solo (Figura 1). O horizonte superficial (Horizonte A) abriga a cobertura vegetal (gramíneas, arbustos e árvores) e apresenta a maior concentração de material orgânico (raízes, folhas em decomposição, esterco animal, dentre outros). Parte deste horizonte geralmente é removida durante a limpeza do terreno antes da terraplenagem, de forma a evitar que o solo com material orgânico seja usado na construção dos diques. Os horizontes intermediários (Horizontes B1 e B2) estão na posição da cota do fundo dos viveiros. Desses horizontes sai quase todo o material usado na construção dos diques. Portanto, os solos destes horizontes devem ter gradiente suave, textura fina, boa plasticidade e baixa permeabilidade, garantindo uma boa estabilidade e grande retenção de água nos viveiros. O horizonte profundo (Horizonte C) é formado por rocha em decomposição, que geralmente dá origem ao solo adjacente a este horizonte. O horizonte C geralmente apresenta alta permeabilidade, pois a água percola facilmente por entre as fissuras e espaços nas rochas. Assim, é recomendável que haja uma boa distância entre a cota do fundo dos viveiros e a cota de início do horizonte C (pelo menos 60cm no caso de horizontes B de baixa permeabilidade), de forma a reduzir o risco de uma excessiva infiltração de água nos viveiros.

O reconhecimento dos horizontes do perfil do solo é possível com a abertura de trincheiras em diversos locais das áreas eleitas para a construção dos viveiros. Uma vez identificados os horizontes de um perfil, devem ser averiguadas as propriedades dos solos de cada horizonte. Este trabalho faz parte do mapeamento dos solos na área de implantação do empreendimento.

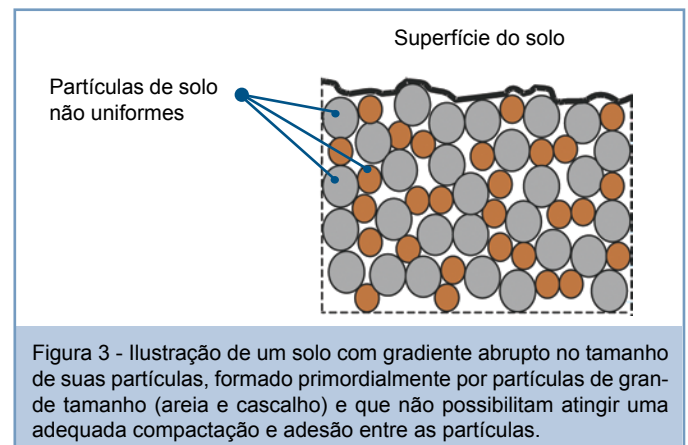
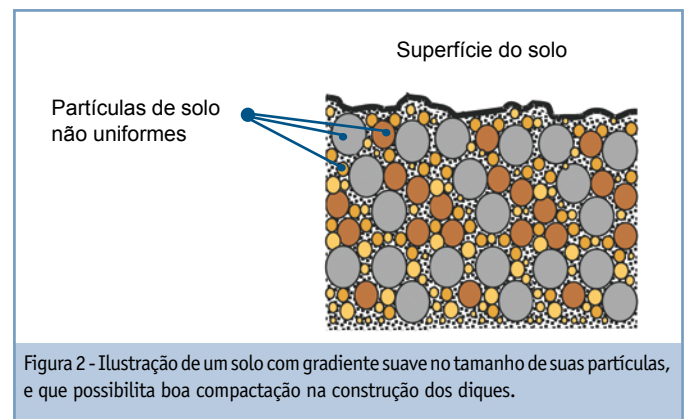


