



INSTITUTO FEDERAL
Pará



Produção aquapônica

Uma experiência prática

IGOR BARTOLOMEU ALVES DE BARROS
CARLOS MIKAEL MOTA
ADRIANO ARAÚJO SILVA
ROGÉRIO RANGEL RODRIGUES
PAOLA BIANCA GOMES TABARANÃ FRANCO
ESAÚ AGUIAR CARVALHO
JULIANA DO NASCIMENTO FERREIRA
ROGER FRANZONI POZZER
RAIMUNDO NONATO C. CAMARGO JUNIOR
WELLIGTON CONCEIÇÃO DA SILVA

Produção Aquapônica: uma experiência prática

1ª Edição

Belém-PA
Instituto Federal do Pará | Campus Santarém
2022

Ficha Técnica

Cláudio Alex Jorge da Rocha

Reitor do IFPA

Elinilze Guedes Teodoro

Pró-Reitora de Ensino

Ana Paula Palheta Santana

Pró-Reitora de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação

Fabrizio Medeiros Alho

Pró-Reitor de Extensão

Danilson Lobato da Costa

Pró-Reitor de Administração

Fábio Dias dos Santos

Pró-Reitor de Desenvolvimento e Gestão de Pessoas

André Moacir Lage Miranda

Diretor Executivo

Vanessa Souza Álvares de Mello

Diretora de Planejamento e Desenvolvimento Institucional

Paulo Henrique Golçalves Bezerra

Diretor de Tecnologia da Informação

João Augusto Tavares Rodrigues

Assessor de Comunicação Social

Damião Pedro Meira Filho

Diretor Geral do IFPA Campus Santarém

Fabrizio Juliano Fernandes

Diretor de Ensino do IFPA Campus Santarém

Denise Maythe Silva Dos Santos

Diretora de Administração e Planejamento do IFPA Campus Santarém

Rogério Rangel Rodrigues

Coordenação de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação do IFPA Campus Santarém

Cemyra Diniz Nascimento

Coordenação de Extensão do IFPA Campus Santarém

Renata Lima Sabá Cardoso

Coordenação de Núcleo de Estágio do IFPA Campus Santarém

Edileusa Maria Lobato Pereira

Coordenadora da Assistência Estudantil do IFPA Campus Santarém

Luciano Gonçalves da Silva

Chefe de Setor de Ensino e Políticas Educacionais

Autores

Igor Bartolomeu Alves de Barros

Carlos Mikael Mota

Adriano Araújo Silva

Rogério Rangel Rodrigues

Paola Bianca Gomes Tabaranã Franco

Esaú Aguiar Carvalho

Juliana do Nascimento Ferreira

Roger Franzoni Pozzer

Raimundo Nonato C. Camargo Junior

Wellington Conceição da Silva

Revisão Técnica

Rondon Tatsuta Yamane Baptista de Souza

Revisão Ortográfica

Arlon Francisco Carvalho Martins

Diagramação

Hericley Serejo Santos

E-book desenvolvido pelo Projeto de Extensão

“Aquaponia: Difusão e Transferência de Tecnologia”, projeto aprovado no PROEXTENSÃO Edital 04/2020 da Pró-Reitoria de Extensão – PROEX do IFPA.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P964 Produção Aquapônica: uma experiência prática. / Igor Bartolomeu Alves de Barros ... [et. al] ; Revisão ortográfica Arlon Francisco Carvalho Martins ; Revisão técnica Rondon Tatsuta Yamane Baptista de Souza. – Santarém, PA: IFPA, 2022.
75 f. : il. color. Recurso eletrônico.

Desenvolvido pelo Projeto de Extensão – Aquaponia: Difusão e Transferência de Tecnologia”.

ISBN: 978-65-00-45330-0

Inclui bibliografia.

1. Aquaponia. 2. Sistema aquapônico – manejo prático 3. Sustentabilidade. I. Mota, Carlos Mikael. II. Silva, Adriano Araújo. III. Rodrigues, Rogério Rangel. IV. Franco, Paola Bianca Gomes Tabaranã. V. Carvalho, Esaú Aguiar. VI. Ferreira, Juliana do Nascimento. VII. Pozzer, Roger Franzoni. VIII. Camargo Junior, Raimundo Nonato Colares. IX. Silva, Wellington Conceição da. X. Instituto Federal do Pará. XI. Título.

CDD: 577.55

Autores e Autoras



Adriano Araújo Silva
Engenheiro Agrícola, engenheiro Florestal, especialista em Agroecologia e mestre em Ciências Florestais, professor do IFPA, Santarém, PA.



Carlos Mikael Mota
Zootecnista, mestre em Zootecnia, doutorando em Aquicultura (Universidade Nilton Lins / INPA), professor do IFPA, Santarém, PA.



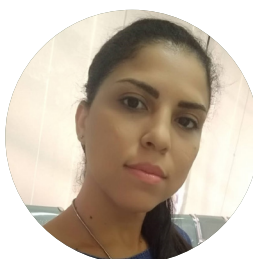
Esaú Aguiar Carvalho
Engenheiro Agrônomo, especialista em Nutrição e Alimentação Animal, mestre em Ciências Marinhas Tropicais, doutor em Biotecnologia, professor da UFC, Fortaleza, CE.



Igor Bartolomeu Alves de Barros
Engenheiro de Pesca, especialista em Geoprocessamento, mestre em Aquicultura, professor do IFPA, Santarém, PA.



Juliana do Nascimento Ferreira
Engenheira de Pesca, mestranda em Aquicultura (UFSC), Florianópolis, SC.



Paola Bianca Gomes Tabaranã Franco
Oceanógrafa, mestre em Biologia Ambiental, doutoranda em Aquicultura (Universidade Nilton Lins / INPA).



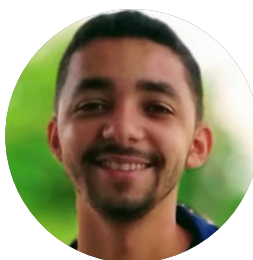
Raimundo Nonato C. Camargo Junior
Médico veterinário, mestre em Ciência Animal, professor do IFPA, Santarém, PA.



Roger Franzoni Pozzer
Engenheiro de Pesca, mestre em Aquicultura, professor do IFPA, Santarém, PA.



Rogério Rangel Rodrigues
Engenheiro Agrônomo, especialista em Agroecologia, mestre em Produção Vegetal, doutor em Recursos Hídricos, técnico do IFPA, Santarém, PA.



Welligton Conceição da Silva
Médico Veterinário, mestrando em Saúde e Produção Animal na Amazônia (UFRA), Belém, PA.

Apresentação

A presente publicação é fruto de uma jornada extensa que teve início em 2017, através do projeto “Produção sustentável de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e alface (*Lactuca sativa*) em Sistema Aquapônico”. Naquele momento, a equipe multidisciplinar de servidores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Campus Santarém, começou a desenvolver atividades de extensão para difusão da aquaponia como alternativa sustentável aos sistemas tradicionais de cultivo na região do Baixo Amazonas, Pará. Para tanto, foi montada uma unidade demonstrativa de aquaponia na própria instituição, onde foram proporcionados cursos e eventos direcionados a estudantes, produtores rurais e profissionais da área, além da execução de pesquisas.

De posse da experiência adquirida ao longo desse período e através do projeto intitulado “Aquapo-

nia: Difusão e transferência de tecnologia”, financiado pelo Programa de apoio à Extensão, Edital nº 04/2020 – PROEXTENSÃO 2020 IFPA, promoveu-se a criação da obra Produção Aquapônica: uma experiência prática!, que reúne informações gerais, com linguagem simples, direcionadas a produtores rurais, estudantes e técnicos interessados em sistemas de produção de aquaponia em pequena escala.

Nessa jornada em busca do saber, contaremos com a ajuda do professor Ribeiro. Ele irá apresentar todos os conceitos que serão necessários à implantação de um sistema aquapônico, bem como os aspectos relacionados ao planejamento da atividade, correto manejo dos animais e vegetais, qualidade da água, construção e montagem das estruturas inerentes ao sistema, e os cuidados higiênico-sanitários. Sendo assim, desejamos uma ótima leitura!



Olá, tudo bem?

Sou o professor Ribeiro!

Convido-o(a) para juntos
conhecemos o sistema aquapônico
e seu manejo prático.



Sumário

1 CONHECENDO O SISTEMA AQUAPÔNICO	10
1.1 Entendendo a aquaponia	10
1.2 Interações biológicas do sistema	11
1.3 Componentes do sistema aquapônico	12
1.4 Vantagens e desvantagens do sistema aquapônico	14
 2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA AQUAPÔNICO	 17
2.1 Conceitos básicos do dimensionamento	17
2.2 Métodos de dimensionamento	17
2.3 Dimensionamento do sistema de filtragem	18
2.3.1 Decantador	18
2.3.2 Biofiltro	19
 3 CONSTRUINDO UM SISTEMA AQUAPÔNICO	 21
3.1 Casa de vegetação	21
3.1.1 Materiais utilizados na construção da casa de vegetação	23
3.1.2 Etapas para a construção da casa de vegetação	25
3.1.3 Outros aspectos da construção da casa de vegetação	33
3.1.3.1 Tipos de casa de vegetação	33
3.1.3.2 Orientação leste-oeste	33
3.1.3.3 Uso de cortinamento	34
3.1.3.4 Alternativas para redução de custo	34
3.2 Sistema aquapônico	35
3.2.1 Construção do tanque	35
3.2.2 Montagem do sistema de filtragem	42
3.2.2.1 Decantador	42
3.2.2.2 Biofiltro	42
3.2.3 Montagem das bancadas de cultivo vegetal	45
 4 QUALIDADE DE ÁGUA NA AQUAPONIA	 48
4.1 Temperatura da água	48
4.2 pH e alcalinidade	49
4.3 Oxigênio dissolvido	51
4.4 Amônia, nitrito e nitrato	52
 5 MANEJO DE PRODUÇÃO ANIMAL	 55
5.1 Aquisição, recepção e aclimação dos animais	55

5.2 Densidade de estocagem ideal	56
5.3 Biometria	57
5.4 Arraçoamento	59
6 MANEJO NA PRODUÇÃO VEGETAL	64
6.1 Aquisição e conceitos de produção de mudas	65
6.2 Qualidade da água e adubação suplementar	65
6.3 Pragas, doenças e profilaxia	67
7 CUIDADOS HIGIÊNICO-SANITÁRIOS	70
7.1 Higiene pessoal	70
7.2 Utilização de pedilúvio na entrada da casa de vegetação	70
7.3 Desinfecção dos equipamentos	71
7.4 Desinfecção das bancadas de cultivo vegetal e tanques de peixes	72
REFERÊNCIAS	74



1. Conhecendo o Sistema Aquapônico

1 CONHECENDO O SISTEMA AQUAPÔNICO

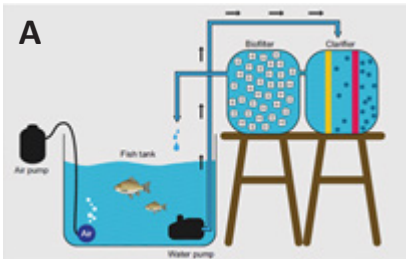
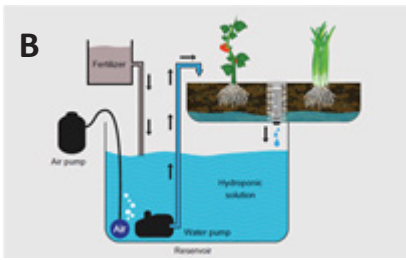
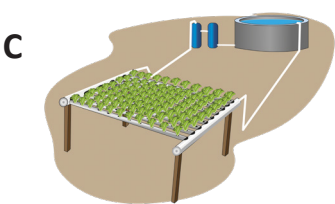
1.1 Entendendo a aquaponia

Você sabe o que é Aquaponia?

Aquaponia é uma atividade de produção de alimentos que permite cultivar diferentes tipos de vegetais em ambientes sem o uso de solo (hidroponia), de forma integrada à criação de animais aquáticos (aquicultura).

Para melhor entendimento, observe o Quadro 1.

Quadro 1 - Definições sobre aquicultura, hidroponia e aquaponia.

TERMOS	DESCRIÇÃO	IMAGEM
AQUICULTURA	Criação de organismos aquáticos (peixes, camarões, quelônios etc.). Hoje, existem criações intensivas de peixes com a reutilização da água após tratamentos mecânicos e biológicos (sistemas de recirculação).	
HIDROPONIA	Técnica agrícola em que plantas são cultivadas sem o uso de solo, sendo a nutrição feita por meio de uma solução aquosa, que contém os nutrientes essenciais para o seu crescimento.	
AQUAPONIA	Atividade que integra a produção de peixes e plantas em um ambiente simbiótico em que os resíduos dos peixes são utilizados como nutrientes pelas plantas. Integração da Aquicultura e Hidroponia!	

Imagens (A) e (B): Somerville et al. (2014); (C): Os autores.

ATENÇÃO!

A aquaponia é caracterizada como um sistema intensivo de produção em recirculação de água. Neste modelo, estima-se uma economia de até 95% de água quando comparado a sistemas tradicionais de cultivo, proporcionando uma redução significativa da descarga de efluentes no ambiente.



1.2 Interações biológicas do sistema

Como você já sabe, a aquaponia permite o cultivo de vegetais e peixes de forma integrada. Mas como isso é possível? Neste tópico, iremos abordar os princípios biológicos envolvidos com o bom funcionamento do sistema!

Na aquaponia a ração fornecida aos peixes é a fonte de nutrientes mais importante para o sistema, pois, ao se alimentarem, os animais produzem excretas que são convertidas em componentes absorvíveis pelas plantas. Para que esse processo ocorra, interações biológicas das bactérias nitrificantes dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* são necessárias, uma vez que elas conseguem converter a amônia (NH_3^+), componente tóxico produzido pelos peixes, em nitrito (NO_2^-) e este em nitrato (NO_3^-), sendo este último aproveitável para o desenvolvimento das plantas (Figura 1).

Figura 1 - Interações biológicas no sistema de aquaponia



Salientamos que o nitrato, componente de baixa toxicidade, produzido pela quebra da amônia por bactérias nitrificantes, é altamente assimilável pelas plantas, contribuindo positivamente para o atendimento da exigência de nitrogênio, nutriente mais requisitado pelos vegetais!



ATENÇÃO!

Para que o sistema consiga um bom desempenho produtivo, duas informações essenciais devem ser aprendidas:

- A colonização do sistema por bactérias nitrificantes demora entre 20 e 40 dias, podendo ser agilizado com adição de água notadamente rica desses microrganismos (de um biofiltro já



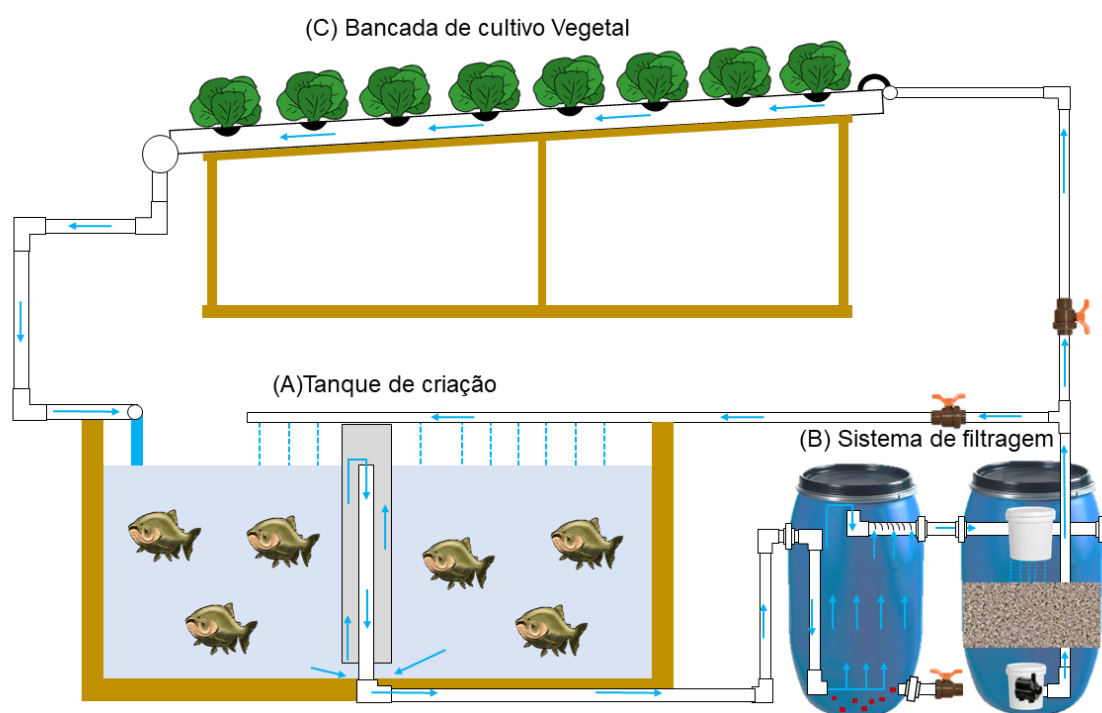
colonizado) ou por meio de inóculos comerciais.

- Não é possível o uso de agrotóxicos para controle de pragas no cultivo vegetal. Como o sistema é integrado, tal manejo poderá ocasionar a morte dos peixes e das bactérias nitrificantes, comprometendo o sistema como um todo.

1.3 Componentes do sistema aquapônico

Para que seu sistema apresente um correto funcionamento, é necessário compreender os vários elementos que o compõe. Neste tópico, iremos conhecer a estrutura básica de um sistema aquapônico com ambiente de cultivo vegetal em canaletas (Figura 2) e a importância de cada componente (Quadro 2).

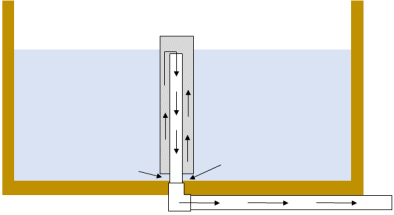
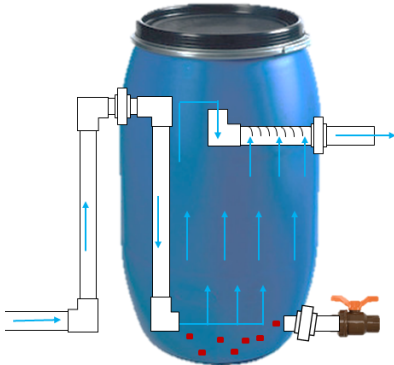
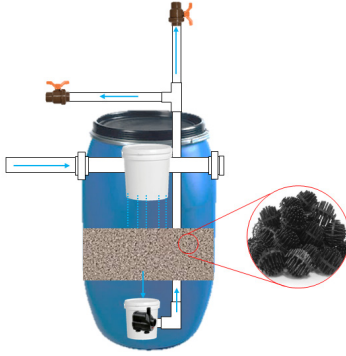
Figura 2 - Sistema aquapônico em ambiente de cultivo em canaletas ou NFT (Nutrient Film Technique). Onde: (A) tanque de criação animal; (B) sistema de filtragem, composto por um decantador e um bio-filtro; (C) ambiente de cultivo vegetal.



Quadro 2 - Componentes do sistema aquapônico no modelo de cultivo em canaletas.

ITEM	IMAGEM	DESCRIÇÃO
TANQUE DE CRIAÇÃO		O tanque serve para o armazenamento da água, onde os peixes serão confinados e alimentados. Como nem sempre os animais consomem toda a ração oferecida e ao mesmo tempo excretam fezes e amônia, podemos dizer que eles “adu-

Cont. do Quadro 2 - Componentes do sistema aquapônico no modelo de cultivo em canaletas.

TANQUE DE CRIAÇÃO		“bam” a água do tanque que será utilizada pelos vegetais cultivados no sistema.
DECANTADOR OU FILTRO MECÂNICO		O decantador é responsável por reter sólidos em excesso (fezes e sobras de ração). Salienta-se que esse acúmulo de sólidos pode ser utilizado para adubação de solos na agricultura tradicional.
BIOFILTRO OU FILTRO BIOLÓGICO		Os peixes produzem uma substância chamada de amônia (NH_3), composto tóxico que precisa ser retirado do sistema. O biofiltro consegue fazer com que as bactérias nitrificantes cresçam em grande quantidade e consigam transformar a amônia em nitrato. Este último é a forma que os vegetais conseguem absorver em grande quantidade para seu desenvolvimento.
MÍDIAS FILTRANTES OU BIOMÍDIAS OU MÍDIAS BIOLÓGICAS		São pequenas estruturas utilizadas como espaço para proliferação das bactérias nitrificantes, que vão fazer todo o processo de transformação da amônia em nitrato. Existem vários tipos de mídia biológica disponíveis no mercado, como as Bioballs®, por exemplo.
	São variados os ambientes de cultivo vegetal na Aquaponia. Porém, nessa publicação, abordaremos com maior enfoque o cultivo em canaletas (NFT), como observado na imagem ao	

Cont. do Quadro 2 - Componentes do sistema aquapônico no modelo de cultivo em canaletas.