**Textura e gradiente de partículas dos solos** - De acordo com a sua textura, os solos são classificados como finos ou grosseiros. Um solo é considerado de textura fina quando mais de 50% de suas partículas (em peso) passam pela Peneira 200 (com malha de 0,074mm). Um solo é considerado de textura grosseira quando mais de 50% de suas partículas (em peso) são retidas na Peneira 200. A fração fina do solo é composta por argila e silte, partículas de tamanho inferior a 0,074mm, praticamente indistinguíveis (não visíveis) a olho nu. A fração grosseira do solo (partículas maiores que 0,074mm) é constituída por areia e cascalho. Estes materiais podem ser separados com o uso da Peneira 4 (abertura de 4,76mm). Assim, quando mais de 50% da fração grosseira (material retido na Peneira 200) passar pela Peneira 4, a fração grosseira é chamada “areia”. Se mais de 50% das partículas grosseiras ficarem retidas na Peneira 4, a fração grosseira é denominada “cascalho”. Na prática, quando visualmente é possível afirmar que predominam partículas de tamanho superior ao de um grão de soja (ou ervilha) na fração grosseira do solo, este é chamado de cascalho. No quadro a seguir são apresentadas as faixas de tamanho das diversas partículas da fração grosseira do solo.

Tipo de partícula	Faixa de tamanho
Cascalho grosso	19 a 75mm
Cascalho fino	4,8 a 19mm
Areia Grossa	2,0 e 4,8mm
Areia Média	0,43 e 2,0mm
Areia Fina	0,08 e 0,43mm

A distribuição do tamanho de partículas de um solo pode ser bastante variável. Os solos são “gradiente suave” quando apresentam uma distribuição mais homogênea

no tamanho de suas partículas. Solos de “gradiente abrupto” são aqueles em que predominam um determinado tamanho de partículas. Ilustrações dessas características estão nas Figuras 2 e Figura 3.



## Solos de importância à construção de viveiros

A seguir serão apresentadas as principais propriedades dos solos que exercem grande influência sobre os processos construtivos, a estabilidade e a capacidade de contenção de água, a susceptibilidade à erosão, dentre outras características dos viveiros (diques) que estão sendo implantados.

**Determinando a composição e o gradiente das partículas do solo:** a determinação da textura e do gradiente de distribuição das partículas do solo geralmente é feita por laboratórios especializados em análises de solos. Uma avaliação prática da textura e do gradiente pode ser realizada no campo. Reúna amostras de solo dos diferentes perfis utilizando “tradagens” ou a abertura de trincheiras. Depois de identificadas, cada uma das amostras deve ser assim analisada:

- coloque cerca de 300ml de solo em um recipiente transparente com cerca de 1 litro de volume (proveta graduada ou garrafa “pet”);
- “soque” o material com uma haste para eliminar o volume de ar no interior do solo e registre o volume do solo no recipiente (se necessário use uma régua e meça a altura do solo no recipiente);
- adicione 500ml de água sobre o material e misture bem com uma haste de forma a desagregar as partículas do solo;
- tampe a boca do recipiente e repetidamente vire o recipiente de cabeça para baixo, misturando ainda mais o material. Após uma boa mistura deixe o recipiente descansar por 25 segundos e anote o volume de material decantado. Se mais de 50% do volume inicial decantou em 25 segundos, o solo pode ser considerado de textura grosseira. Se menos de 50% decantou, o solo pode ser considerado de textura fina;
- o material deve ser novamente agitado e virado de cabeça para baixo durante cerca de 2 minutos. Em seguida o material é deixado decantar por 24 horas. Após este descanso, é possível observar diferentes camadas de partículas dentro do recipiente. As de maior tamanho (mais pesadas) ficam no fundo do recipiente. As alturas das camadas devem ser anotadas e expressas em percentual da altura total do solo decantado no recipiente (Figura 4).

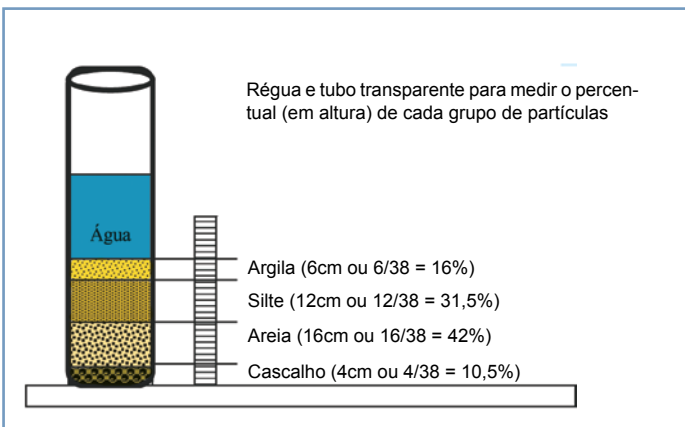


Figura 4 – Ensaio prático de textura e gradiente feito com uma proveta graduada ou com uma garrafa “pet” e régua. Observe a deposição de diferentes grupos de partículas, com as partículas maiores (mais pesadas) ficando no fundo do recipiente.