AMBIENTE DE CULTIVO VEGETAL



lado. Essa estrutura consiste em uma bancada feita de madeira, ou outro material, onde são colocadas tubulações perfuradas em que as plantas são alojadas e suas raízes ficam parcialmente submersas em água rica em nutrientes, advindos dos tanques de cultivo de pescado. É o modelo mais usual, devido a facilidade no momento do manejo dos vegetais.

Você já entendeu um pouco sobre os componentes do sistema aquapônico.

Agora, vamos compreender o percurso que a água faz dentro dele.

1. A água passa inicialmente pelo tanque de criação de peixes, onde é fertilizada, e se torna rica em nutrientes;
2. Depois é direcionada ao decantador, onde ocorre a sedimentação do excesso de sólidos que podem prejudicar os vegetais;
3. Em seguida, a água vai para o Bio-

filtro, onde ocorre a transformação da amônia tóxica em nitrato.

4. Após isso, a água seguirá para o ambiente de cultivo vegetal, onde as plantas absorverão os nutrientes disponíveis.
5. E por fim, a água, já purificada, retorna para o tanque de criação de peixes, fechando assim o ciclo dela no sistema.

1.4 Vantagens e desvantagens do sistema aquapônico

Como analisamos anteriormente, o sistema aquapônico apresenta muitas características que podem enquadrá-lo como uma atividade sustentável, sendo um sistema que possibilita a produção de alimentos com menor uso de recursos naturais (água, terra e nutriente), garantindo ao mesmo tempo emprego e renda para o produtor.

Além disso, veja outras vantagens inerentes ao sistema aquapônico, bem como algumas limitações!

VANTAGENS

- Máximo aproveitamento da ração;
- Maior eficiência no uso da água;
- Aproveitamento de áreas impróprias à agricultura tradicional;
- Produção de vegetais sem uso de agrotóxicos;
- Produção em áreas áridas e semiáridas;
- Produção em áreas urbanas e periurbanas;
- Diversificação na produção de alimentos;
- Alta produtividade de peixes e plantas.

DESVANTAGENS

- Elevado custo de implantação;
- Dependente de energia elétrica de qualidade;
- Necessidade de mão de obra especializada.





2. Dimensionamento do Sistema Aquapônico

2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA AQUAPÔNICO

2.1 Conceitos básicos do dimensionamento

Antes de começarmos a fazer as contas, precisamos saber de alguns parâmetros recomendados para dimensionamento da aquaponia. São eles: tipo de planta, taxa de alimentação por metro quadrado de bancada vegetal e densidade de estocagem dos peixes.

- O termo **Tipo de planta**, refere-se à necessidade nutricional do vegetal, ou seja, se é pouco ou muito exigente em termos de nutrientes.
- **Taxa de alimentação**, é a medida em gramas de ração/dia na alimentação dos peixes, capaz de manter um metro quadrado de área de cultivo vegetal.
- A **Densidade de estocagem de peixes**, refere-se ao peso dos peixes distribuído em uma unidade de volume (kg/m^3 , por ex.), lembrando que 1m^3 é igual a 1.000 litros de água. Recomenda-se não superar a quantidade de 20 kg de peixes/ m^3 , pois acima disso afetamos negativamente o bem-estar dos animais.

Como as exigências nutricionais mudam conforme o tipo de vegetal e isso influencia a taxa de alimentação, seguiremos as recomendações do Quadro 3, para os cálculos de dimensionamento a seguir.

Quadro 3 - Taxa de alimentação e densidade de plantas por m^2 baseado nas exigências nutricionais de vegetais folhosos e frutíferos.

Variáveis	Categoria de plantas	
	*Folhosas	**Frutífera
Exigência nutricional	Baixa	Elevada
Ração/ m^2/dia	40-50g	50-80g
Plantas/ m^2	20-25	4-8

*Alface, manjeriço, agrião, rúcula etc.; **Tomate, pepino, morango, pimenta etc.

Fonte: Somerville et al. (2014).

2.2 Métodos de dimensionamento

Antes de iniciarmos os cálculos, você precisará desconsiderar, do espaço disponível para sua aquaponia, tudo o que será usado para corredores, tanques, entrada e saída de pessoas ou veículos, enfim, tudo o que não for área de cultivo.

MÉTODO 1 - PELA ÁREA DISPONÍVEL

Neste exemplo, dimensionaremos uma aquaponia de pequena escala em uma casa de vegetação de $49,5 \text{ m}^2$ de área total, sendo 5,5 m de largura e 9 m de comprimento. Após desconsiderarmos as áreas de circulação, tanques de peixes e tanques de filtragem, sobraram 17 m^2 para o cultivo vegetal.

Plantaremos alfaces com taxa de alimentação de 50 g de ração/dia/m². Para saber a necessidade de ração para atender essa produção, basta multiplicar:

$$17 \text{ m}^2 \times 50 \text{ g ração/dia} = 850 \text{ g de ração por dia}$$

Consideremos que os peixes irão consumir por dia, em média, 2% ($2/100 = 0,02$) do seu peso vivo em ração. Nesse sentido, para determinarmos o peso total de peixes no sistema, façamos assim:

$$850 \text{ g/dia} \div 0,02 = 42.500 \text{ g ou } 42,5 \text{ kg de peixes}$$

Para determinação do volume de água do tanque de cultivo animal, utilizaremos a densidade máxima de estocagem recomendada, 20 kg de peixes por m³:

$$42,5 \text{ kg de peixes} \div 20 \text{ kg/m}^3 = 2,125 \text{ m}^3 \text{ ou } 2.125 \text{ litros}$$

Para a estocagem das plantas no sistema, deve-se atentar para o tempo de crescimento delas e espaçamento entre as mesmas. A alface, após a muda formada, demora 4 semanas e precisa de 20 cm entre plantas (25 plantas/m²), como regras de tempo e crescimento, respectivamente. Se tivermos 17 m² de área total, **podemos estocar 425 pés de alface**.

Se elas crescem em 4 semanas e queremos fazer uma colheita semanal, conseguiremos colher aproximadamente 107 cabeças de alface por semana, o que significa que precisamos plantar 107 mudas semanalmente.

MÉTODO 2 - PELA COLHEITA SEMANAL

Às vezes queremos saber se o sistema vai ser lucrativo, por isso é bom começarmos com a produtividade necessária. Em nosso caso, queremos colher 107 cabeças de alface por semana.

A cada 4 semanas colhemos um pé adulto, e se queremos colher 107 pés toda semana, nossa área de cultivo deve produzir **425 pés de alface** (4×107).

Essas alfaces precisam ficar a 20 cm de distância entre si, para que cresçam adequadamente. Por isso, precisamos de **17 m² de área** ($425 \times 0,04 \text{ m}^2$).

Sabendo do tamanho disponível, basta seguir as instruções da última seção!

2.3 Dimensionamento do sistema de filtragem

2.3.1 Decantador

Como regra geral o decantador deverá apresentar de 10 a 30% do volume total do tanque de criação dos peixes, variando de acordo com a densidade de produção. No caso apresentado acima, deveríamos ter um decantador de no mínimo 212,5 litros.

2.3.2 Biofiltro

A eficiência do sistema de biofiltração está relacionado a dois fatores específicos: ao volume de ração fornecido aos animais diariamente e à área de superfície disponível do material escolhido para colonização das bactérias, sendo que este último varia muito conforme o material (consultar antes da compra).

Em média, 1 kg de ração gera aproximadamente uma carga de 300 g de sólidos totais e um aporte de 30 g de amônia no sistema.

- Portanto, os 850 g de ração/dia geram: 255 g de sólidos totais e 25,5 g de amônia/dia. Os sólidos são removidos nos decantadores e filtros mecânicos. A amônia será oxidada a nitrato no biofiltro.

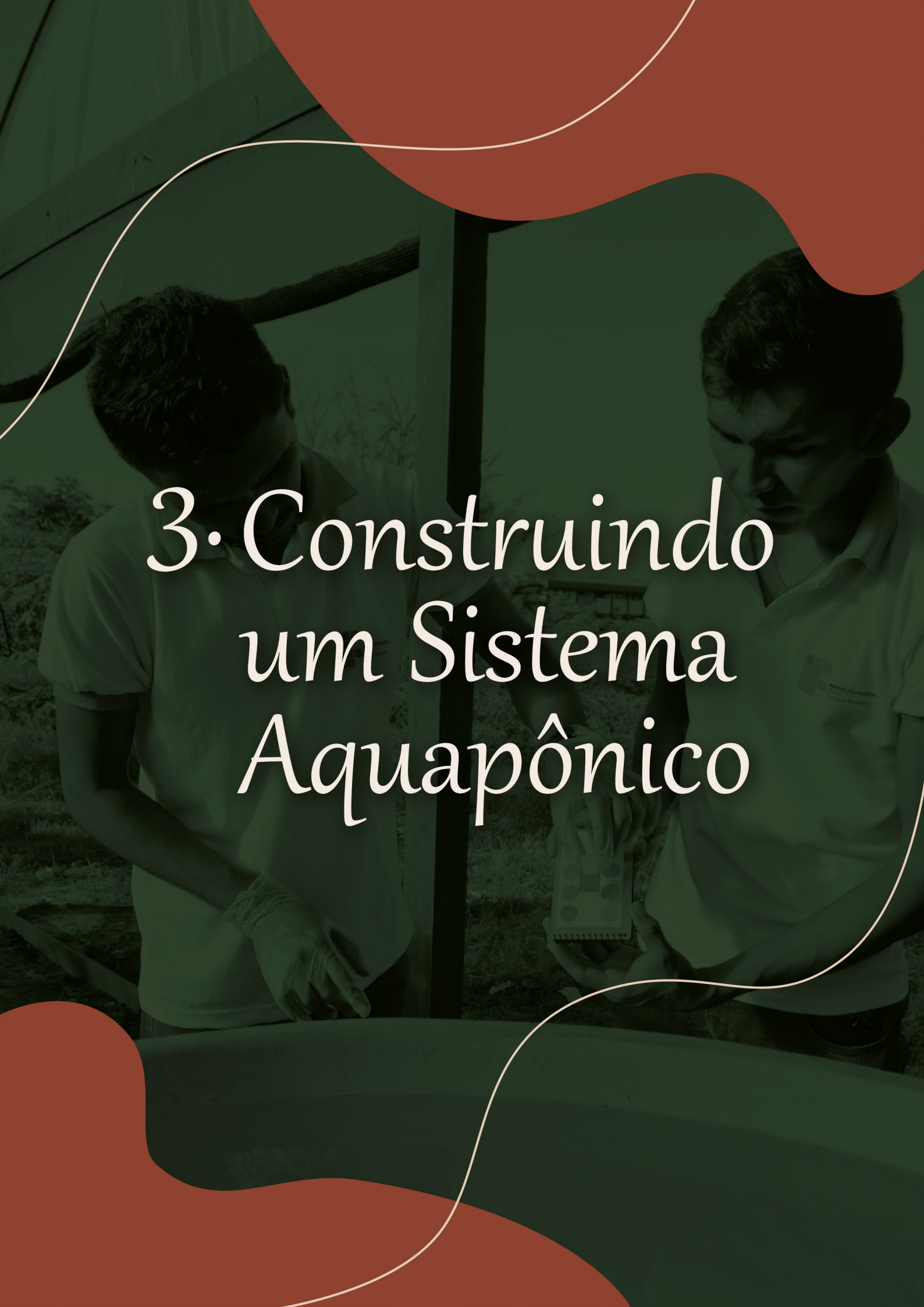
- As biomédias removem 0,3 g de amônia/m²/dia. Assim, a área mínima desse material no biofiltro deve ser de **85 m²** (25,5 g / 0,3 g). Um substrato de esferas plásticas (Bioballs®) de 3 mm tem área específica de 1.690 m²/m³. Se usado no biofiltro, o volume de esferas plásticas deverá ser de 0,0503 m³ (85 m² ÷ 1.690 m²/m³), ou seja **50,3 litros de Bioballs®**.

Através das publicações ao lado, você poderá obter maiores informações sobre dimensionamento de sistemas de biofiltração.

PUBLICAÇÕES

Para mais detalhes sobre os cálculos utilizados para estimar a quantidade de mídia no biofiltro, consulte os materiais listados abaixo (**clique nas imagens**).



The background image shows two young men in white polo shirts working on an outdoor project. One student is wearing a white glove and holding a small, rectangular, light-colored object with several circular holes, possibly a filter or a component of an aquaponics system. The other student is looking down at the object. They are standing in front of a wooden structure, possibly a raised bed or a frame for a system. The image is overlaid with a dark green semi-transparent layer and decorative red and white wavy shapes at the top and bottom.

3. Construindo um Sistema Aquapônico

3 CONSTRUINDO UM SISTEMA AQUAPÔNICO



Olá! Neste capítulo, abordaremos a construção completa de um sistema aquapônico, baseado no correto dimensionamento das instalações, conforme mostrado no capítulo anterior.

3.1 Casa de vegetação

Inicialmente, vocês irão aprender a construir uma casa de vegetação para o seu sistema. No entanto, antes disso, veremos algumas vantagens da utilização dessa estrutura.

VANTAGENS

- Protege contra pragas e doenças;
- Protege a produção contra o ataque de animais;
- Permite o cultivo fora de época.
- Proteção contra fatores climáticos extremos:
 - Excesso de luminosidade;
 - Chuvas intensas;
 - Ventos fortes.

Abaixo, estão detalhados alguns fatores que podem prejudicar o cultivo aquapônico e como a casa de vegetação pode ser útil para evitá-los!



Pragas

Para proteção contra pragas (Insetos), deve-se utilizar telas tipo sombrite (50% de luminosidade) que servem como barreiras maiores para borboletas, besouros e grilos. Já para insetos menores como pulgão, tripses e mosca branca, existe a opção do uso de tela antiafídica (25 mesh).



Excesso de luminosidade

O excesso de luz poderá, também, ser controlado com o uso de tela tipo sombrite, com malha de 50% de luminosidade, onde a mesma poderá ser colocada forrando a casa de vegetação.



Ventos fortes

O sombrite poderá, também, controlar o excesso de ventos. Em lugares com ventos muito fortes, outra maneira de controle é a utilização de árvores como barreiras naturais “quebra vento”.

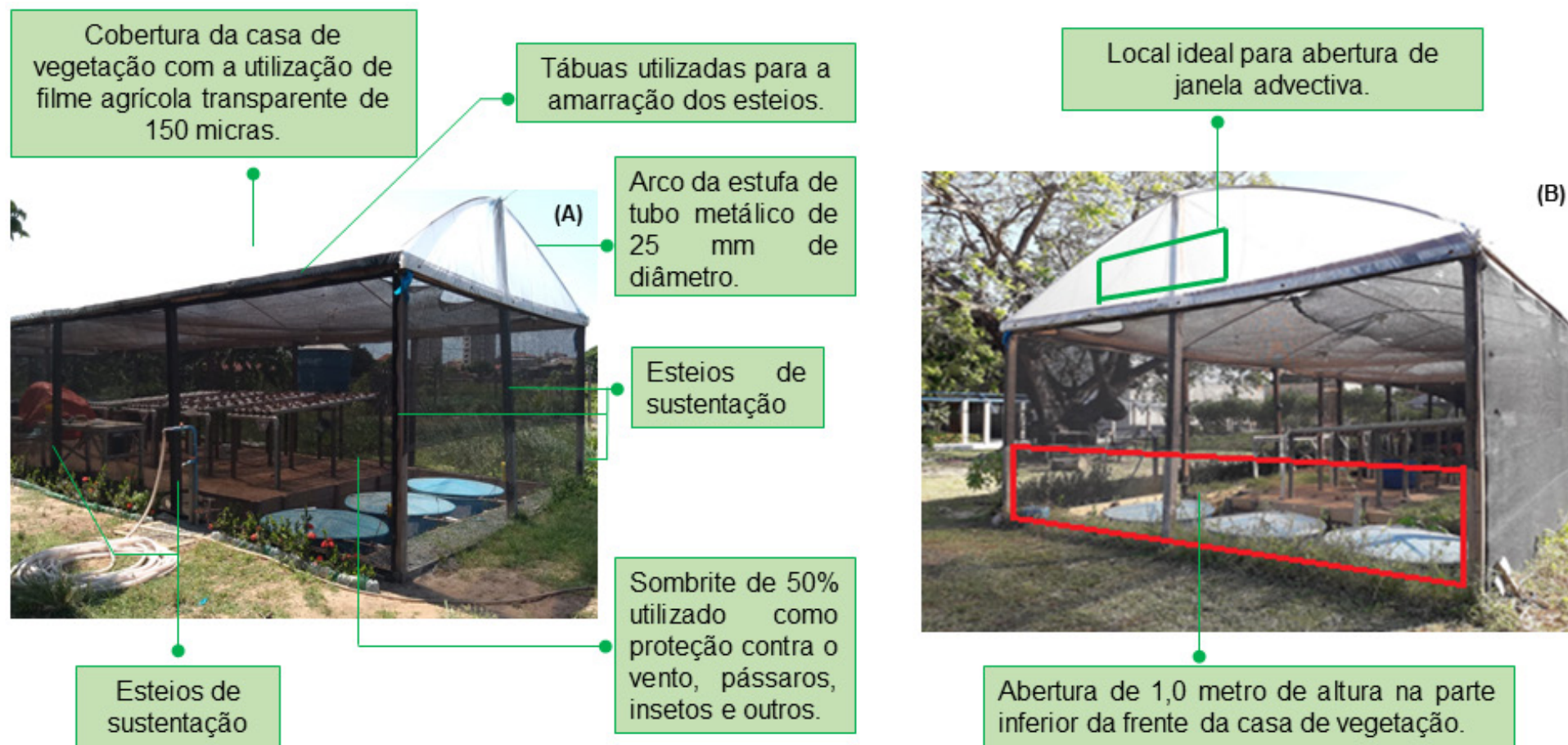


Chuvas

A chuva intensa, quando em contato com o vegetal cultivado pode causar danos irreparáveis em sua estrutura. Contra esse tipo de intemperismo, a própria casa de vegetação protegerá o cultivo.

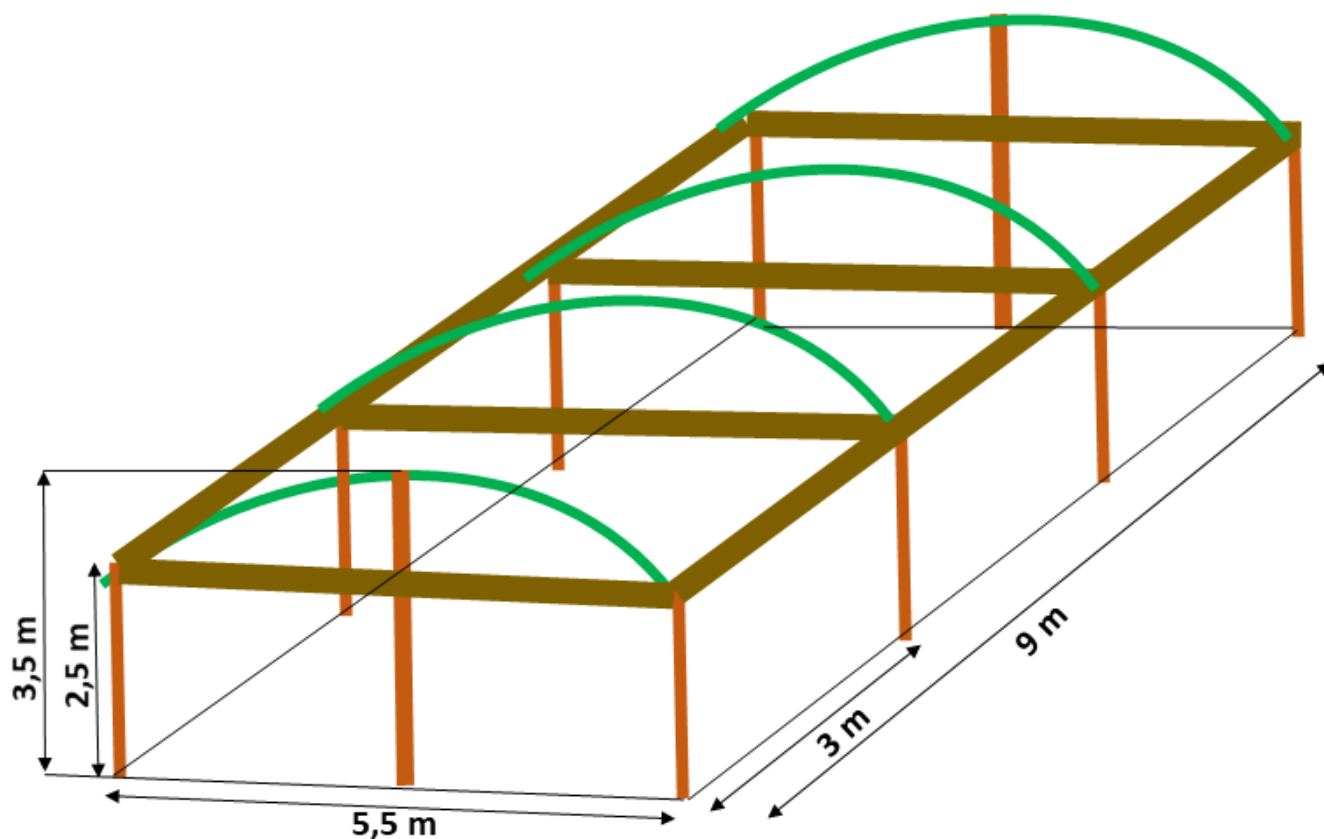
Além do exposto acima, a casa de vegetação também protege o ambiente de criação dos peixes. Com a alocação de sombrite (50% de luminosidade) na porção superior da estufa, evita-se a elevação acentuada da temperatura da água dos tanques. Na imagem abaixo (Figura 3), apresenta-se um exemplo de uma casa de vegetação e os elementos necessários para sua construção.

Figura 3 - Principais elementos que compõe a casa de vegetação de produção agrícola, a qual servirá de proteção para o sistema aquapônico. (A) estão indicados a cobertura, sombrite 50%, arco da casa de vegetação, tábuas e esteios; (B) janela adjectiva e abertura na frente da casa de vegetação.



Depois de saber todos os elementos da casa de vegetação, agora você vai aprender a construir essa estrutura. A Figura 4 representa uma unidade com 5,5 metros de largura e 9 metros de comprimento (49,5 m² de área), com modelo de “teto em arco”, sem janelas advectivas.

Figura 4 - Características construtivas de uma casa de vegetação para o sistema aquapônico.



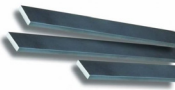
3.1.1 Materiais utilizados na construção da casa de vegetação

Observe no Quadro 4 a listagem e a quantidade de todos os materiais que serão utilizados na construção, com dimensões referentes à da Figura 4. Caso haja a intenção de construir uma casa de vegetação maior, recomendamos que consulte um técnico capacitado!

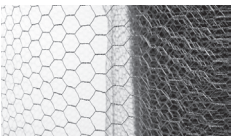
Quadro 4 - Materiais necessários à construção de uma casa de vegetação agrícola de 49,5m² (5,5x9 m), utilizada no sistema aquapônico.

ITEM	IMAGEM	QUANTIDADE E DESCRIÇÃO
1		10 esteios de madeira, de boa durabilidade em condições de sol e chuva, com 0,1 x 0,1 x 6 metros de altura, largura e comprimento, respectivamente. Estes serão utilizados para sustentação da casa de vegetação.

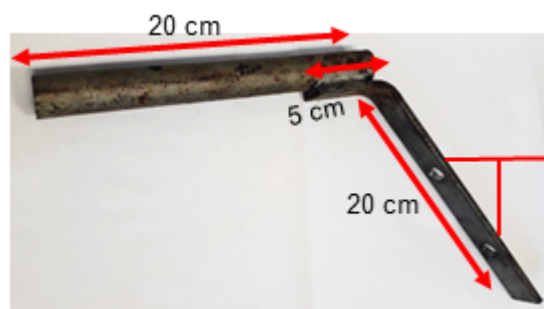
Cont. do Quadro 4 - Materiais necessários à construção de uma casa de vegetação agrícola de 49,5m² (5,5x9 m), utilizada no sistema aquapônico.

ITEM	IMAGEM	QUANTIDADE E DESCRIÇÃO
2		10 tábuas (ripões) de madeira de boa durabilidade com resistência à tração, possuindo 2,5 cm de altura x 10 cm largura x 6 metros de comprimento, que serão utilizadas para sustentação e amarração da casa de vegetação.
3		12 metros de filme agrícola de 8 metros de largura (150 ou 200 micras), que será usado para cobrir o teto.
4		48 metros de tela sombrite (50%) de três metros de largura, que será usado nas laterais e forro.
5		48 metros de fio de aço inox de 0,38 mm, ou 0,5 kg, usado para reforçar a cobertura e a lateral.
6		½ vara (3 m) de ferro chato, de metal, de ¾ polegada de largura que será usada para confecção dos suportes dos arcos.
7		1/2 kg de prego com cabeça e dimensões de 2 x 11 (POL x BWG).
8		8,5 metros de barras em rosca de 10 mm; 44 porcas de 10 mm; e 44 arruelas lisas M10. Serão usados para fixar os esteios às tábuas.
9		½ tubo de metal (3 m) de 20 mm de diâmetro, para confecção do suporte metálico do arco.
10		6 tubos metálicos de 25 mm de diâmetro, com 6 m de comprimento para confecção da estrutura do teto.

Cont. do Quadro 4 - Materiais necessários à construção de uma casa de vegetação agrícola de 49,5m² (5,5x9 m), utilizada no sistema aquapônico.

ITEM	IMAGEM	QUANTIDADE E DESCRIÇÃO
11		200 g de fio de nylon torcido, de boa espessura, utilizada sobre a lona no teto, para evitar que ela balance com a força do vento.
12		Duas caixas de grampos para madeira com 2.500 grampos cada, utilizados para fixação do filme agrícola e sombrite na casa de vegetação.
13		11 metros de tela (pinteiro), 1", de 1 metro de largura, para construção da abertura inferior da casa de vegetação.

Dos materiais acima citados, o “tubo metálico de 20 mm” e a “placa de ferro chato” serão utilizados para confecção do “suporte do arco da casa de vegetação”, que tem a função de fixar o arco nos esteios de madeira. O suporte de metal deve ser construído conforme as dimensões e características da ilustração abaixo:



Furos para fixação do suporte nos esteios da estufa.

O suporte é confeccionado com um tubo de 20 mm de diâmetro, com 20 cm de comprimento, sendo soldado em uma chapa metálica de 2,2 cm de largura por 2,5 mm de espessura e 25 cm de comprimento. A chapa deve apresentar dois furos de 11 mm, onde serão fixados os parafusos, para fixação na parte superior dos esteios e nas tábuas.

Observação: A chapa metálica deverá apresentar uma inclinação de 45°, suficiente para obter uma boa curvatura do arco do teto!

3.1.2 Etapas para a construção da casa de vegetação

De posse de todos os materiais, vamos agora mostrar o passo a passo para a construção!



1º PASSO

2º PASSO

3º PASSO

4º PASSO

5º PASSO

6º PASSO

7º PASSO

8º PASSO

ESCOLHA DA ÁREA

Na aquaponia, por se tratar de um sistema de produção que não necessita de solo para produção vegetal, a escolha da área torna-se mais fácil. Entretanto, alguns critérios devem ser levados em consideração.

Critérios para escolha da área de instalação da aquaponia

- Disponibilidade de água de qualidade;
- Suave inclinação do terreno;
- Solo com boa drenagem;
- Possibilidade de posicionamento da casa de vegetação no sentido que permita maior tempo de exposição à luminosidade natural (orientação leste-oeste).

1º PASSO

2º PASSO

3º PASSO

4º PASSO

5º PASSO

6º PASSO

7º PASSO

8º PASSO

LIMPAR O TERRENO

A limpeza da área se faz necessária, uma vez que facilita as próximas etapas da construção. Nessa fase, o produtor deverá fazer a supressão da vegetação, troncos de árvores e qualquer outro objeto que dificulte as próximas etapas, conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5 - Limpeza de área para a implantação da casa de vegetação e demais estruturas do sistema aquapônico. Onde: (A) área não limpa; (B) área limpa de vegetação e entulhos.



1º PASSO

2º PASSO

3º PASSO

4º PASSO

5º PASSO

6º PASSO

7º PASSO

8º PASSO

DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE CONSTRUÇÃO DA CASA DE VEGETAÇÃO

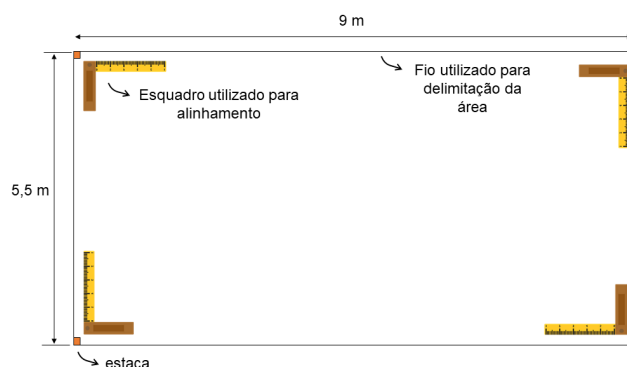
A delimitação da área para construção da estufa está detalhada abaixo.

1º - Marcação área



Deve-se medir os locais onde serão escavados os buracos para posicionar os esteios de sustentação da casa de vegetação, levando em consideração as dimensões de 5,5 e 9 metros de largura e comprimento, respectivamente.

2º - Esquadramento



Para o correto dimensionamento e alinhamento do local da casa de vegetação, no momento das marcações, deve-se utilizar uma trena, fio de nylon e um esquadro, conforme ilustrado acima.

1º PASSO

2º PASSO

3º PASSO

4º PASSO

5º PASSO

6º PASSO

7º PASSO

8º PASSO

ALOCAR E ALINHAR OS ESTEIOS

Após marcar os locais de posicionamento dos esteios, com o auxílio de uma “draga”, escave buracos com aproximadamente 1,5 metros de profundidade para fixação dos mesmos no solo. Em seguida, alinhe-os na vertical com auxílio de um nível de bolha. Para melhor entendimento, observe a sequência abaixo (Quadro 5).

Quadro 5 - Etapas para alocação dos esteios, laterais e centrais, da casa de vegetação agrícola.

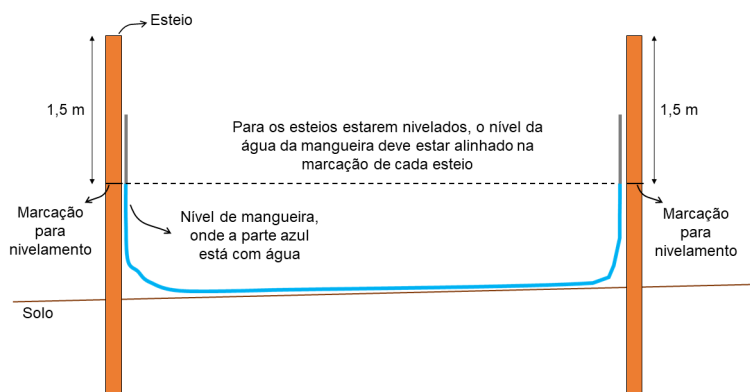
ETAPA	IMAGEM	DESCRIÇÃO
DIMENSIONAMENTO DA ESTUFA		Conforme ilustrado ao lado, os esteios devem possuir as alturas: Esteios laterais: 2,5 metros; Esteios centrais: 3,5 metros; Os esteios devem estar enterrados a 1,5 metros de profundidade.

Cont. do Quadro 5 - Etapas para alocação dos esteios, laterais e centrais, da casa de vegetação agrícola.

ETAPA	IMAGEM	DESCRIÇÃO
ESCAVAÇÃO		Escavação dos “buracos”, com o auxílio de uma draga, “boca de lobo” ou cavadeira.
ALOCÇÃO DOS ESTEIOS		Esteios desalinhados e já posicionados. Deve-se alinhá-los perfeitamente na vertical e pô-los no mesmo nível.
ALINHAMENTO		Alinhamento dos esteios sendo realizado com auxílio de um “nível de bolha”.
NIVELAMENTO		Para garantir que os esteios estejam no mesmo nível, pode-se utilizar um “nível de mangueira”. Para tal, escolhe-se um esteio alinhado e com as dimensões corretas de altura. Em seguida, coloca-se no mesmo nível os demais esteios já alinhados (Figura 6).
AVERIGUAÇÃO		Após o nivelamento, os esteios devem permitir a correta amarração das tábuas, o que apenas será possível se estiverem no mesmo nível e alinhados corretamente na vertical.

Além do que foi mostrado anteriormente, deve-se ter atenção para a durabilidade da madeira que está sendo utilizada na construção, uma vez que ela está sujeita ao ataque de cupins. Sendo assim, uma alternativa bastante corriqueira está atrelada ao uso de óleo queimado nessa estrutura.

Figura 6 - Nivelamento dos esteios da casa de vegetação agrícola, utilizando mangueira de nível

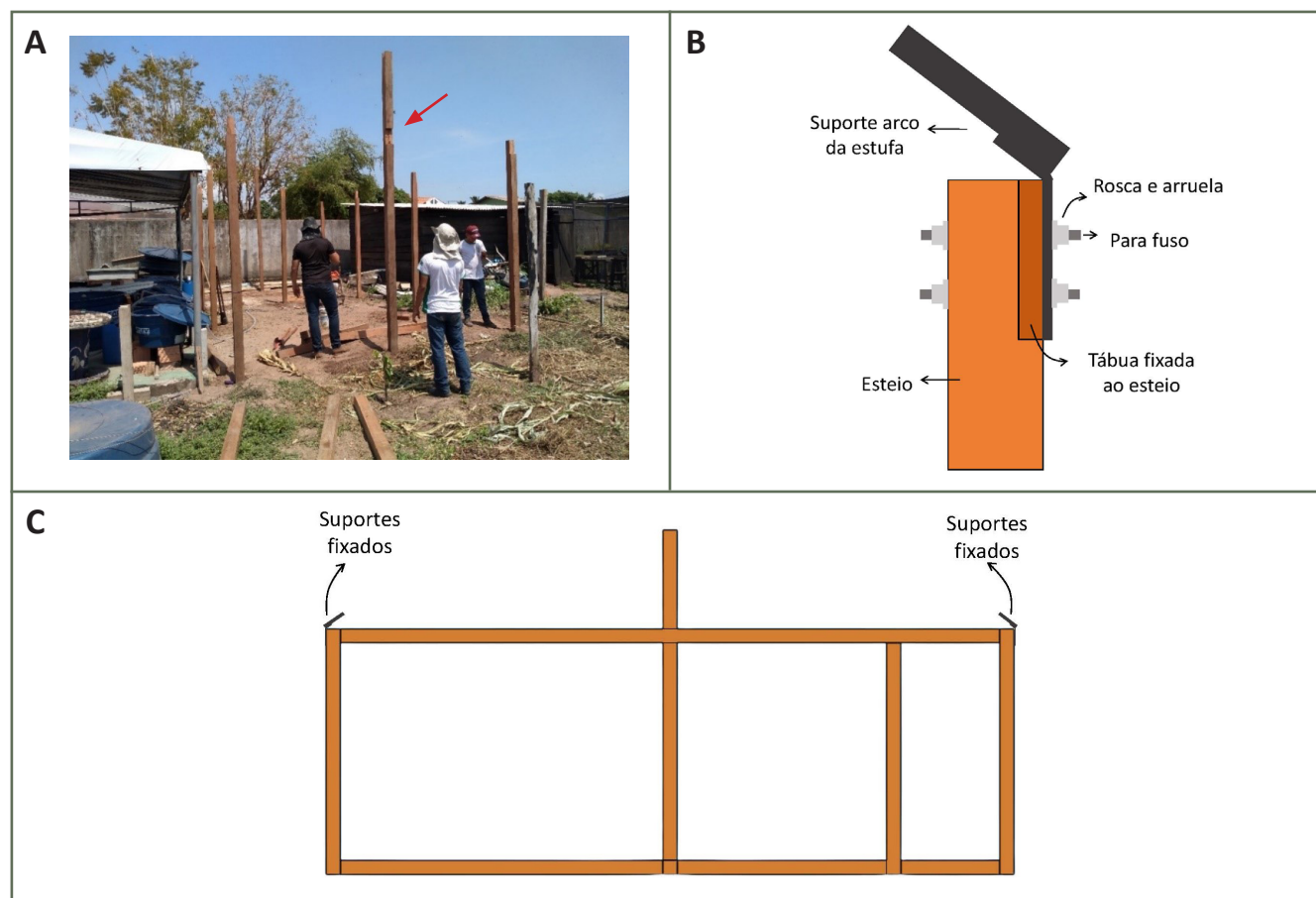


1º PASSO 2º PASSO 3º PASSO 4º PASSO **5º PASSO** 6º PASSO 7º PASSO 8º PASSO

AMARRAÇÃO DOS ESTEIOS COM AS TÁBUAS E O SUPORTE DO ARCO

A amarração das tábuas nos esteios pode ser feita com parafuso de rosca e arruela, conforme ilustrado na Figura 7. Além disso, deve-se fixar os suportes no momento da colocação das tábuas.

Figura 7 - Alocação das tábuas e dos suportes para arcos da casa de vegetação. Onde em **A**, observa-se os cortes para recepção das tábuas, indicados pelas setas vermelhas; **B**, fixação das tábuas e do suporte, com auxílio de parafusos, roscas e arruelas nos esteios; **C**, estrutura pronta para receber os arcos de sustentação da cobertura.



1º PASSO

2º PASSO

3º PASSO

4º PASSO

5º PASSO

6º PASSO

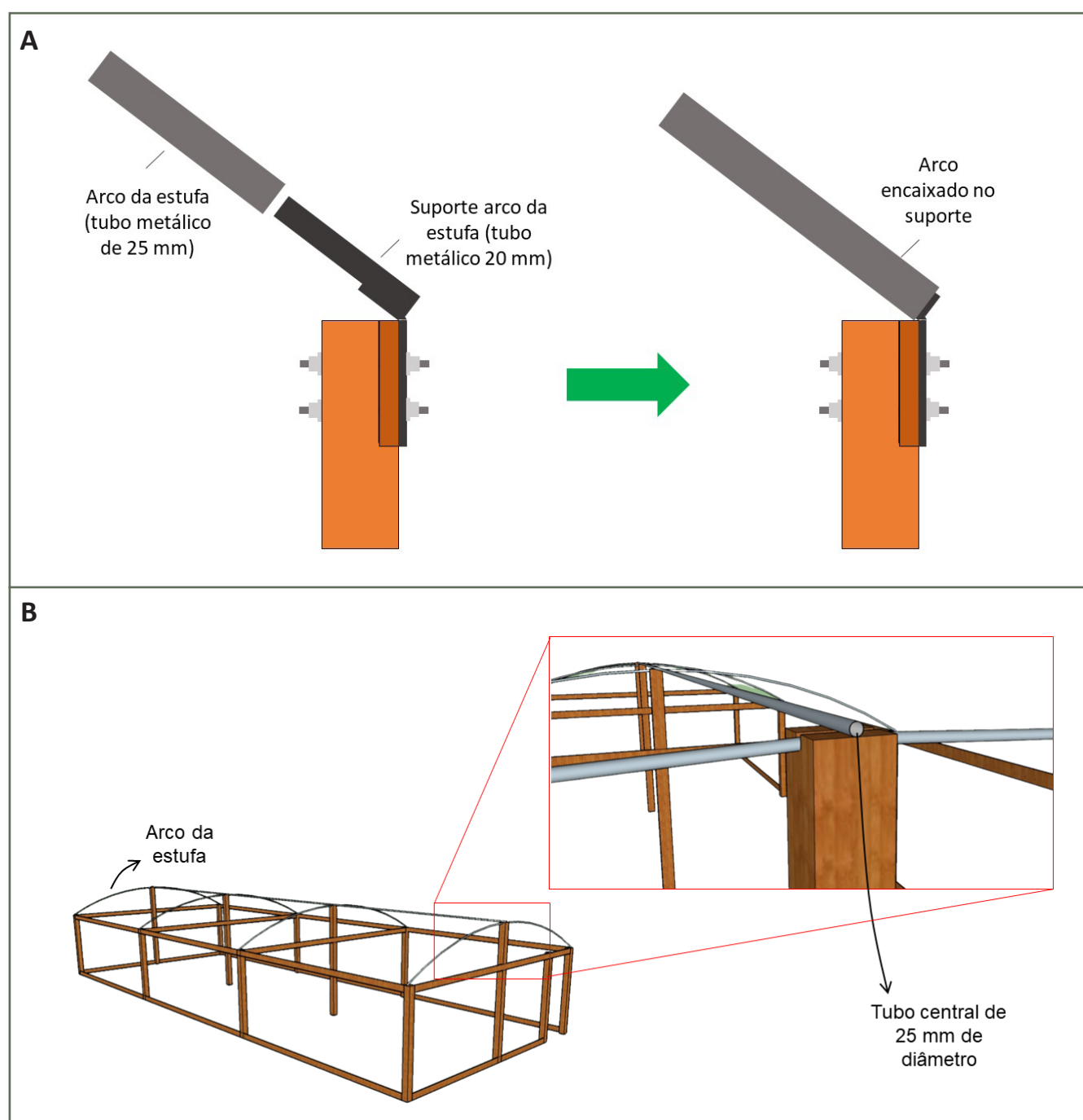
7º PASSO

8º PASSO

COLOCAR OS ARCOS

Os arcos devem ser colocados com o auxílio de suportes, que devem ser feitos conforme as instruções e características anteriormente citadas. A colocação do arco é simples, uma vez que basta realizar os encaixes nos suportes, conforme mostrado na Figura 8.