O gradiente entre as partículas é avaliado de forma subjetiva, verificando no recipiente se a transição de uma camada para a outra é suave (solos de gradiente suave) ou se é repentina (solos de gradiente abrupto, onde geralmente há o predomínio de um determinado tamanho de partículas).

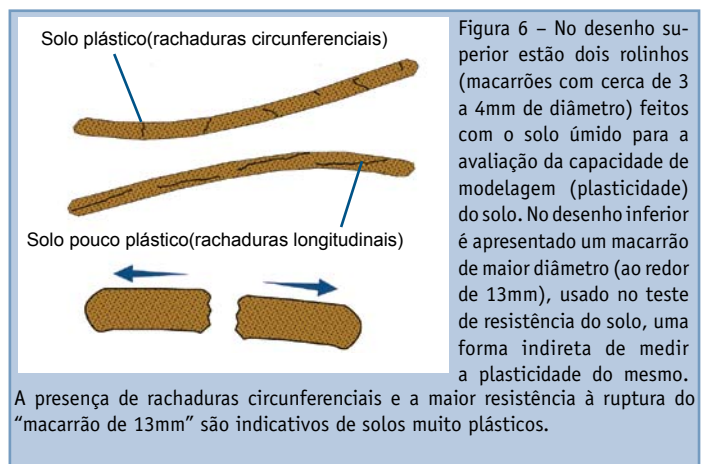
**Os solos mais adequados para a construção dos diques devem apresentar gradiente suave** (Figura 2) e uma composição ao redor de 60 a 80% de areia, 30 a 15% de argila e o restante como silte, de forma a garantir um suave gradiente entre as partículas. Solos com menos de 12% de finos (argila e silte) não são apropriados para a construção dos diques, a não ser quando misturados com outros solos mais finos.

**Plasticidade do solo** - A plasticidade de um solo indica a facilidade com que o solo é capaz de ser modelado. Um solo pode ser chamado de plástico (moldável) ou não plástico. A presença de argila no solo é importante para que este seja plástico e possibilite um adequado trabalho de modelagem e compactação dos diques dos viveiros. Solos em que predominam cascalho e areia, e com pouca argila, geralmente são inadequados para a construção de viveiros, pois além de apresentarem alta infiltração, não permitem a construção de diques estáveis, havendo grande risco de erosão e de colapso dos mesmos.

Os solos plásticos apresentam maior resistência à erosão, à percolação de água e às rachaduras por acomodação do material. Também apresentam maior coesão entre as partículas, conferindo grande estabilidade aos diques desde que tenha sido realizado um adequado trabalho de compactação. A plasticidade de um solo (índice de plasticidade) somente pode ser avaliada em laboratórios especializados. No entanto, existem diversos testes práticos que permitem ter uma idéia de quão plástico um solo é.

• **Teste 1 - Resistência ao esmagamento:** pegue um bloco de solo seco com 2 x 2 cm e esmague-o com os dedos. Blocos muito duros indicam a presença de grande quantidade de argila no solo, sendo este muito plástico e bastante coeso, características desejáveis para a construção dos diques. Blocos que se quebram com uma leve pressão geralmente apresentam pouca argila e muito silte, e são típicos de solos de pouca plasticidade e coesão, inadequados para a construção dos viveiros.