Figura 8 - Esquema ilustrativo da fixação dos arcos da casa de vegetação agrícola. Onde em **A** temos o encaixe do arco ao suporte; e em **B** os arcos posicionados com enfoque no tubo central do teto da casa de vegetação.



1º PASSO

2º PASSO

3º PASSO

4º PASSO

5º PASSO

6º PASSO

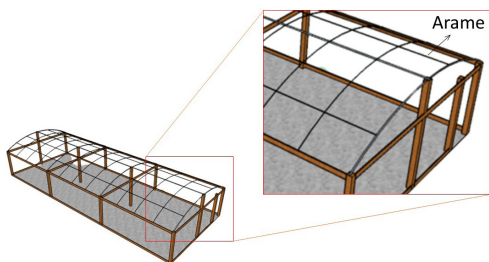
7º PASSO

8º PASSO

COBRIR A CASA DE VEGETAÇÃO E FIXAR A LONA

Antes de cobrir a casa de vegetação com a lona agrícola, alguns detalhes devem ser levados em consideração, conforme mostrado no Quadro 6.

Quadro 6 - Esquema demonstrativo de detalhes que devem ser necessários para cobrimento da casa de vegetação.

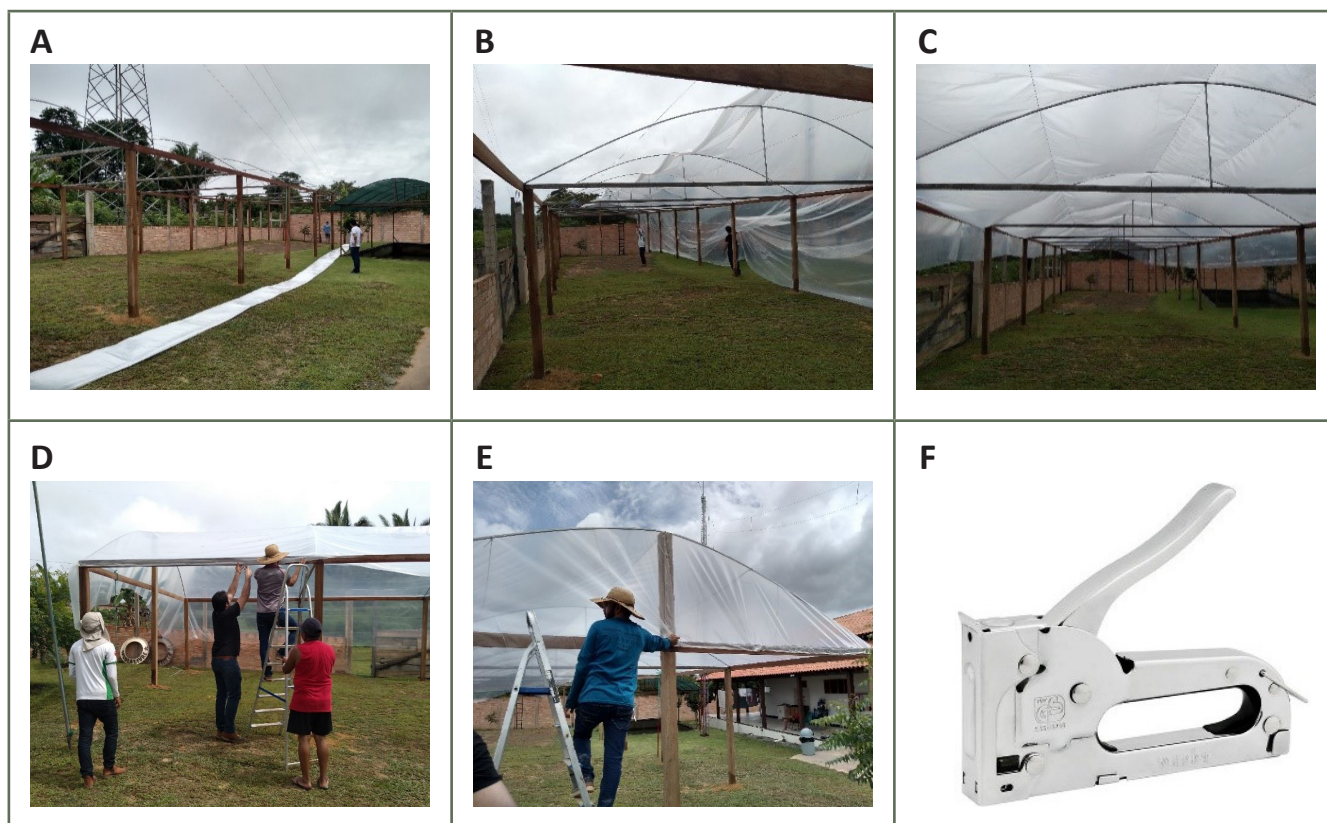
ETAPA	IMAGEM	DESCRIÇÃO
PROTEÇÃO DE EXTREMIDADES		É recomendando envolver com sombrite, ou outro material, as extremidades das tubulações de metal, pois com o passar do tempo, podem cortar ou perfurar a lona.
ARAMES DE SUSTENTAÇÃO		Como medida preventiva, deve-se colocar arames ou fios igualmente espaçados entre os arcos, a fim de minimizar algum acúmulo de água que possa ocorrer em ocasiões de chuva intensa.



ATENÇÃO

- Para maior segurança, no momento de cobrir a estufa agrícola, deve-se ter pelo menos 4 ou 5 pessoas, conforme apresentado na Figura 9.
- A lona agrícola deve possuir pelo menos um metro a mais que o comprimento do arco.
- É recomendado cobrir o teto da estufa nos horários mais quentes do dia, o que proporcionará o máximo estiramento do filme agrícola.

Figura 9 - Demonstração das etapas de cobrimento e fixação do filme agrícola (lona) na casa de vegetação. Onde: (A) Posicionar da lona na lateral da casa de vegetação; (B e C) Estendimento da lona no sentido de cobrimento da casa de vegetação; (D e E) grampeamento do filme agrícola nas tábuas superiores da casa de vegetação; (F) grampeador manual utilizado.



ATENÇÃO

- No momento do cobrimento, deve-se ter cuidado para que a lona não rasgue, caso engate em alguma parte da estrutura.
- Vale ressaltar que, para fixar com maior firmeza nas laterais da estufa, a lona deve ser dobrada em suas extremidades, conferindo a ela maior resistência a rasgos.



1º PASSO

2º PASSO

3º PASSO

4º PASSO

5º PASSO

6º PASSO

7º PASSO

8º PASSO

VEDAÇÃO DAS LATERAIS DA CASA DE VEGETAÇÃO

As laterais da casa de vegetação deverão ser cobertas com sombrite 50%, onde poderá ser fixado nos esteios com auxílio de grampeador e grampos.

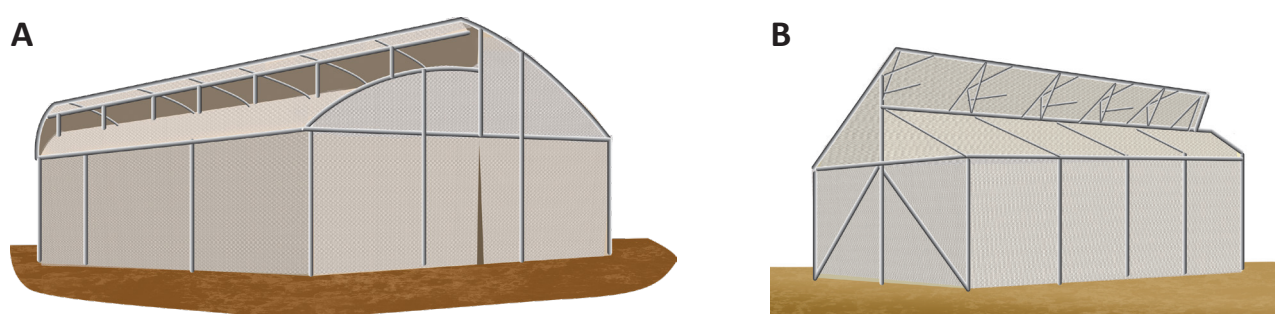
3.1.3 Outros aspectos da construção da casa de vegetação

3.1.3.1 Tipos de casa de vegetação

Antes de construir a casa de vegetação, é importante saber o modelo mais indicado para sua região, pois ele irá mudar de acordo com o clima predominante. Para regiões de clima quente, recomendamos a adição de janelas advectivas.

Entretanto, também existem outros modelos que podem ser adotados, principalmente para regiões mais quentes (Figura 10). Apesar de ambas as estruturas da Figura 10 apresentarem tetos diferentes, podem ser construídas com entradas de ar.

Figura 10 - Modelos de casa de vegetação com teto adaptado para a entrada de ar. Onde: (A) casa de vegetação com teto convectivo curvilíneo; (B) casa de vegetação com teto convectivo retilíneo.

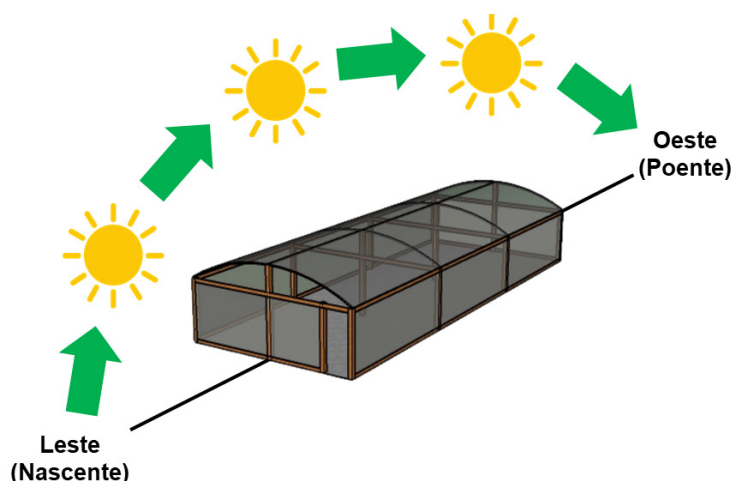


Fonte: Adaptado de Dos Reis, 2005.

3.1.3.2 Orientação leste-oeste

Para o máximo aproveitamento da radiação solar, recomenda-se a construção da casa de vegetação com o eixo maior na direção (orientação) leste-oeste (Figura 11). Isso faz com que haja uma redução no sombreamento das colunas da estrutura e a mesma se torne mais eficiente na transmissão da radiação solar, contribuindo para o melhor desempenho dos vegetais cultivados.

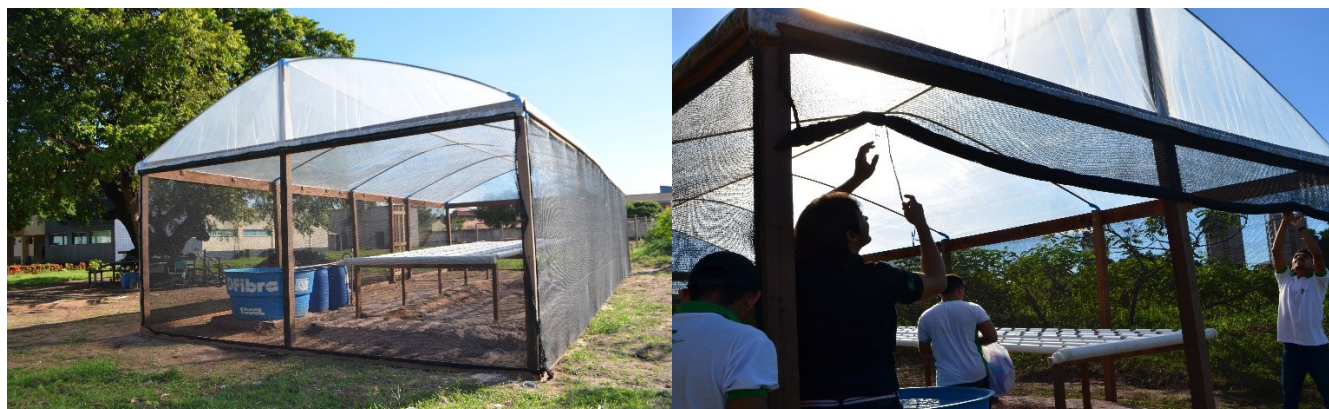
Figura 11 - Ilustração da casa de vegetação posicionada no sentido leste (nascente) - oeste (poente)



3.1.3.3 Uso de cortinamento

Uso de cortinamento tem como principal finalidade ajudar a reter ou dissipar o calor no interior da casa de vegetação. A tela tipo sombrite (50%) utilizada nas laterais, além de proteção, pode ajudar neste ajuste de temperatura. Em horários mais quentes, entre 12:00 e 15:00 horas, a tela poderá ser levantada a uma altura de 2 metros, o que contribuirá para a redução da temperatura interna (Figura 12). Essa prática é importante para culturas sensíveis à altas temperaturas.

Figura 12 - Cortinamento de tela sombrite para redução de temperatura na casa de vegetação.



3.1.3.4 Alternativas para redução de custo

Como vimos, a casa de vegetação é uma estrutura importante para projetos aquapônicos. Entretanto, a madeira usada para sua construção é um item caro em termos de recursos financeiros. Dependendo da região, pode ser indicada a utilização do bambu como material alternativo. Sendo assim, você pode consultar um técnico que ajude na construção dessa estufa com bambu ou acessar o manual ao lado para obter mais informações.

Além da utilização do bambu, existem várias alternativas para a construção dessa estrutura, visando a redução do custo e o aproveitamento de materiais locais. Geralmente, o uso de madeiras não beneficiadas têm sido opções viáveis para os agricultores. Contudo, necessitam de maiores cuidados fitossanitários, pois madeiras porosas são capazes de abrigar organismos vetores de doenças em plantas (fitopatógenos). Além disso, a durabilidade dependerá dos cuidados aplicados e da resistência do material utilizado.

PUBLICAÇÃO

Literatura recomendada para utilização do bambu na construção de uma casa de vegetação ([**clique na imagem**](#)).



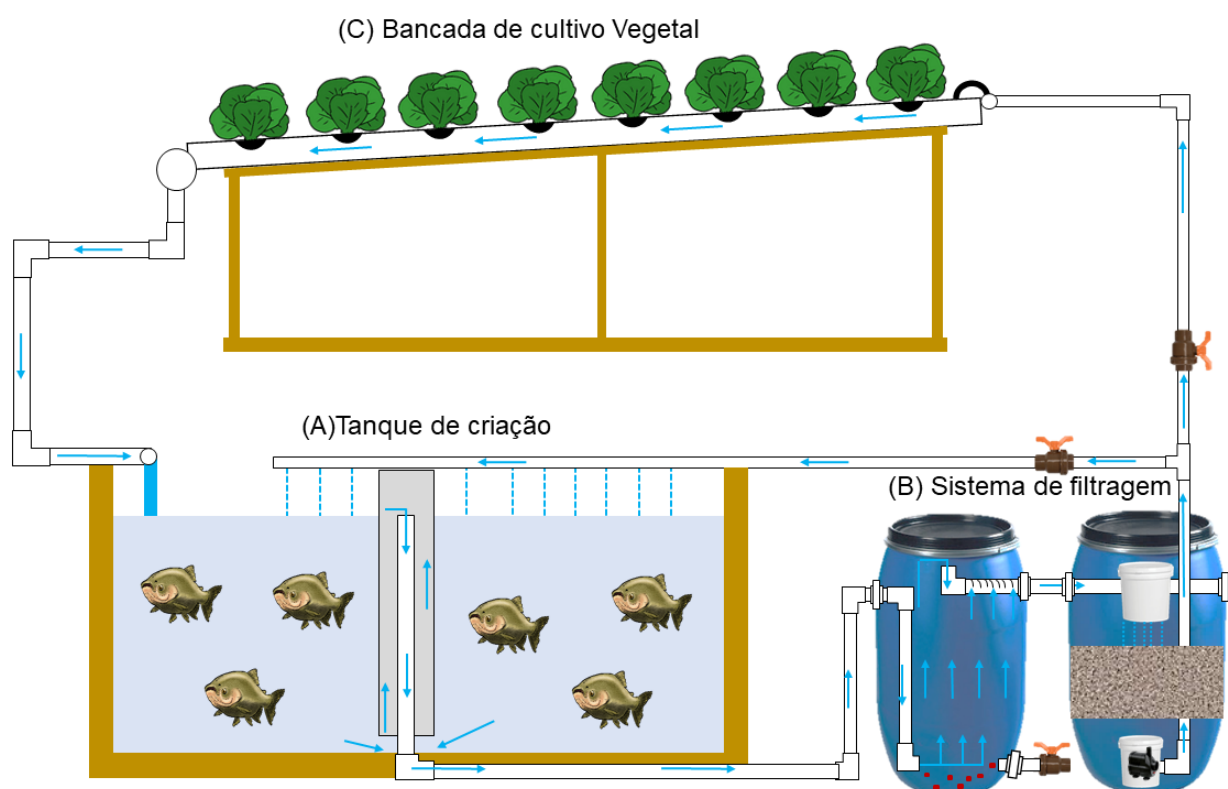
3.2 Sistema aquapônico

Nesse tópico vocês irão aprender a construir um sistema aquapônico de pequena escala no modelo NFT, também chamado de cultivo em canaletas (Figura 13).

Para isso será necessário construir os seguintes componentes:

- Tanque de criação de peixes de 2,2 m³;
- Sistema de Filtragem (Decantador e Biofiltro);
- Bancada de cultivo vegetal.

Figura 13 - Sistema aquapônico em ambiente de cultivo em canaletas ou NFT - Nutrient Film Technique. Onde: (A) tanque de criação animal; (B) sistema de filtragem, composto por um decantador e um biofiltro; (C) ambiente de cultivo vegetal.



3.2.1 Construção do tanque

Para melhor desempenho do sistema aquapônico, o formato do tanque de criação será circular, uma vez que permite a retirada, com maior eficiência, de fezes e sobras de ração (Figura 14). Devendo possuir uma borda livre para evitar transbordamento da água (Figura 15).

Por se tratar de um sistema de pequena escala, muitos aquaponicultores têm utilizado caixas d'água como tanque de cultivo para peixes (Figura 16). No entanto, na tentativa de reduzir custos, uma alternativa seria a construção de tanques elevados de madeira e argila, desde que esses materiais estejam disponíveis na propriedade. Para isso, segue a lista de materiais a serem utilizados na construção do tanque (Quadro 7).

Figura 14 - Fluxo de água no tanque circular, direcionando as sobras de ração e fezes dos peixes para fora da estrutura

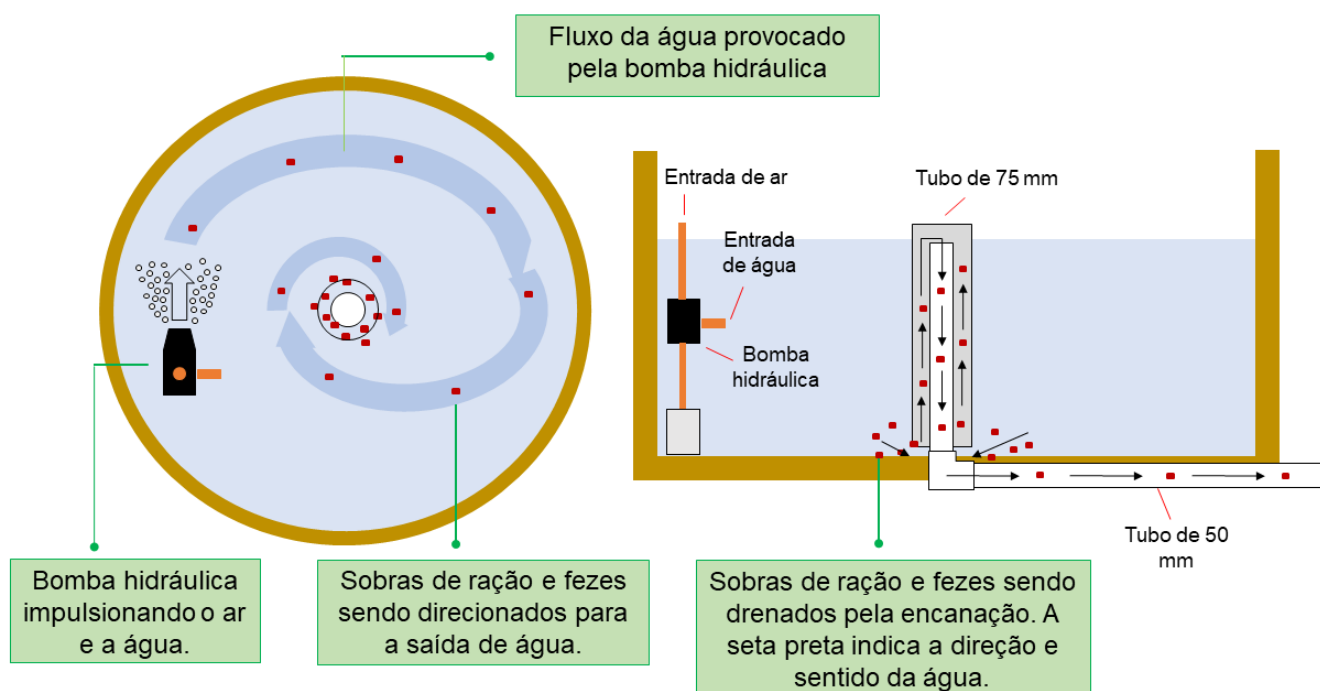


Figura 15 - Tanques circulares para a criação de peixes em aquaponia. Onde: “r” é o raio (distância do centro até a borda do tanque); “b” é a borda livre do tanque e “h” é a profundidade da coluna d’água.

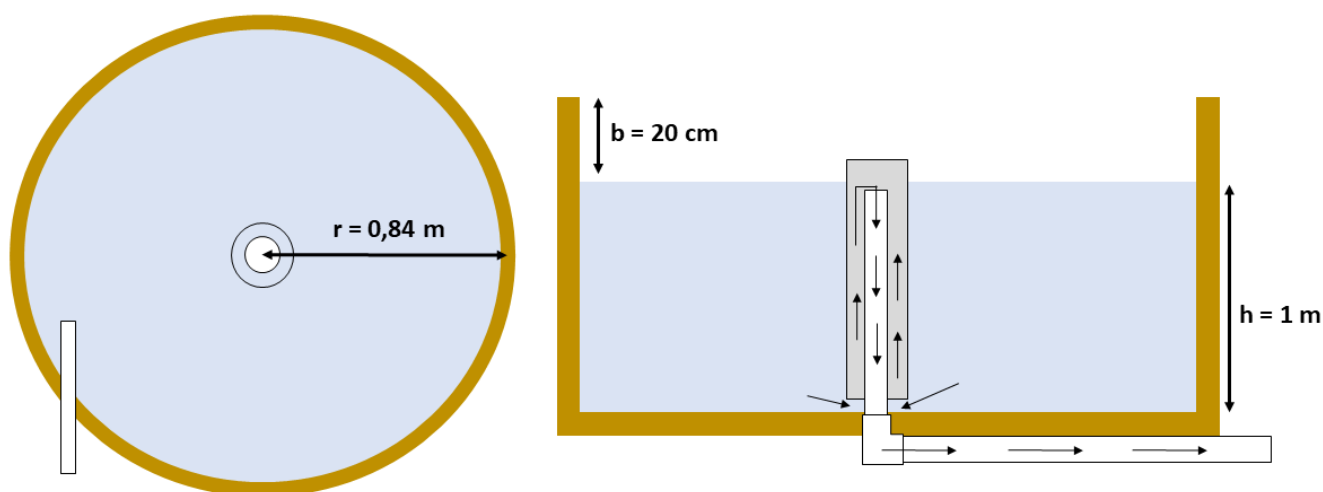


Figura 16 - Caixas d’água como tanque de criação animal em aquaponia.



Quadro 7 - Materiais necessários à construção de um tanque de criação de 2,2 m³, utilizado no sistema aquapônico.

ETAPA	IMAGEM	QUANTIDADE E DESCRIÇÃO
1		11 estacas de madeira de 1,7 m de comprimento.
2		Ripas de bambu necessárias para a amarração das estacas.
3		6 metros de lona de 200 micras (6 metros de largura).
4		Caixas de papelão suficiente para cobrir as laterais do tanque.
5		1 tubo de esgoto (50 mm) com 6 metros de comprimento.
6		1 tubo de esgoto (75 mm) com 1,2 metros de comprimento.
7		1 Joelho de esgoto de 50 mm de diâmetro.
8		1 Rolo de barbante.



Veja agora o passo a passo para a construção do tanque, que será utilizado para a criação dos peixes:

- 1° passo: Limpeza e nivelamento da área;
- 2° passo: Delimitação da área de construção;
- 3° passo: Escavação e alocação das estacas;
- 4° passo: Amarração das estacas.
- 5° passo: Vedação das paredes do tanque.

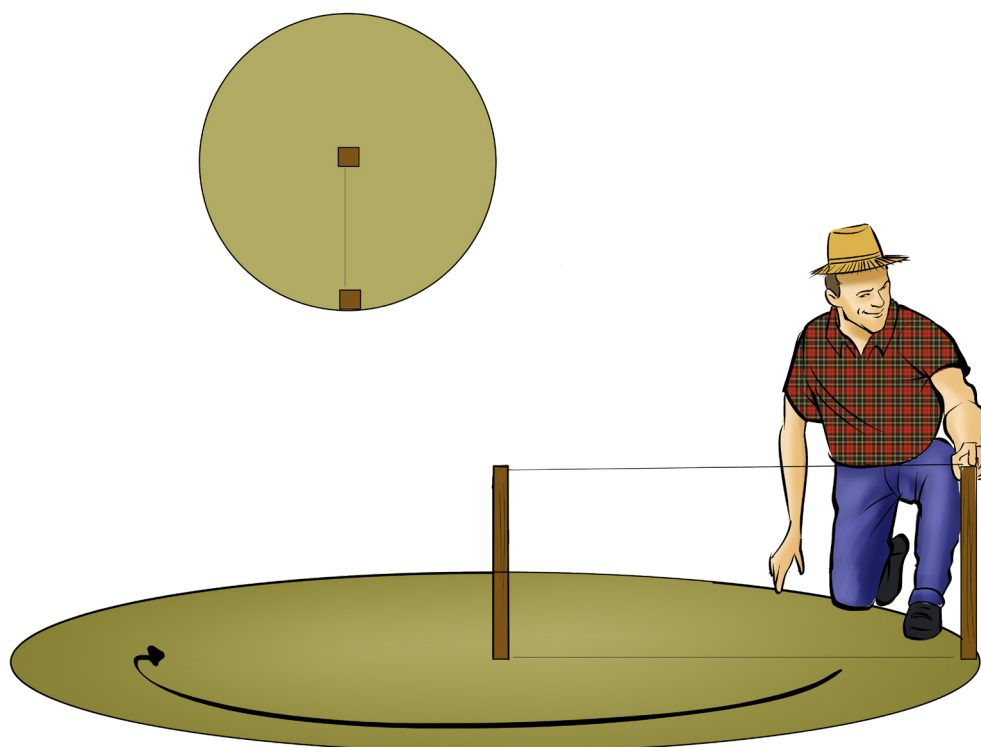
1° passo: Limpeza e nivelamento da área

Você poderá consultar informações sobre a limpeza e nivelamento do terreno no tópico sobre construção da casa de vegetação.

2º passo: Delimitação da área de construção

Para delimitação da área onde será construído o tanque de criação dos peixes (2,2 m³), utilizaremos uma metodologia simples: com o auxílio de uma corda amarrada a duas estacas, uma em cada extremidade, podemos delimitar um círculo perfeito, com medida da circunferência do tanque previamente estabelecida pelo tamanho da corda (raio), nesse caso específico de 0,84 metro, conforme mostrado na Figura 17.

Figura 17 - Delimitação da área onde será construído o tanque de criação dos peixes.



ATENÇÃO

Caso necessite utilizar tanques maiores, deve-se aumentar o tamanho do raio (medida entre as duas estacas). Para determinação correta do volume do tanque, utilizar a seguinte fórmula:

$$\text{Volume do tanque (m}^3\text{)} = (3,14 \times r^2) \times h$$

Onde:

3,14 é a constante Pi;

r é raio;

h é altura da coluna de água.



O Quadro 8 apresenta exemplos de tanques circulares, relacionando a variação dos volumes (m³) ao aumento dos raios dos mesmos.

Quadro 8 - Características de tanques circulares com diferentes volumes, de acordo com o seu raio, considerando uma altura de 1 m.

Raio (m)	Volume (m ³)
*0,84	2,20
1,0	3,14
1,5	7,10
2,0	12,60

*Em nosso caso, consideramos para construção um raio de 0,84 metro, e altura de 1 m de coluna d'água (sem a borda livre).

3º passo: Escavação e alocação das estacas

Nessa etapa, devem ser realizadas escavações para a fixação das estacas em todo o perímetro da circunferência. Para isso, devem ser realizados alguns procedimentos, demonstrados no Quadro 9.

Quadro 9 - Procedimentos para correta alocação das estacas do tanque.

ETAPA	IMAGEM	DESCRIÇÃO
ESCAVAÇÃO E FIXAÇÃO DAS ESTACAS		Deve ser feita com auxílio de uma “draga”, com profundidade média de 50 cm. Caso a área de construção não esteja nivelada, poderá ser utilizada uma mangueira de nível, com procedimento semelhante ao da Figura 6.
DISTANCIAMENTOS DAS ESTACAS		O distanciamento dos buracos para a alocação das estacas deve ser de 50 centímetros.
ALINHAMENTO DAS ESTACAS		As estacas devem ser alinhadas corretamente na vertical. Para isso, deve-se utilizar nível de bolha, conforme imagem ao lado.

Cont. do Quadro 9 - Procedimentos para correta alocação das estacas do tanque.

ETAPA	IMAGEM	DESCRIÇÃO
COMPACTAÇÃO DO SOLO NA BASE DA ESTACA		Os buracos devem ser preenchidos com o solo que foi removido, sendo que as bases das estacas devem ser compactadas para proporcionar maior estabilidade. Para facilitar este procedimento, o solo pode ser levemente umedecido antes da compactação.

4º passo: Amarrações das estacas

Nesta etapa, as estacas devem ser amarradas com “ripas” de bambu, para poder proporcionar maior firmeza das paredes do tanque, e assim conferir maior segurança após seu enchimento (Figura 18).

Figura 18 - Amarração das estacas de madeiras com ripas de bambu.



5º passo: Vedação das paredes do tanque

A vedação da parede do tanque pode ser realizada utilizando argila, papelão, bags e obrigatoriamente uma lona impermeável. Também podem ser utilizados outros materiais disponíveis na propriedade, desde que se evite possíveis perfurações da lona durante o enchimento do tanque (Quadro 10).

Quadro 10 - Sequência ilustrativa da vedação da parede do tanque.

ETAPA	IMAGEM	DESCRIÇÃO
PROCEDIMENTO DE VEDAÇÃO	 Fonte: Guilherme et al. (2019)	Para vedação das laterais do tanque, pode ser utilizada argila disponível no próprio terreno, conforme ilustrado na imagem ao lado.
TUBULAÇÃO DE DRENAGEM		A tubulação de drenagem deve ser colocada de modo a evitar quebra, para isso ela deve ser enterrada no fundo do tanque.
PROTEÇÃO DA PAREDE DO TANQUE		A porção interna do tanque deve ser protegida. Para isso, podem ser utilizados vários materiais como papelão, bag agrícola, dentre outros. Essa proteção serve para evitar que a lona fure com a pressão que a água exercerá nas paredes após o enchimento do tanque.
PROTEÇÃO DA PAREDE DO TANQUE		Por fim, coloca-se a lona e corta-se a tubulação de drenagem para promover uma profundidade de 1 metro, deixando 20 cm de borda livre no tanque.

Fonte: Os autores e Guilherme et al. (2019).

3.2.2 Montagem do sistema de filtragem

O sistema de filtragem de uma aquaponia tem a função de retirar o excesso de sólidos produzidos pelos peixes (fezes e sobras de ração), e, ao mesmo tempo, transformar a amônia tóxica em nitrato. Para tanto, dois componentes são essenciais: Decantador (filtro mecânico) e Biofiltro (filtro biológico).

3.2.2.1 Decantador

A Figura 19 apresenta um modelo de decantador que pode ser utilizado no sistema aquapônico, assim como os materiais e detalhes de sua montagem.

PUBLICAÇÃO

Para mais informações sobre bioconstruções de tanques de cultivo, consulte a publicação abaixo ([clique na imagem](#)).

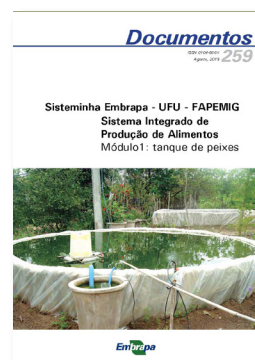
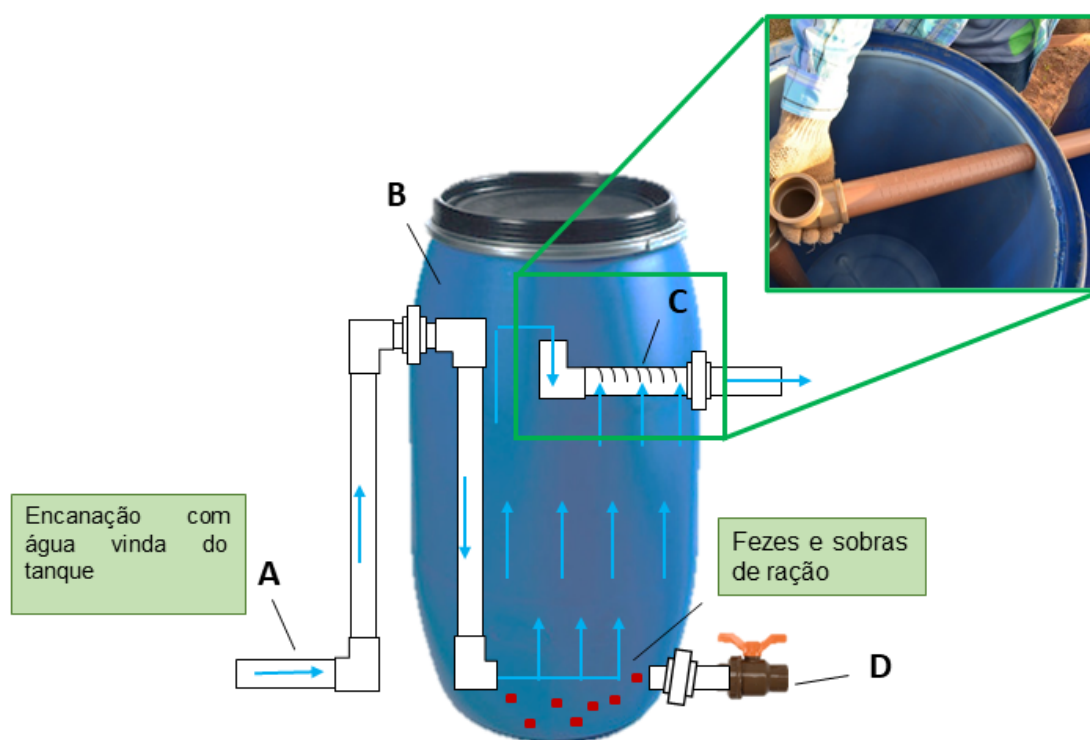


Figura 19 - Detalhes ilustrativos sobre o decantador. Onde: (A) Tubulação de entrada de água com conexões e flange; (B) Bombona de 250 litros; (C) Saída de água com ranhuras de filtragem; (D) Registro para limpeza de resíduos sólidos. A seta azul indica o sentido do fluxo da água.

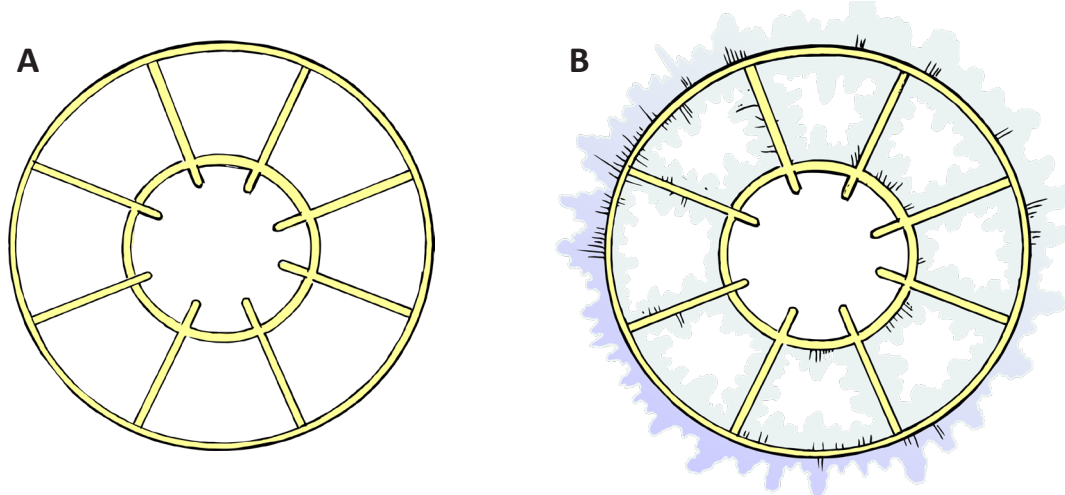


3.2.2.2 Biofiltro

Como mostrado anteriormente, o biofiltro é responsável pela transformação da amônia tóxica em nitrato, sendo que esse último composto é a forma absorvível pelo vegetal. Para haver essa transformação, no interior do biofiltro deve haver estruturas que possibilitem a colonização das bactérias nitrificantes. Essas estruturas são chamadas de mídias

ou biomédias, que possuem diversas formas e são constituídas dos mais diversos tipos de materiais. Na Figura 20 é possível visualizar uma mídia filtrante retirada de um biofiltro após colonização das bactérias.

Figura 20 - Colonização de biomídia por bactérias nitrificantes em filtro biológico do sistema aquapônico. Onde (A) mídia sem bactérias; (B) mídia colonizada por bactérias.



Na Figura 21, está apresentado o biofiltro para um sistema aquapônico que atende aos cálculos de dimensionamento anteriormente propostos. Este será composto por um tambor de 250 litros, 50,3 litros de mídia biológica e alguns outros componentes que serão apresentados a seguir. No Quadro 11, detalharemos a montagem do recipiente de retenção de sólidos finos, que ficará no interior do biofiltro.

Figura 21 - Ilustração interna e externa do biofiltro utilizado no sistema aquapônico. Onde a seta azul indica o sentido do fluxo da água.





ATENÇÃO

- A bomba hidráulica deve ser protegida por um recipiente fechado, com furos ao longo de toda extensão, com a intenção de evitar que as mídias biológicas obstruam a entrada de água.
- O produtor também terá a opção de acondicionar a bomba hidráulica e suas tubulações de saída em uma outra bombona (sump), que deverá ser conectada após o biofiltro. Esta alternativa, tem a vantagem de facilitar o manejo da bomba hidráulica.

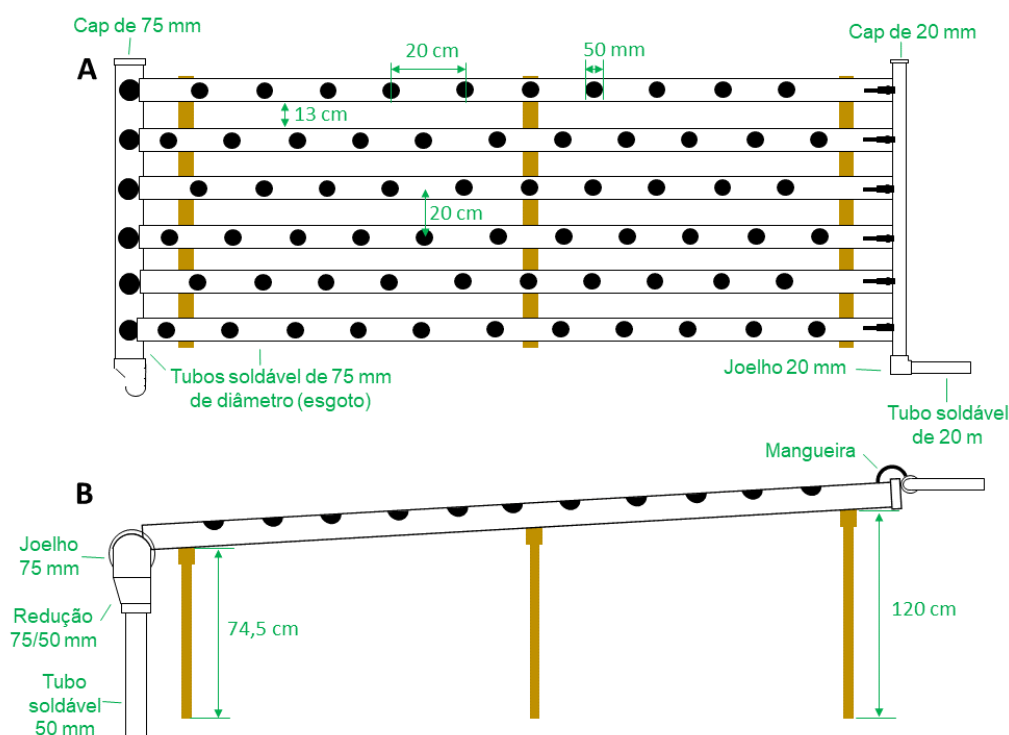
Quadro 11 - Montagem do recipiente de retenção de sólidos finos do biofiltro.