• **Teste 2 - Modelagem e resistência:** Outra maneira de avaliar a plasticidade de um solo é preparando uma amostra de solo peneirada (Peneira 40 é a peneira padrão, com malha de 0,42mm). A amostra que passou pela peneira deve ser umedecida de forma a obter uma massa que não seja pegajosa às mãos. Em seguida role a massa de solo entre as mãos de forma a fazer um “macarrão” com cerca de 3 a 4mm de diâmetro. Desfaça o “macarrão” e refaça novamente até que ele comece a se partir em pedaços de tamanho próximo de uns 2cm. Este é o indicativo do limite plástico do solo. Observe então as rachaduras na superfície do macarrão. Rachaduras no sentido circunferencial indicam que predomina argila na fração fina do solo, indicando que este é de alta plasticidade. Se as rachaduras são longitudinais, predomina silte na fração fina e o solo é considerado de plasticidade média (Figura 6). Em seguida remodele a massa em um “macarrão” mais grosso (ao redor de 13mm de diâmetro) e puxe o macarrão pelas extremidades, com a intenção de parti-lo (Figura 6). A força necessária para partir o material pode ser pouca (material pouco plástico), média (material plástico) ou grande (material muito plástico). Naturalmente que este teste é bastante subjetivo, mas permite verificar boas diferenças entre as amostras de solo avaliadas.



**Densidade, umidade ótima e compactação do solo** - A densidade do solo é influenciada pelo volume dos espaços (poros) presentes no solo. Solos com baixa densidade geralmente são solos grosseiros, onde predominam cascalho e areia. A densidade do solo pode ser alterada pela compactação proporcionada pelo rodado dos pneus dos tratores, caminhões e moto-“scrapers”, por rolos compactadores e, com uma menor eficiência, pela esteira de alguns maquinários. A eficiência de cada um destes equipamentos na compactação dos diques e do fundo dos viveiros será discutida com maior detalhe na segunda parte deste artigo. Além do equipamento utilizado, o grau de compactação alcançado depende da pressão imposta sobre o solo, da espessura da camada a ser compactada e da umidade do solo no momento da compactação. Sob o ponto de vista da construção dos diques, a umidade ótima de um solo é aquela que possibilita atingir a máxima densidade (máxima compactação) sob um determinado esforço de compactação.

**Porosidade e permeabilidade do solo** - A porosidade de um solo expressa a relação percentual entre o volume de espaços (poros) e o volume total do solo. A permeabilidade de um solo depende do tamanho e da forma dos espaços (poros) e da densidade e grau de compactação do solo. Quanto maior for a porosidade de um solo, maior a sua permeabilidade. A permeabilidade é alta em solos com partículas grosseiras (areia e cascalho) e em solos de baixa densidade. O processo de compactação diminui a porosidade e aumenta a densidade do solo, reduzindo a sua permeabilidade.

## Infiltração de água

Os técnicos e piscicultores devem estar atentos à velocidade de infiltração da água. Através de testes simples e rápidos, o grau de infiltração pode ser avaliado e quantificado, evitando a frustração de ter construído os viveiros em local inadequado, bem como o excessivo gasto de tempo e dinheiro na construção e no uso de medidas remediadoras da infiltração, que nem sempre solucionam completamente o problema.

Testes rápidos de infiltração podem ser realizados cavando-se trincheiras no solo. O fundo das trincheiras deve ficar na mesma cota do fundo dos viveiros. A trincheira deve ser cheia com água para saturar o solo das paredes laterais e do fundo da trincheira. Com o auxílio de uma régua, a intervalos regulares (de 5 em 5, de 10 em 10, de 20 em 20, de 30 em 30,

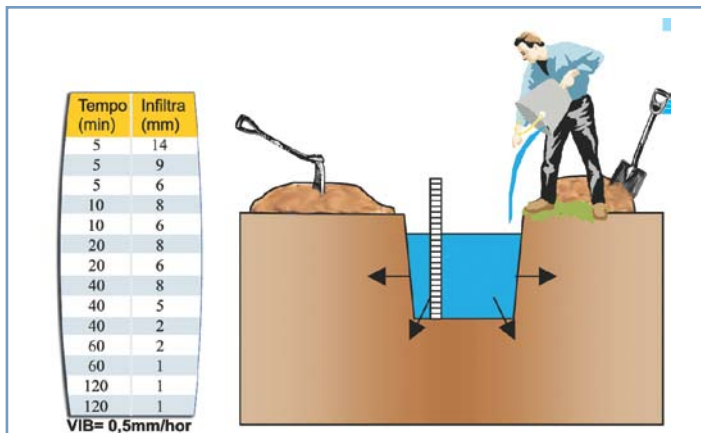


Figura 7 - Teste de infiltração de água no solo com o uso de uma trincheira. O fundo da trincheira está na cota do fundo dos viveiros.