ETAPA	IMAGEM	DESCRIÇÃO
PERFURAÇÃO DO RECIPIENTE		Deve-se realizar a perfuração, com furadeira e broca (10 mm), do recipiente que será utilizado como mecanismo de retenção de sólidos finos que possam passar do decantador ao biofiltro.
ALOCÇÃO DO RECIPIENTE NO BIOFILTRO		Após perfurado, alocar o filtro de sólidos finos na porção superior do biofiltro, junto à tubulação de entrada de água. Nesse momento, o aquaponicultor poderá utilizar uma conexão em T para direcionar a água para o fundo do recipiente.
LÃ ACRÍLICA COMO BARREIRA FÍSICA		Por fim, pode-se adicionar lã acrílica ou perlon no fundo do filtro de sólidos finos. Esse procedimento permitirá a filtragem do material em suspensão e passagem da água com o mínimo de impurezas.

3.2.3 Montagem das bancadas de cultivo vegetal

A bancada de cultivo vegetal é o último elemento em que a água percorre antes de voltar para o tanque de criação. Nela ocorre a absorção dos nutrientes por parte dos vegetais, fechando o ciclo do sistema. Veja abaixo um modelo de bancada com suas devidas características e materiais que são utilizados para sua construção (Figura 22).

Figura 22 - Modelo de bancada de cultivo vegetal utilizada no sistema aquapônico. Onde: (A) Vista superior e (B) vista lateral da bancada de cultivo vegetal.



Considerando as dimensões que foram expostas acima, a bancada de cultivo vegetal possui aproximadamente 1 metro de largura, podendo ser de até 1,4 metros (para isso, deve-se adicionar mais duas canaletas) e o comprimento da canaleta pode variar conforme a área disponível ao cultivo.

Em nosso caso, consideramos cada bancada com 5,7 metros de comprimento. Logo, esta bancada possui 5,7 m² de área cultivável, totalizando uma área aproximada de 17 m², conforme detalhado no tópico de dimensionamento do sistema aquapônico.

ATENÇÃO

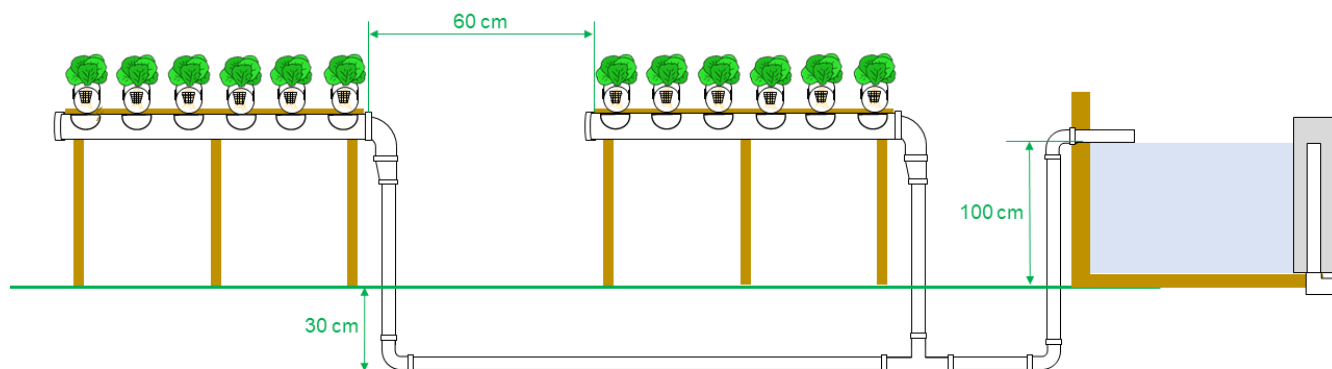
Dois pontos relevantes devem ser atentados pelo aquaponista, no que tange às bancadas de cultivo:

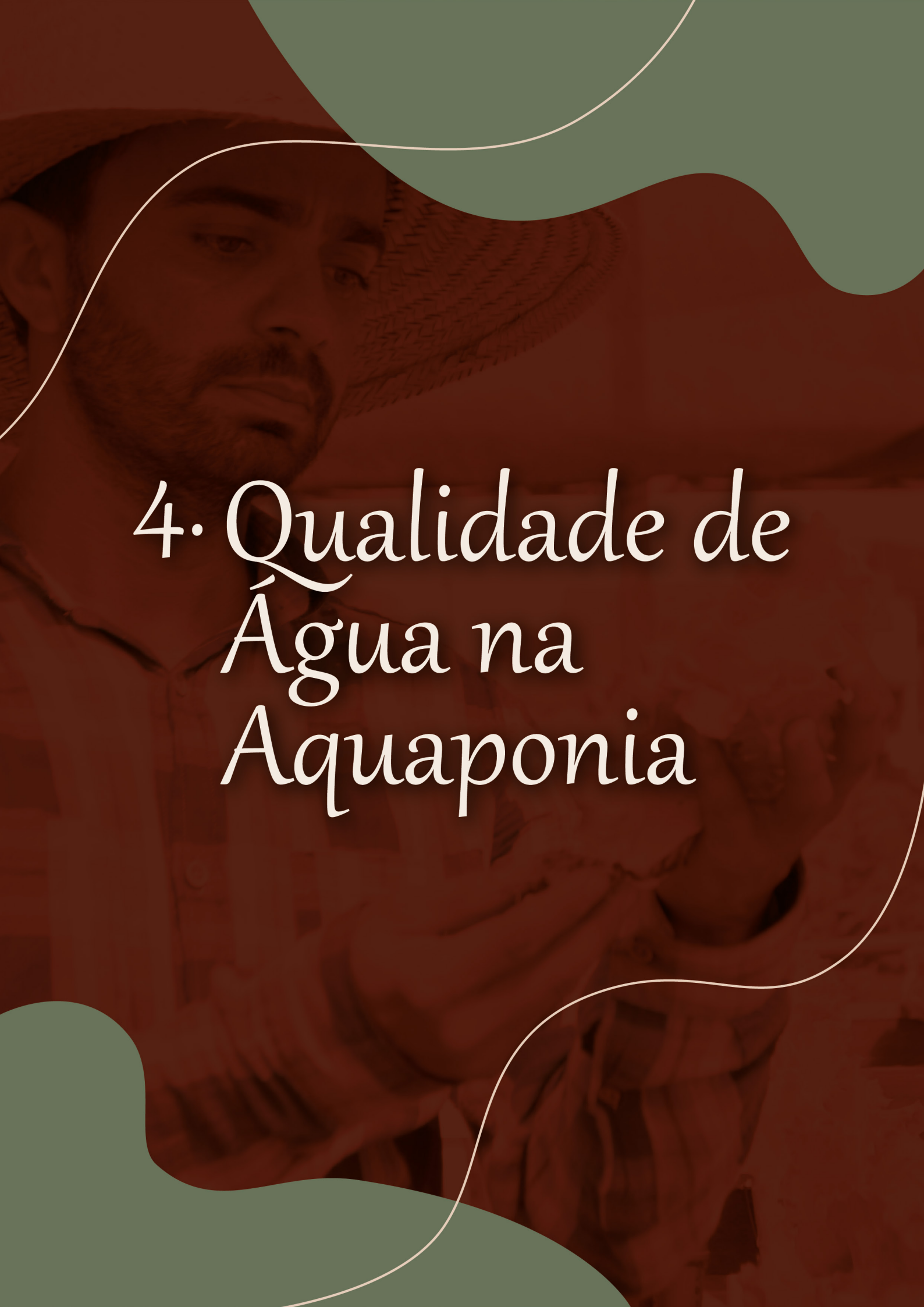
- A inclinação das bancadas de cultivo vegetal deve ser entre 8 e 10%.
- Para que as plantas recebam quantidade adequada de água em suas raízes, é imprescindível que seja regulada a vazão de água que entra nas canaletas. Recomenda-se que essa vazão esteja entre 1 e 2 L por minuto, devendo ser mensurada e regulada periodicamente.



Conforme ilustrado na Figura 23, atenção especial deve haver na saída de água das canaletas de cultivo vegetal, com destaque para o nível de água dos tanques, na intenção de evitar transbordamento de água na calha de saída. Além disso, deve haver uma distância de 50 e 60 cm entre uma bancada e outra, para facilitar o manejo dos vegetais. Nota-se também que as tubulações no solo devem ser colocadas a pelo menos 30 cm de profundidade, com o intuito de evitar a quebra com o caminhar das pessoas no manejo diário.

Figura 23 - Esquema ilustrativo da distância entre as bancadas de cultivo vegetal e da parte hidráulica entre bancada vegetal e tanque de criação animal.





4. Qualidade de Água na Aquaponia

4 QUALIDADE DE ÁGUA NA AQUAPONIA



Agora abordaremos um assunto de suma importância, a Qualidade da Água na qual os peixes ficarão estocados. Para isso, vamos comentar sobre os principais parâmetros que deverão ser monitorados e corrigidos, quando necessário, durante o cultivo. São eles:

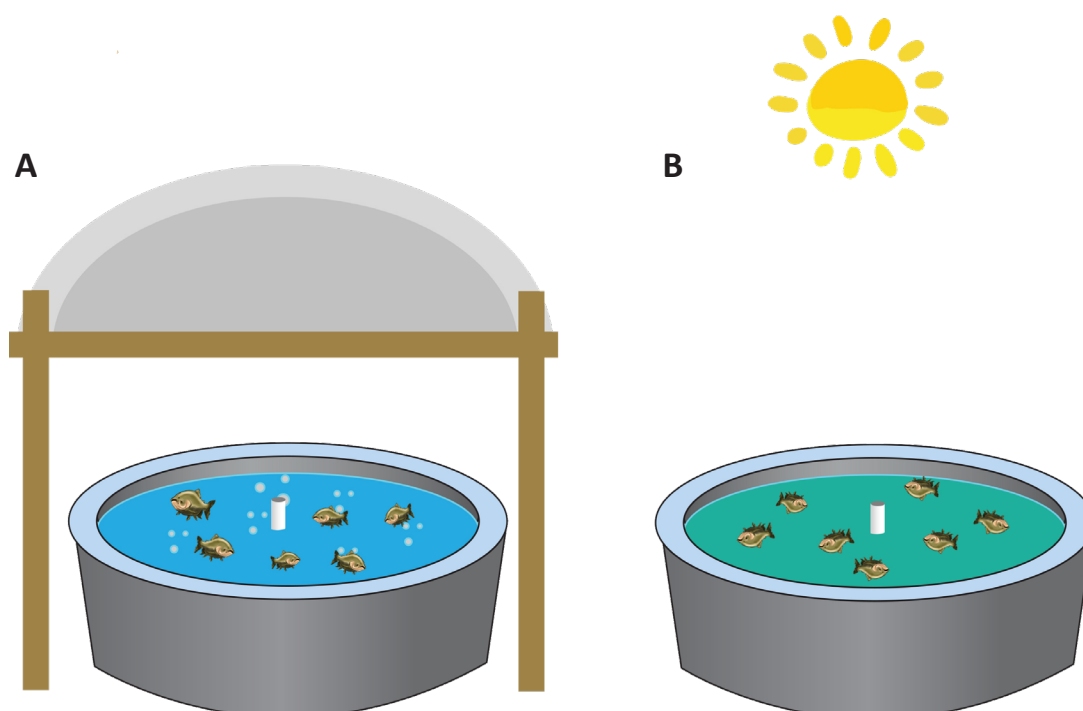
- Temperatura da água;
- pH e Alcalinidade;
- Oxigênio dissolvido;
- Amônia, nitrito e nitrato.

4.1 Temperatura da água

É importante saber que os peixes não conseguem regular sua temperatura corporal, ou seja, alterando conforme a variação térmica do ambiente. Sendo assim, a água nos tanques precisa ter temperatura adequada à espécie criada no sistema, contribuindo para a manutenção do bem-estar animal.

De modo geral, os peixes nativos da região amazônica, como o tambaqui, apresentam conforto térmico em temperaturas da água próximas a $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Diante disso, deve-se ter o cuidado de evitar que a radiação solar incida diretamente sobre o tanque de cultivo (Figura 24), evitando altas variações de temperatura ao longo do dia que, conseqüentemente, contribuirá para redução da mortalidade dos animais por estresse térmico.

Figura 24 - Proteção do tanque de cultivo de peixes contra exposição direta à luz solar, para evitar altas variação de temperatura. Onde: (A) tanque de criação de peixes no interior da casa de vegetação com sombreamento, animais em conforto térmico; (B) tanque de criação de peixes sem sombreamento, animais morrendo por estresse térmico.



ATENÇÃO

- Os peixes podem apresentar redução no seu crescimento, parar de se alimentar, ficarem doentes, e em casos mais graves podem ocorrer altas taxas de mortalidade, caso fiquem expostos a temperaturas acima dos níveis de conforto térmico.
- Outro bom motivo para manter os tanques em área coberta e sombreadas, está atrelado ao fato de a luz do sol estimular o desenvolvimento do fitoplâncton* na água, onde, diferentemente da piscicultura tradicional, isso não é desejável, uma vez que esses microrganismos consomem boa parte dos nutrientes que são necessários ao crescimento dos vegetais.



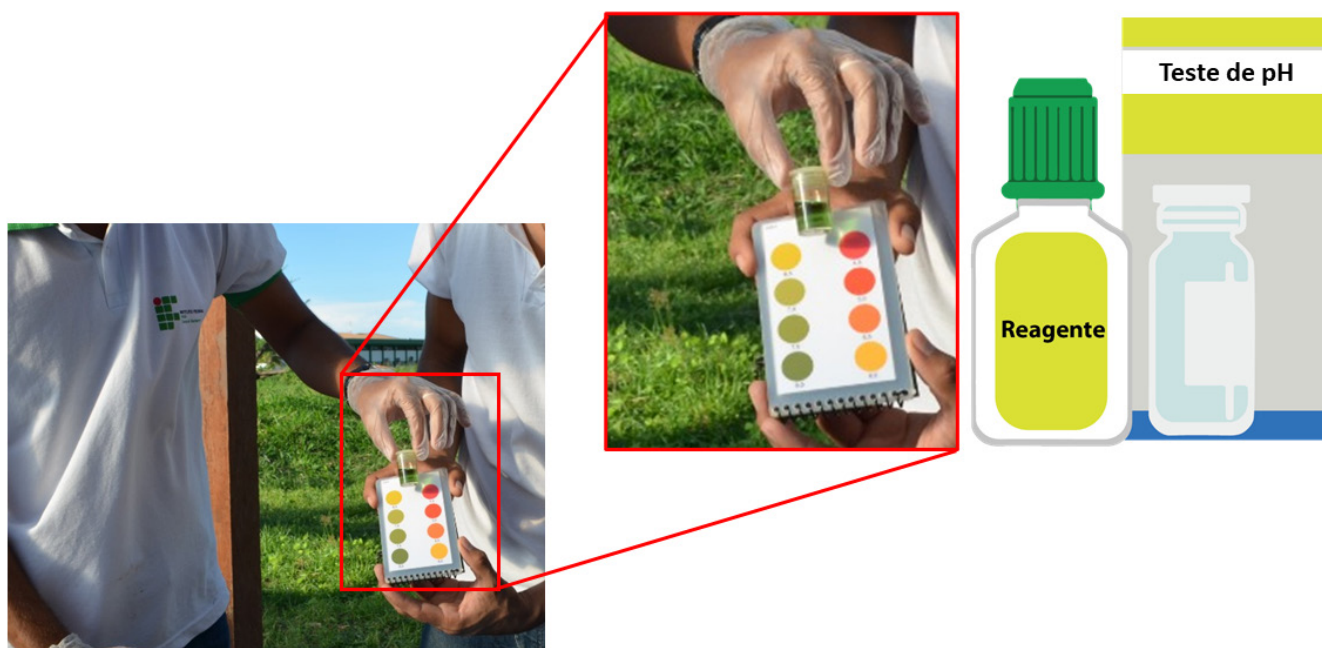
*Para quem não conhece, o fitoplâncton é composto por algas (pequenos organismos) que deixam a água esverdeada.

4.2 pH e alcalinidade

O pH é um parâmetro cujo valor varia em uma escala de 0 até 14, sendo indicativo do estado de acidez (menor que 7), neutralidade (igual a 7) ou basicidade da água (maior que 7). Ressalta-se que, por se tratar de um sistema com vários organismos que possuem exigências distintas de pH, na aquaponia, o ideal é se trabalhar com valores próximos a neutralidade ($\text{pH} = 7$), proporcionando conforto aos peixes, bactérias e vegetais.

O pH pode ser mensurado através de testes colorimétricos (Figura 25). De modo geral, os kits podem ser encontrados em lojas especializadas, acompanhados de um manual de instruções para utilização. Além deste método, o pH também pode ser mensurado através de sondas que são equipamentos eletrônicos, entretanto são mais onerosas.

Figura 25 - Teste colorimétrico utilizado para mensurar o pH.



Outro parâmetro importante é a Alcalinidade da água, que representa a capacidade de um sistema aquoso em neutralizar ácidos fortes, tamponando-o. Ela também pode ser mensurada através de testes colorimétricos, sendo que, 40 mg de CaCO_3 /litro é o valor mínimo para que esse parâmetro seja adequado à manutenção do pH.

Antes de iniciar o ciclo de produção, o produtor deve estar atento para o valor de pH da água, e caso esteja inadequado deve-se realizar a correção desse parâmetro. Para isso, em condições de valores abaixo do recomendado, pode ser utilizado o calcário agrícola, facilmente encontrado em lojas agropecuárias.

Para utilizar a quantidade adequada de calcário, devemos ter como base a análise do pH ou alcalinidade total. Para tanto, deve-se utilizar o Quadro 12 ou Quadro 13, uma vez que através dos valores encontrados, de pH ou alcalinidade, podemos estimar a quantidade de calcário agrícola necessário para correção desses parâmetros.

Quadro 12 - Doses de calcário agrícola para correção da acidez da água em função do pH.

pH da água	Calcário Agrícola (g/m ³)
Menor que 5	220
Entre 5 e 6	150
Entre 6 e 7	75

Fonte: Adaptado de Kubitza (2003).

Vamos para um exemplo de correção de pH utilizando o Quadro 12

Determinar a quantidade de calcário agrícola necessária para correção da acidez e alcalinidade da água de um tanque de 2 m³, que apresenta pH de 5,5.

- Usando o Quadro 12, observamos que o pH está entre 5 e 6. Sendo assim, podemos usar a relação de **150 g de calcário agrícola por m³ de água**.

- Logo:

Quantidade de calcário = Valor da Quadro 17 (g) x Volume do tanque (m³)

Quantidade de calcário = 150 x 2 = **300 gramas/m³**

Quadro 13 - Doses de calcário agrícola para correção da alcalinidade da água em função da quantidade de CaCO_3 /l.

Alcalinidade Total (mg CaCO_3 /l)	Calcário Agrícola (g/m ³)
Menor que 10	300 a 400
Entre 10 e 20	200 a 300
Entre 20 e 30	100 a 200

Fonte: Adaptado de Kubitza (2003).

Exemplo de correção da alcalinidade da água utilizando o Quadro 13

Determinar quantidade de calcário agrícola necessária para correção da acidez e alcalinidade da água de um tanque de 3 m³, que apresenta 5 mg CaCO₃/l.

- Usando o Quadro 13, observa-se que a alcalinidade da água é menor que 10. Sendo assim, podemos usar a relação de **300 a 400 g de calcário agrícola por m³ de água**.
- Logo:

Quantidade de calcário = Valor do Quadro 18 (g) x Volume do tanque (m³)

Quantidade de calcário = 350 x 3 = **1.050 gramas/m³**



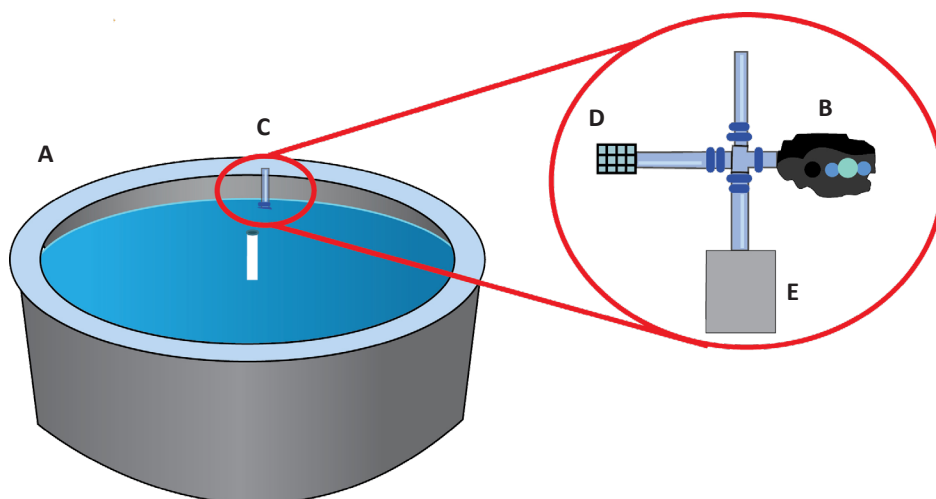
ATENÇÃO

A importância da alcalinidade estar sempre acima de 40 mg CaCO₃/l está atrelada ao efeito de tamponamento da água, ou seja, a capacidade da mesma não permitir altas variações de pH. Na prática, mesmo quando o aquaponicultor adiciona água com maior acidez (água de poços artesianos por exemplo), o sistema permanecerá estável.