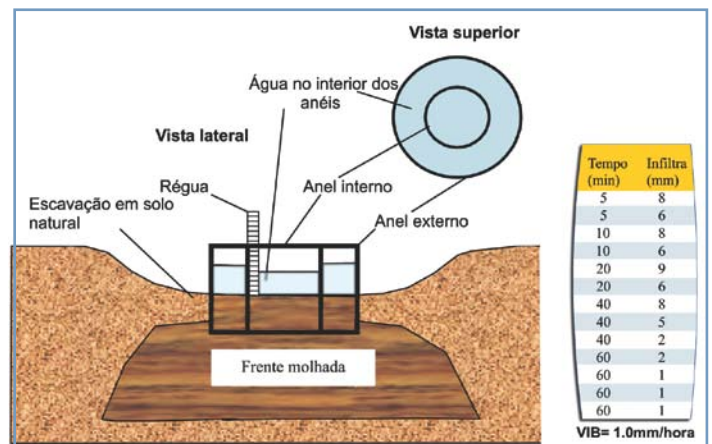


Figura 8 - Teste de infiltração de água no solo com o uso dos anéis concêntricos (anel interno com diâmetro de 20cm e anel externo com diâmetro de 40cm). No exemplo os anéis foram cravados em uma depressão localizada na cota de fundo dos viveiros.

de 60 em 60 minutos, ou mesmo mais tempo se necessário), devem ser registradas as alterações no nível da água (Figura 7). A trincheira deve ser mantida sempre cheia, adicionando-se água periodicamente ao longo do teste de infiltração. A velocidade de infiltração básica (VIB) é obtida no momento em que as leituras da infiltração se estabilizam. Por exemplo, se após intervalos de 120 minutos a infiltração estabilizou em 1mm, a VIB será 1mm em duas horas, ou 0,5mm/h.

A infiltração de água no solo também pode ser quantificada utilizando o método dos anéis concêntricos. Dois anéis de ferro com altura ao redor de 25cm (um com 40cm e o outro com 20cm de diâmetro) são cravados no solo na posição que corresponderá à cota do fundo dos viveiros (Figura 8). Geralmente é necessário abrir uma trincheira no terreno. Os anéis são cravados no solo a uma profundidade ao redor de 8 a 10 cm, ficando o anel menor posicionado bem no centro do anel maior. O espaço entre o anel maior e o menor é preenchido com água, para induzir a formação de uma frente molhada no solo. Em seguida, é introduzida água dentro do anel menor. Uma régua é colocada no interior do anel menor e a infiltração (em milímetros) deve ser anotada a intervalos de tempo igualmente espaçados. Quando a infiltração estabilizar, é possível calcular a velocidade de infiltração básica (VIB) da água no solo.

Os testes de infiltração usando trincheiras, com ou sem o uso dos anéis concêntricos, também possibilitam avaliar a eficácia de estratégias para reduzir a infiltração de água no solo. O efeito da compactação do solo do fundo do viveiro, da incorporação de materiais argilosos (solos argilosos emprestados de outras áreas próximas ou a argila bentonita), do uso de dispersantes como a soda cáustica e o cloreto de sódio, da aplicação de adubos orgânicos (cama de frango e outros esterco animais; vinhaça; farelos vegetais), dentre outras estratégias. As estratégias para reduzir a infiltração de água no fundo dos viveiros serão discutidas com maiores detalhes nos artigos seguintes.

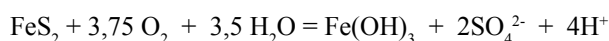
## Solos críticos

Diversos tipos de solos são inadequados à construção de viveiros, seja pela presença de rochas, pela alta permeabilidade e ou pela baixa estabilidade que proporciona aos diques. No entanto, este artigo dedica especial atenção a dois tipos de solos: os solos ácido-sulfáticos e os solos orgânicos (turfas).