4.3 Oxigênio dissolvido

Os organismos presentes no sistema aquapônico (peixes, bactérias e vegetais) necessitam de oxigênio para sobreviverem e se desenvolverem, desse modo é fundamental que haja oxigênio dissolvido na água do sistema na quantidade ideal, sempre acima de 6 mg/

Figura 26 - Funcionamento da bomba hidráulica utilizada para promover oxigenação. Onde: (A) Tanque de criação dos peixes; (B) Bomba hidráulica; (C) Encanamento destinado à incorporação de oxigênio à água; (D) Filtro para retenção de partículas.



Fonte: Os autores e Guilherme et al. (2019)

litro e nunca menor do que 3 mg/litro. Podemos medir o O_2 dissolvido com kit colorimétricos ou com auxílio de um oxímetro.

Por apresentar alta densidade de estocagem de peixes e baixas quantidades de fitoplâncton na água (importante microrganismo relacionado à produção de oxigênio na piscicultura tradicional) a inserção mecânica de oxigênio através de bombas difusoras de ar ou bombas hidráulicas adaptadas (Figura 26) é imprescindível para o atendimento das necessidades dos organismos cultivados em aquaponia.

4.4 Amônia, nitrito e nitrato

Durante o ciclo produtivo, ocorre a produção de uma substância altamente tóxica chamada AMÔNIA ou NH_3 . Ela é produzida pelos próprios peixes e a partir da decomposição das fezes e sobras de ração que não foram consumidas. Esta substância deve ser transformada, inicialmente em nitrito, que também é tóxico, e posteriormente em nitrato, que possui baixa toxicidade aos peixes, além de ser absorvido e utilizado pelas plantas do sistema para crescerem.

O biofiltro é a estrutura responsável pela transformação da amônia em nitrato. Ele é o componente do sistema que abriga bactérias responsáveis por fazer esta transformação, porém para funcionar de forma eficiente é preciso que o biofiltro esteja abastecido com “biomídias”, as quais servem de base para essas bactérias se desenvolverem. O ideal é que os níveis de amônia e nitrito fiquem próximos de zero, isso indica que o biofiltro está funcionando de maneira eficiente. Salienta-se que tanto a amônia quanto o nitrito costumam ser medidos através de testes colorimétricos, assim como o pH, alcalinidade e oxigênio dissolvido.

A Figura 27, traz o esquema detalhado de componentes internos e externos de um biofiltro.

ATENÇÃO

Concentrações de amônia e nitrito, acima de 0,2 mg/l podem causar redução de crescimento e diminuição da resistência dos animais a doenças. Concentrações a partir de 2,0 mg/litro de amônia tóxica e 1,0 mg/l de nitrito já podem causar mortalidade dos peixes. Além disso, é importante enfatizar que o pH apresenta uma forte relação com a amônia tóxica, logo se tornando mais um motivo para evitar que a água fique com pH muito básico, ou seja maiores que 7.

Observação: pH = 7,5 apesar de ser básico, ainda é aceitável!



Figura 27 - Esquema ilustrativo sobre os detalhes internos e externos do biofiltro



ATENÇÃO

- As biomédias são pequenas estruturas que servem como área para colonização de bactérias nitrificantes, sendo essenciais para o bom funcionamento do biofiltro (ver mais detalhes no capítulo 3).
- A amônia produzida no sistema é decorrente da proteína presente na ração. Sendo assim, utilizar rações com teores de proteína acima do recomendado, costuma gerar problemas com níveis elevados de amônia, além de representar desperdício financeiro.
- A fim de reduzir níveis elevados de amônia e nitrito no tanque de criação, duas práticas podem ser empregadas pelo aquaponicultor: Realizar Trocas Parciais de Água – TPA e Inocular bactérias nitrificantes no biofiltro.



5. Manejo de Produção Animal

5 MANEJO DE PRODUÇÃO ANIMAL

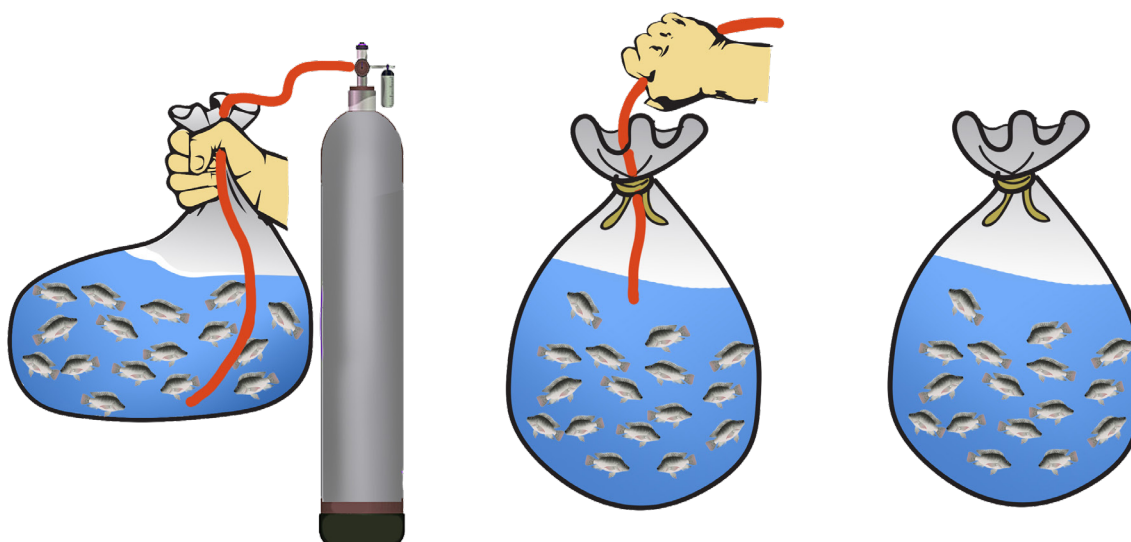
Nesse capítulo, serão abordadas questões do manejo geral de animais criados em sistema de aquaponia, com enfoque nos seguintes temas: **aquisição, recepção e aclimação dos animais; densidade de estocagem ideal; biometria e arraçoamento.**

5.1 Aquisição, recepção e aclimação dos animais

Os alevinos que serão inseridos no sistema deverão apresentar uma boa qualidade genética e sanitária, devendo ser adquiridos de fornecedores idôneos (confiáveis).

Na maioria dos casos, por causa da distância, o produtor de alevinos realiza o transporte dos peixes em sacos plásticos, que são parcialmente preenchidos com água e oxigênio (Figura 28). Alguns, fazem a adição de sal para proporcionar maior conforto aos peixes durante o transporte.

Figura 28 - Preparo dos peixes para transporte utilizando sacos plásticos e oxigênio



Após a chegada dos animais na propriedade do aquaponista, é necessário que eles passem por um período de aclimação. Este procedimento tem por finalidade evitar variações bruscas de temperatura e pH entre a água de transporte e a água de cultivo, devendo ser realizado em 3 passos que juntos duram em média de 20 a 30 minutos (Quadro 14).

Quadro 14 - Aclimação dos peixes no tanque após o transporte.

PASSO	IMAGEM	DESCRIÇÃO
PASSO 1		Colocar os sacos plásticos, ainda fechados, dentro dos tanques de criação e deixá-los flutuar durante 10 a 20 minutos, para que a temperatura da água de transporte fique próxima a do local de criação.

Cont. do Quadro 14 - Aclimação dos peixes no tanque após o transporte.

PASSO	IMAGEM	DESCRIÇÃO
PASSO 2		Abrir os sacos plásticos e colocar pequenas porções de água do tanque de criação dentro dos sacos para igualar lentamente as características das águas (como o pH), devendo prosseguir até completar o saco plástico.
PASSO 3		Mergulhar o saco plástico aberto no interior do tanque para que os alevinos possam sair de forma lenta.

ATENÇÃO

Nos primeiros dias, observar o comportamento dos animais, verificando a existência de peixes doentes ou mortos.



5.2 Densidade de estocagem ideal

A aquaponia apresenta-se como sistema de produção intensivo e de recirculação de água. Neste modelo de cultivo, a densidade de peixes pode ultrapassar os 20 kg/m³, dependendo da espécie cultivada.

Sendo assim, observe alguns exemplos para correto adensamento dos peixes no tanque de criação.

Exemplo 01: Densidade de estocagem final dos animais, baseado no peso da despesa.

Cálculo baseado na densidade final de 20 kg/m³ de tambaquis despescados com 400g (curumim). Para tanto, basta dividir a densidade máxima de estocagem pelo peso individual dos animais no momento da despesa.

• Logo:

Densidade de estocagem = (densidade final (kg/m³)) / (peso à despesa (kg))

Densidade de estocagem = (20 kg/m³) / (0,4 kg) = 50 peixes/m³

Observação: Recomenda-se a consulta de um técnico competente quando almejar densidades de estocagem superiores a 20 kg/m³. Em algumas espécies, tal adensamento pode causar estresse e consequente impacto negativo à produção.

Exemplo 02: Como saber quais as quantidades de peixes que um determinado tanque suporta.

Imaginemos que nosso tanque de cultivo apresenta 2,2 m³. Utilizando a densidade de estocagem calculada no exemplo 01 (50 peixes/m³), teremos:

Nº de peixes no tanque = (volume do tanque) x (densidade de estocagem)

Nº de peixes no tanque = 2,2 x 50 = 110 peixes/ tanque

Neste exemplo, o Aquaponicultor irá despescar 110 tambaquis com 400g cada, totalizando 44 kg de peixe.

Observação: Vale lembrar que após a despesca, a quantidade de peixes referente ao que foi calculado para o tanque sempre deve ser reposta, uma vez que um novo ciclo de produção deve iniciar.

5.3 Biometria

A biometria é um manejo no qual parte dos peixes cultivados são amostrados, com os objetivos de coletar e avaliar informações de interesse, como peso e estado sanitário. Este manejo deve ser incorporado como atividade essencial na rotina do aquaponista, devendo ser realizada a cada 15 dias ou no máximo uma vez ao mês. Tal manejo permitirá ajustes, principalmente na alimentação dos animais.

O número de animais na biometria deverá ser entre 5 e 10% do total de peixes do tanque. Por exemplo, em um tanque que possui 110 animais, deve-se capturar cerca 11 indivíduos para realização deste manejo. Além disso, os animais devem passar por um jejum de 24 horas e a biometria realizada em horários mais amenos do dia, objetivando reduzir o estresse causado por este procedimento.



Equipamentos necessários à biometria!

- Puçá ou Tarrafa;
- Balde;
- Balança;
- Sal comum ou marinho;
- Planilha de campo, calculadora e lápis.

A pesagem pode ser feita em uma balde com água ou no próprio puçá, desconsiderando o peso desses elementos. É importante salientar que pode ser utilizado o sal na proporção de 5 a 8 g/L na água da pesagem para estimular a produção de muco pelos peixes, além de reduzir o estresse.

Exemplo 03 – Primeira biometria de tambaquis, em tanque de 2,2 m³, com 110 animais

Durante este manejo, o produtor deverá coletar os seguintes dados:

TARA: PESO DO BALDE + ÁGUA (kg): **7,0**

PESO DO BALDE + ÁGUA + PEIXES (kg): **7,2**

Nº DE PEIXES AMOSTRADOS: **11** (10% dos animais)

Esses dados servirão para calcular alguns indicadores de produção do sistema aquapônico, devendo alimentar a planilha de campo, aqui proposta (Quadro 15).

Quadro 15 - Planilha de campo para acompanhamento de biometria, parcialmente preenchida.

Tanque: A		Data do povoamento: 20/07/2021				Espécie: TAMBAQUI	
Data	Nº de peixes no viveiro	Peso do balde + água (tara) (kg)*	Peso do balde + água + peixes (kg)*	Peso amostrado (kg)**	Nº de peixes amostrados*	Peso médio (kg)**	Biomassa (kg)**
20/07	110	7,0	7,2		11		

*dados coletados durante a biometria.

De posse dos dados necessários, será calculado o peso médio dos peixes do tanque em dois passos.

1. Calcular o peso dos peixes amostrados dentro do balde:

PESO DOS PEIXES AMOSTRADOS: (PESO DO BALDE + ÁGUA + PEIXES) – (PESO DO BALDE + ÁGUA)

PESO DOS PEIXES AMOSTRADOS = 7,2 – 7 = 0,2 kg

2. Calcular o peso médio individual dos peixes:

PESO MÉDIO INDIVIDUAL DOS PEIXES = Peso dos peixes da amostra ÷ Nº de peixes da amostra

PESO MÉDIO INDIVIDUAL DOS PEIXES = 0,2 ÷ 11 = 0,018 kg

Peso médio: representa uma estimativa do peso de cada indivíduo dentro do tanque. Através deste indicador, podemos avaliar se os animais estão crescendo conforme o esperado. Para isso, comparamos os valores de peso médio a cada biometria.

Com o peso médio dos peixes calculado, é possível fazer o cálculo de biomassa daquele tanque, possibilitando o ajuste no fornecimento de ração, que será descrito posteriormente.

Biomassa do tanque = (Nº de peixes do tanque X Peso Individual dos peixes)

Biomassa do tanque = $110 \times 0,018 = 1,98 \text{ kg}$

Biomassa: Estimativa da soma total do peso dos peixes existentes dentro do tanque.

Os dados aqui calculados deverão alimentar a planilha de campo, conforme indicado abaixo (Quadro 16).

Quadro 16 - Planilha de campo para acompanhamento de biometria, completamente preenchida.

Tanque: A		Data do povoamento: 20/07/2021				Espécie: TAMBQUI	
Data	Nº de peixes no viveiro	Peso do balde + água (tara) (kg)*	Peso do balde + água + peixes (kg)*	Peso amostrado (kg)**	Nº de peixes amostrados*	Peso médio (kg)**	Biomassa (kg)**
20/07	110	7,0	7,2	0,2	11	0,018	1,98

*dados coletados durante a biometria; **dados calculados pelo Aquaponicultor.

O manejo deve ser realizado de forma rápida, porém, cuidadosamente, de modo a evitar lesões ou que os peixes fiquem expostos ao ar por longos períodos. Manejos incorretos podem provocar mortalidade aos animais, logo deve-se observar as primeiras 48 horas após a biometria.

5.4 Arraçoamento

Para realização de um correto arraçoamento dos peixes, é necessário conhecermos alguns pontos importantes, tais como:

- **Tipo de ração** - A ração mais adequada para os peixes é a do tipo extrusada, ou seja, a que possui a capacidade de flutuar na superfície da água.
- **Tamanho do grânulo/pélete** - É importante para arraçoamento correto, uma vez que o animal não conseguirá engolir rações que possuam péletes maiores que a própria

boca. O ajuste deste tamanho acontece com o desenvolvimento dos animais, devendo ser avaliado a cada biometria.

- **Proteína bruta (%)** - A quantidade de proteína em rações para peixes diminui com o aumento do seu tamanho corporal e idade. Nesse sentido, peixes mais jovens, que apresentam crescimento acelerado, necessitam de maiores quantidades deste nutriente na dieta.

- **Frequência alimentar** - Por terem maior apetite e ao mesmo tempo possibilitar maior aproveitamento dos nutrientes da ração, o fornecimento de ração para animais jovens deve ser feito em um maior número de vezes por dia, devendo ser reduzida ao passar dos meses de cultivo.

- **Fornecimento da ração** - A ração deve ser fornecida de forma que todos os animais tenham acesso. Sendo assim, é recomendado que ela fique espalhada por toda a superfície da água do tanque, caso contrário alguns animais terão crescimento retardado, o que pode ocasionar desuniformidade no tamanho dos peixes do lote.

Considerando o correto arraçamento do tambaqui, sugerimos seguir as recomendações fornecidas pelo Quadro 17. Nele, podemos observar que as características da ração a ser fornecida aos animais variam conforme as fases de criação, que por sua vez, variam conforme o ganho de peso dos peixes.

Quadro 17 - Manejo alimentar sugerido para alimentação de tambaquis.

Fase de criação	Alevinagem				Juvenil I		Juvenil II			Engorda inicial							Finalização			
	Farelada (0,4mm)	Granulada (1,7 – 4 mm)		Granulada (4 – 6 mm)		granulada (8 mm)				granulada (10 mm)										
	40 % PB				36 % PB		32 PB%				28 % PB				22 % PB					
	10 % do peso vivo				5 % do peso vivo				3 % do peso vivo			2 % do peso vivo			1,5 % do peso vivo					
	3x ao dia				2x ao dia															
	Peso médio dos peixes (g)	2	4	5	10	15	20	30	40	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000

Fonte: Adaptado de Correa et al. (2011).

Para entendermos melhor o uso do quadro acima, vamos utilizar como exemplo o peso dos animais que anotamos na planilha de campo para acompanhamento de biometria (Quadros 15 e 16). Neste exemplo, observamos que os peixes apresentavam **peso médio de 18 gramas**, logo, podemos dizer que se encontram na fase de juvenil I, devendo receber uma **ração granulada de 4 a 6 mm** de tamanho do pélete, com **36% de proteína bruta**, quantidade diária de ração equivalente a **5% do peso vivo**, sendo dividida em **duas refeições diárias**.



Exemplo 4: Cálculo da quantidade de ração a ser fornecida por refeição

Suponhamos que um produtor aquapônico possua em seu tanque de cultivo, 110 peixes, e após a biometria foi estimado que possuem peso médio de 18 gramas. Baseado no Quadro 17, segue os dados referentes a essa faixa de peso.

Dados:

- Fase de criação: Juvenil;
- Tipo de ração: Granulada de 4 a 6 mm;
- Teor proteico: 36% de proteína bruta;
- Taxa de alimentação: 5% ($5/100 = 0,05$) do peso vivo;
- Frequência alimentar: 2 x ao dia.

1 ° passo: Calcule a biomassa

Biomassa = 110 peixes x 18 gramas = 1.980 gramas de peixes

2° passo: Calcular quantidade de ração

Quantidade de ração = taxa de alimentação x biomassa

Quantidade de ração = $0,05 \times 1.980 = 99$ gramas de ração

3° passo: Cálculo da quantidade de ração por refeição

Número de refeições = quantidade de ração diária ÷ frequência alimentar

Número de refeições = $99 \text{ gramas} \div 2 = 49,5 \text{ g de ração por refeição}$



6. Manejo na Produção Vegetal

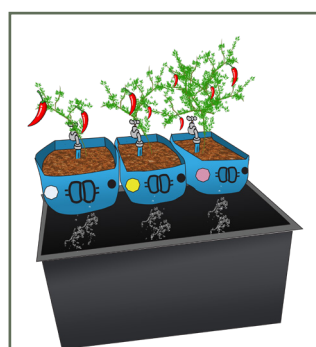
6 MANEJO NA PRODUÇÃO VEGETAL



Oi pessoal! Neste capítulo abordaremos os principais manejos relacionados à produção vegetal, tendo a alface (*Lactuca sativa*) como principal espécie cultivada em nosso sistema. É importante ressaltar que em sistemas aquapônicos é possível o cultivo de uma grande quantidade de espécies vegetais, desde folhosas a frutíferas!

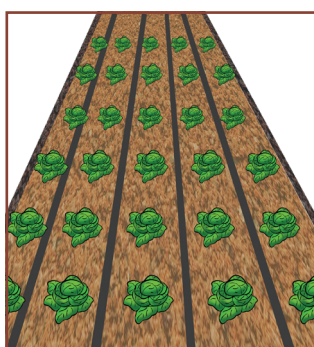
Conforme demonstrado na Figura 29, existem diferentes ambientes de produção vegetal disponíveis ao aquapicultor, tais como: cultivo em substrato (cascalho, areia, entre outros), cultivo em ambientes flutuantes e cultivo em canaletas.

Figura 29 - Ambientes de cultivo vegetal utilizados na aquaponia



CASCALHO

É caracterizado por utilizar substrato com alta superfície de contato, como argila expandida, pedra brita, seixos de leito de rio, rochas vulcânicas, perlita, entre outros. O cascalho dará suporte para fixação dos vegetais, além de funcionar como filtro biológico, sendo um modelo prático, funcional e indicado para pequena escala de produção.



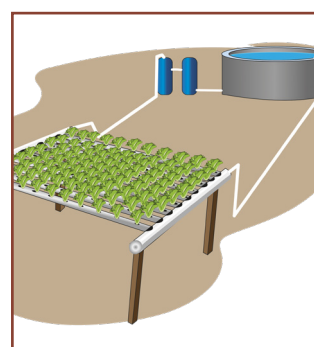
AREIA

No modelo que é utilizado areia ou pó de coco como substrato para os vegetais, mantém-se uma lâmina d'água de aproximadamente 5 cm de altura, e essa água sobe pelos poros da areia por cerca de 20 cm, para alcançar as raízes. É utilizado em média e larga escala, sendo um ambiente propício para o cultivo de raízes como cenoura, beterraba, entre outras.



FLUTUANTE

A produção vegetal ocorre em placas contendo orifícios espaçados de acordo com o recomendado para a cultura. Indicado para vegetais leves como as folhosas bem como para regiões quentes e com elevada variação de temperatura. É um dos ambientes mais utilizados em sistemas aquapônicos de média e grande escala.



CANALETA

No cultivo em canaletas ou NFT, os vegetais são cultivados em canos de PVC contendo furos de apoio para as plantas. O espaçamento entre os furos e entre linhas de canos é conforme a densidade de plantio e a fase de cultivo vegetal. As canaletas ficam inclinadas (8 a 12%), de forma que a água umedeça as raízes das plantas.

6.1 Aquisição e conceitos de produção de mudas

Técnicas relacionadas à produção de mudas não serão abordadas detalhadamente neste tópico. Traremos apenas conceitos gerais, caso necessário, consulte um técnico especializado nesta área.

A técnica empregada na produção de mudas vai depender do ambiente de cultivo utilizado. Em geral, as mudas são produzidas em bandejas de semeadura utilizando areia lavada, em seguida são transplantadas na forma de raiz nua para as bancadas de cultivo, lavando-se o excesso de areia das raízes. Porém, elas também podem ser produzidas utilizando como substrato a espuma fenólica, fibra de coco ou vermiculita, podendo ser transplantadas para as calhas de cultivo diretamente. Nesses casos, há a necessidade de um filtro mecânico antes do retorno da água para o tanque de criação, evitando o possível desprendimento de partículas para este. Uma das vantagens de utilizar substrato ao invés de raiz nua, está atrelado ao fato de o substrato manter as raízes umedecidas mesmo após uma eventual falta de energia elétrica, quando as bombas param de funcionar.

É importante ressaltar que o transplante das mudas, da bandeja de semeadura para a bancada de cultivo, deverá acontecer quando estas alcançarem tamanho superior a 12 cm de altura. Além disso, deve-se evitar danificar as raízes e folhas, pois essas injúrias podem ser portas de entrada para fungos causadores de doenças.

No caso da aquisição das mudas, o aquaponista deve comprá-las de um produtor confiável, garantindo a inexistência de doenças, além de apresentarem boa aparência.

Salienta-se que o aquaponicultor só deverá iniciar o primeiro ciclo de cultivo vegetal após o pleno funcionamento do filtro biológico, local que abriga bactérias benéficas responsáveis pela transformação de produtos tóxicos, em produtos assimiláveis pelas plantas. De maneira geral, o sistema aquapônico apresenta-se estável, pronto para o cultivo, entre 20 e 40 dias após o início do povoamento dos tanques.

6.2 Qualidade da água e adubação suplementar

No capítulo de qualidade de água foi apresentado a importância de todos os parâmetros relacionados aos organismos aquáticos, entretanto o aquaponista precisa ter em mente que essa água também será destinada aos vegetais cultivados.

O sistema aquapônico deve ser bem dimensionado de modo a melhor atender o equilíbrio entre as exigências nutricionais dos organismos. Porém, mesmo corretamente planejado, ainda podem ocorrer deficiências na nutrição dos vegetais (Quadro 18), tendo em vista serem baixos os níveis de alguns nutrientes nas rações fornecidas aos animais.

Quadro 18 - Nutrientes limitantes e recomendação de adubação suplementar.

Nutriente limitante	Suplemento nutricional	Quantidade a ser aplicada (g/m ³)	Níveis ideais do elemento na água (mg/L)	Intervalo de aplicação (dias)
Fósforo (P)	Hiperfosfato de gafisa (pó de rocha)	100	-	60

Cont. do Quadro 18 - Nutrientes limitantes e recomendação de adubação suplementar.

Nutriente limitante	Suplemento nutricional	Quantidade a ser aplicada (g/m ³)	Níveis ideais do elemento na água (mg/L)	Intervalo de aplicação (dias)
*Potássio (K)	Sulfato de potássio (K ₂ SO ₄), Hidróxido de potássio (KOH), Cloreto de Potássio (KCl).	100	15 a 20	40 a 60
Ferro (Fe)	Ferro quelatado (tipo EDDHMA ou EDDHA).	5	0,2 a 0,5	40 a 60
**Cálcio (Ca)	Calcário dolomítico CaMg(CO ₃) ₂ .	200	-	60

*A adição de KOH deve ser feita com cautela e observando a resposta dos valores de pH da água, pois estas substâncias podem aumentar o pH rapidamente; ** O suprimento de Ca poderá ser atendido com a adição de calcário para a correção da acidez e alcalinidade da água, conforme recomendado para os peixes.

Fonte: Carneiro et al. (2016)

Em caso de desbalanço nutricional, pode-se fazer a correção pela aplicação de nutrientes via foliar. Nesse caso, cada espécie terá uma recomendação diferenciada em relação a dosagem de nutrientes. Por isso, deve-se procurar um técnico qualificado para atender essa eventual demanda.



Além do controle dos nutrientes dentro do sistema aquapônico, é necessário o acompanhamento de outros 3 parâmetros, sendo eles:

Condutividade elétrica (CE)

- Utiliza-se o aparelho denominado Condutivímetro para medir a CE;
- A CE da água deve ficar entre 600 e 900 µS/cm².

Oxigênio Dissolvido na Água

- Utiliza-se o aparelho denominado oxímetro para medir o oxigênio na água ou através de kits colorimétricos;
- Superior a 3 mg/L é suficiente para a criação de peixes, valor este atendendo a necessidade de oxigênio pela planta.

pH

- Utiliza-se o aparelho denominado peagâmetro para medir o pH ou através de kits colorimétricos;
- Deve-se manter o pH da água entre 6,5 e 7,0.

6.3 Pragas, doenças e profilaxia

A produção vegetal em sistemas aquapônicos apresenta, geralmente, baixa incidência de pragas e doenças. Entretanto, a falta de controle dessa situação pode levar a grandes prejuízos, ou até mesmo ao encerramento da atividade produtiva. Sendo assim, deve-se dar considerável atenção ao controle de pragas e doenças, uma vez que não é recomendável a utilização de defensivos químicos convencionais, pois poderão causar danos ou morte dos organismos presentes no sistema.

Os fungos, oomicetos e bactérias são os principais contaminantes, podendo encontrar como fonte de inóculo: sementes, mudas, substratos, ferramentas, vento, água, o operador e próprio sistema de cultivo. Salienta-se que algumas práticas de manejo empregadas inadequadamente pelo aquaponicultor podem facilitar a presença desses microrganismos patógenos no ambiente de cultivo, conforme descrito abaixo:

1. Problemas de natureza fisiológica e doenças podem ser provocadas pelo **balanço inadequado de nutrientes** na água, provocando excesso ou falta de alguns elementos, expondo a planta a condições de vulnerabilidade.
2. A **falta de higienização** do sistema de cultivo também pode acarretar doenças parasitárias. Os patógenos do gênero *Pythium* são os mais importantes!



O **controle químico**, por meio de agrotóxico, é **descartado** em sistemas aquapônicos, devendo ser adotado o **controle integrado de doenças**, visando impedir a entrada do patógeno no sistema ou mesmo reduzir ou eliminar certa população de microrganismo, mantendo sempre a população a um nível abaixo de dano econômico.

As principais pragas que podem ser encontradas em sistema aquapônico são: ácaros, pulgões, mosca branca e tripses. Algumas medidas profiláticas podem ser empregadas pelo aquaponicultor de modo a minimizar os prejuízos causados por pragas e doenças, conforme exposto no Quadro 19.

Quadro 19 - Principais medidas profiláticas recomendadas para minimização dos riscos incididos por doenças e pragas na aquaponia.

Risco	Medidas profiláticas recomendadas
Doenças	Qualidade da água dentro dos parâmetros recomendados
	Estrutura em local bem arejado
	Sementes e mudas de procedência idônea
	Plástico de cobertura e tela de proteção limpos

Cont. do Quadro 19 - Principais medidas profiláticas recomendadas para minimização dos riscos incididos por doenças e pragas na aquaponia.

Risco	Medidas profiláticas recomendadas
Doenças	Água de recirculação não contaminada
	Eliminação de mudas anormais
	Controle do mato ao redor do ambiente de cultivo
	Treinamento do operador
	Fonte limpa de água
	Desinfecção de operadores, ferramentas e do sistema aquapônico
	Controle da temperatura da água
	Presença de pedilúvio com cal
	Eliminação de plantas doentes e mortas
*Pragas	Uso de telas antiafídeos ao redor da casa de vegetação
	Existem inimigos naturais que controlam o inseto-praga.
	O uso de armadilhas amarelas com óleo tem sido ferramenta promissora no controle de algumas dessas pragas
	Uso de calda bordaleza (consultar um agrônomo ou técnico agrícola).

*Muitas das medidas empregadas no manejo integrado de doença poderá ser aplicado no controle das pragas, pois visam ao impedimento da entrada desses organismos no sistema, bem como sua instalação e propagação.

Lembre-se! Uma planta bem nutrida será muito mais resistente a pragas e doenças!





7. Cuidados Higiênico- Sanitários

7 CUIDADOS HIGIÊNICO-SANITÁRIOS

7.1 Higiene pessoal

Agora abordaremos mais um assunto relevante: a higiene pessoal antes da realização do manejo de sistemas aquapônicos. Nesse contexto, destacamos a “lavagem das mãos” como fator primordial, pois elas podem carregar uma grande quantidade de microrganismos indesejáveis, tendo em vista que são utilizadas em todas as atividades com os animais e vegetais. Sendo assim, recomendamos a higiene de forma adequada antes da realização de qualquer manejo de produção, conforme demonstrado na Figura 30.

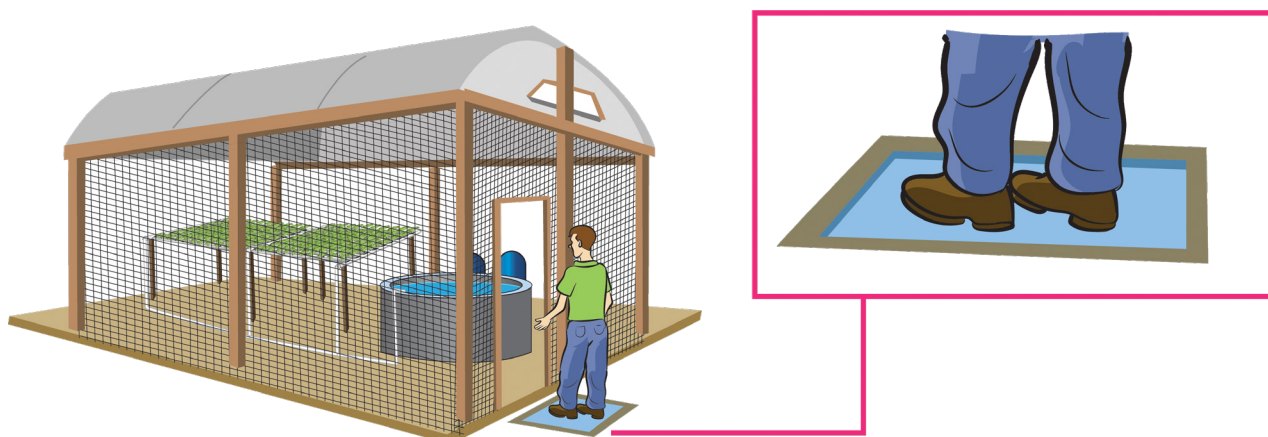
Figura 30 - Procedimento para correta lavagem das mãos



7.2 Utilização de pedilúvio na entrada da casa de vegetação

Além do que foi mencionado anteriormente, também devemos ter cuidado para evitar a transmissão de organismos patogênicos do ambiente externo para dentro da estufa. Diante desta preocupação, é recomendável a utilização de pedilúvio na entrada.

Essa estrutura tem por finalidade, eliminar os microrganismos dos calçados das pessoas que entram na estufa. Para isso, o pedilúvio contém uma solução com produtos capazes de eliminar esses microrganismos, como a cal virgem, podendo ser construído de alvenaria ou outros materiais que possibilitem colocar o produto desinfetante, conforme demonstrado na Figura 31.

Figura 31 - Localização do pedilúvio

A creolina também pode ser utilizada como produto sanitizante em pedilúvios. Devendo ser diluída na proporção de 1 ml para cada litro de água.

7.3 Desinfecção dos equipamentos

Agora, abordaremos sobre a desinfecção dos equipamentos que são utilizados na aquaponia, manejo essencial para evitar a disseminação de microrganismos nocivos neste sistema. Nesse sentido, comentaremos como essa limpeza deve ser realizada em três simples passos.

1. Reúna os materiais que serão utilizados na desinfecção dos equipamentos: detergente, água sanitária, caixa d'água ou outro recipiente, luvas de borracha.
2. Lave todos os equipamentos primeiro com detergente e em seguida enxágue com água corrente, não deixando resíduos de detergente nos equipamentos.
3. Após lavar os equipamentos com detergente, deixe-os de molho em solução de água e água sanitária. Para isso, realize as etapas a seguir:
 - a. Lave a caixa d'água;
 - b. Encha com água limpa;
 - c. Prepare a solução na caixa d'água – 10 ml de água sanitária (hipoclorito de sódio 2% a 2,5%) para cada 1 litro água;
 - d. Mergulhe os equipamentos;
 - e. Deixe os materiais na solução por cerca de 1 hora;
 - f. Retire os materiais e enxágue com água corrente.

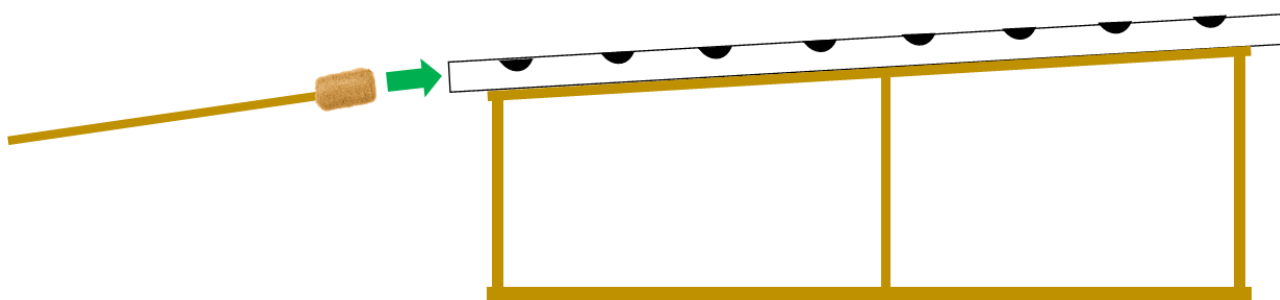
Enxague abundantemente os equipamentos, de modo a não haver resíduos de água sanitária pós-lavagem, pois este elemento será prejudicial às bactérias do biofiltro do seu sistema aquapônico!

7.4 Desinfecção das bancadas de cultivo vegetal e tanques de peixes

Após o final de cada ciclo de produção vegetal, deve ser realizada a limpeza das canaletas de cultivo, a fim de evitar que os microrganismos presentes nesse ambiente ocasionem problemas de enfermidades nas próximas culturas. A seguir serão apresentadas as etapas que devem ser realizadas para a desinfecção dessa estrutura.

1. As bancadas de cultivo vegetal deverão passar por um rigoroso processo de higienização após a retirada dos vegetais ou quando se perceber que o sistema está contaminado por um fungo como *Pythium* ou uma bactéria como *Erwinia sp.*, que são patógenos que encontram ambiente altamente favorável em água livre.
2. Desacople as bancadas de cultivo do restante do sistema aquapônico de modo a evitar a contaminação das bactérias nitrificantes e dos peixes pela solução sanitizante.
3. Prepare e aplique a solução sanitizante, 50 ml de água sanitária (hipoclorito de sódio 2% a 2,5%) para cada 1 litro água, para que sejam removidos os organismos causadores de doenças.
4. Para retirar sujidades encrustadas internamente nas tubulações, é recomendado a utilização de uma vara com uma esponja em sua extremidade, desse modo facilitando a limpeza interna das calhas (Figura 32).
5. A solução desinfetante deve ficar em contato com essas estruturas até que todos os organismos patogênicos sejam removidos. É importante que o sistema seja enxaguado abundantemente com água limpa antes de se acoplar o restante do sistema ou colocar mudas, pois o cloro apresenta alta fitotoxicidade, além de prejudicar as bactérias e os peixes.

Figura 32 - Equipamento utilizado para limpeza interna da calha de cultivo vegetal.



*Através dele, pode-se esfregar a parte interna das canaletas, facilitando a retirada das sujeiras que se acumulam ao longo do cultivo.

No caso dos tanques de criação animal, o sistema em si constantemente promove sua limpeza e melhoria de qualidade de água. Nesse sentido, a limpeza e desinfecção através do esvaziamento só será necessária em casos excepcionais, como por exemplo após surtos de doenças na produção animal!

No entanto, outras estratégias podem ser utilizadas para a manutenção de um ambiente equilibrado, como por exemplo:

- Limpeza mecânica do tanque através do sifonamento de sujidades;
- Uso de luz infravermelha, como forma de combater microrganismos patógenos.

Para detalhes de alternativas, um técnico deve ser consultado!

REFERÊNCIAS

CARNEIRO, P. C. F. et. al. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. Aracaju: Embrapa. 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142630/1/Doc-189.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2021.

CARNEIRO, P., et. al. **Sistema familiar de aquaponia em canaletas**. Aracaju: Embrapa, 2016. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1064917/1/CT81.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2021.

CORREA, R. D. O., de SOUSA, A. R. B., MARTINS JUNIOR, H. **Criação de tambaquis**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181969/1/Criacao-de-Tambaquis-AINFO.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2021.

CORREA, R. D. O., et al. **Manejo alimentar para tambaquis na piscicultura familiar no nordeste paraense**. Belém PA: Embrapa, 2011 <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/922783/manejo-alimentar-para-tambaquis-na-piscicultura-familiar-no-nordeste-paraense>. Acesso em: 2 ago. 2021

GUILHERME, L., SOBREIRA, R. D. S., OLIVEIRA, V. Q. **Sisteminha Embrapa-UFU-FAPEMIG: Sistema Integrado de Produção de Alimentos-Módulo1: tanque de peixes**. Teresina: Embrapa Meio Ambiente, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1111791/1/SisteminhaEmbrapaUFUFapemigBaixa2019.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí, SP: Kubitza, 2003.

KUBITZA, F. **Sistemas de Recirculação**: Sistemas fechados com tratamento e reuso da água. *Panorama da aquicultura*, v.16, n.95, maio a jun. 2006. Disponível em: http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan95_Kubitza.pdf. Acesso em: 06 set. 2021.

KUBITZA, F. A versatilidade do sal na piscicultura. **Panorama da aquicultura**, set. a out. 2007. Disponível em: http://www.acquaimagem.com.br/aquagenetica/site/wp-content/uso_sal_piscicultura.pdf. Acesso em: 8 jul. 2021.

LIMA, A. et al. **Manejo alimentar**: piscicultura familiar. Jundiaí: Embrapa Pesca e Aquicultura. 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/972073/1/Alimentacao.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

LIMA, A. F. et a. **Biometria de peixes**: piscicultura familiar. Embrapa Pesca e Aquicultura, 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/972070/1/Biometria.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

LOPES, C. A., Carrijo, O. A., Makishima, N. **Contaminação com patógenos em sistemas hidropônico**: como aparecem e como evitar. Jundiaí: Embrapa, 2005. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/31446/1/cot_31.pdf. Acesso em: 1 mai. 2021.

MORI, J., SMITH, R. **Transmission of waterborne fish and plant pathogens in aquaponics and their control with physical disinfection and filtration**: A systematized review. Aquaculture, 504, 380-395. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848618319835>. Acesso em: 2 out. 2021.

QUEIROZ, J. F. et al. **Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2017. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178041/1/2018DC01.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2021

REIS, N. V. **Construção de estufas para produção de hortaliças nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/779127/4/ct38.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2021.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Piscicultura**: manejo sanitário. 107p. Coleção SENAR 196. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/196-MANEJO.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2021.

SILVA, J. C. B. V., LIMA, N., OLIVEIRA, V. **Estufa ecológica**: uso do bambu em bioconstruções. Curitiba: CPRA. 2011. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/administracao/construcoes/livros/ESTUFA%20ECOLOGICA%20USO%20DO%20BAMBU%20EM%20BIOCONSTRUCOES.pdf>. Acesso em: 5 maio 2021.

SOMERVILLE, C. et al. **Small-scale aquaponic food production**: integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, (589), 2014. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i4021e/i4021e.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2021.



**INSTITUTO
FEDERAL**
Pará

ifpa.edu.br

   ifpaoficial
 InstitutoFederaldoParáIFPA