Diversas áreas de mangues ou, mesmo em outros locais onde ocorre um acúmulo de material orgânico sob uma condição de encharcamento, podem apresentar solos ácido-sulfáticos. Estes solos têm origem com os depósitos de aluviões nas áreas de inundação. Nestas áreas há o desenvolvimento de uma densa vegetação e de florestas de mangue ou pântanos que favorece o acúmulo de material orgânico (raízes, folhas, frutos, galhos) em áreas freqüentemente encharcadas. A decomposição desse material orgânico no solo resulta no estabelecimento de condições de anaerobiose (ausência de oxigênio), nas quais as bactérias redutoras de enxofre se tornam abundantes. Estas bactérias produzem sulfetos, que se acumulam no solo na forma de H<sub>2</sub>S (gás sulfídrico) ou de dissulfeto de ferro (FeS<sub>2</sub>), que posteriormente forma o mineral ferro-pirita.

Enquanto o solo está encharcado não há problema algum. No entanto, quando estas áreas são limpas e drenadas para a construção de viveiros, o solo é exposto ao ar e ocorre a formação de ácido sulfúrico, que fará com que o pH do solo abaixe drasticamente. Assim, após a drenagem, este sedimento se torna um solo ácido-sulfático.



**A identificação de um solo ácido sulfático:** pode ser feita através do odor característico de ovo podre (gás sulfídrico - H<sub>2</sub>S) e pela leitura de um valor de pH abaixo de 4 em uma amostra do solo seco (100g de solo seco em 100ml de água destilada, fazendo a leitura com um peagâmetro).

O topo dos diques construídos com esse tipo de solo está continuamente exposto ao ar, levando à formação de ácido sulfúrico. Com a chuva sobre os diques, o ácido sulfúrico é lavado para dentro dos viveiros. Algumas medidas corretivas que podem ser tomadas são a calagem dos diques e a manutenção dos mesmos protegidos por gramíneas resistentes a solos ácidos.

Os viveiros construídos em solos ácido-sulfáticos necessitam de doses muito elevadas de calcário para a neutralização da acidez, ou então, devem passar por diversos enchimentos e drenagens para ficarem com uma água de pH mais adequado para a estocagem dos peixes e camarões. Evitar a exposição destes solos ao ar (ou seja, deixar os viveiros pouco tempo sem água) é uma medida mais eficaz do que ficar o tempo todo corrigindo a acidez com a aplicação de calcário.

Solos orgânicos são aqueles que possuem mais de 20% de carbono orgânico na matéria seca ou aqueles que apresentam mais da metade dos primeiros 80cm formados por solo orgânico. Esses solos são de reconhecimento fácil devido à coloração escura típica, ao forte odor de mofo e à presença e predomínio de um material orgânico fibroso no horizonte superficial. Os solos orgânicos apresentam baixa estabilidade e resistência ao deslizamento e não permitem uma boa compactação, não sendo, portanto, adequados para a construção de viveiros. As turfás são solos orgânicos que podem apresentar horizonte superficial orgânico com mais de um metro de profundidade. Construir viveiros sobre um solo com estas características é muito dispendioso e tecnicamente quase impossível, a não ser que seja feito o empréstimo de um solo mais adequado de outras áreas. Também há uma necessidade de remover a camada orgânica antes do início dos trabalhos de terraplenagem. ■

**As partes 2 e 3, continuação deste artigo, estarão nas duas próximas edições (números 73 e 74) e trarão os seguintes temas:**

### Parte 2 - Os viveiros e as estruturas hidráulicas

- O design da piscicultura e dos viveiros;
- Os trabalhos de terraplenagem (etapas e maquinário);
- Sistemas de abastecimento e drenagem;
- Bombas, filtros, monges e cachimbos;
- Caixas de despesca e manejo.

### Parte 3 - O aproveitamento da água e o manejo do solo

- Sistemas sem efluentes (reuso da água);
- Estratégias para reduzir a infiltração de água nos viveiros;
- Manejo do solo dos viveiros.

**SULPESCA**  
**Indústria e Comércio de Equipamentos para Piscicultura**

Macacão

Aeradores

Tanque-rede

Redes

LANÇAMENTO

CONFIRA NOSSOS PREÇOS

Tel./Fax: (45) 252-7680 - Tel (45) 252-8578  
E-mail: sulpesca@sulpesca.com.br  
http://www.sulpesca.com.br  
Toledo-PR