



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

FABIO RENAN SANTOS

Recife, PE

2022



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA**

**ATIVIDADES DE PLANEJAMENTO, DIMENSIONAMENTO E INSTALAÇÃO DE
UM SISTEMA DE AQUAPONIA COM ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL (LED)**

FABIO RENAN SANTOS

Relatório de Estágio Supervisionado Obrigatório apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Luís Otávio Brito da Silva

Supervisor: Prof. Dr. Willy Vila Nova Pessoa

Recife, PE

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA

**ATIVIDADES DE PLANEJAMENTO, DIMENSIONAMENTO E INSTALAÇÃO DE
UM SISTEMA DE AQUAPONIA COM ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL (LED)**

FABIO RENAN SANTOS

Parecer do Relatório Supervisionado Obrigatório de Fabio Renan Santos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de pesca apresentado em 26 de maio de 2022.

A banca examinadora considera o discente Fabio Renan Santos do Curso de Bacharelado em Engenharia de Pesca, da Universidade Federal Rural de Pernambuco/SEDE, como Aprovado.

Recife, 26 de maio de 2022.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Luís Otávio Brito da Silva

Prof. Dr. Willy Vila Nova Pessoa

Msc. João Victor Rocha Albuquerque Lima

DADOS DO ESTÁGIO

NOME DA EMPRESA OU ESTABELECIMENTO: IFPE CAMPUS VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

LOCAL DE REALIZAÇÃO: Laboratório de Ecologia e Aquicultura (LEA) - IFPE

PERÍODO: 01/03/2022 a 09/05/2022

CARGA HORÁRIA: 300 horas

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luís Otávio Brito da Silva

SUPERVISOR: Prof. Dr. Willy Vila Nova Pessoa

CARGA HORÁRIA TOTAL: 300 horas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S237a

Santos, Fabio Renan

Atividades de planejamento, dimensionamento e instalação de um sistema de aquaponia com iluminação artificial (LED) / Fabio Renan Santos. - 2022.
58 f. : il.

Orientador: Luis Otavio Brito da Silva.
Coorientador: Willy Vila Nova Pessoa.
Inclui referências e apêndice(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia de Pesca, Recife, 2022.

1. aquaponia. 2. organismos aquáticos. 3. iluminação artificial. I. Silva, Luis Otavio Brito da, orient. II. Pessoa, Willy Vila Nova, coorient. III. Título

CDD 639.3

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus avós, Seu Antônio, Dona Severina e Dona Maria, que foram muito importantes na minha formação como ser humano e me guiaram nas escolhas da vida.

AGRADECIMENTOS

Apesar de não ser e nunca ter sido um homem de muita fé, gostaria de agradecer a Deus, pois durante toda minha caminhada na vida, o Universo foi bondoso comigo, colocou ótimas pessoas pelo caminho, abriu muitas portas, me deu muitas oportunidades e nos momentos difíceis e inesperados sempre tem acontecido coisas boas.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), por ter o Melhor RU do Brasil, e pelo acolhimento, carinho e cuidado nos últimos anos. Literalmente eu morei na “Ruralinda”, passei alguns anos na casa de estudante e vou me sentir sempre parte dessa Universidade maravilhosa. Ao meu orientador, Prof. Dr. Luís Otávio Brito da Silva, pela paciência, oportunidade, por nunca ter fechado a porta pra mim e estender a mão no momento que mais precisava. Foi uma honra encerrar meu último ciclo da graduação sob orientação desse grande profissional e ser humano.

Ao meu Coorientador, Supervisor de Estágio, inspiração profissional e ser humano iluminado, Willy Vila Nova, obrigado por desde o começo ter me estendido a mão, ter acreditado, apoiado, chegado junto e ter me dado oportunidades.

Às pessoas maravilhosas que conheci na minha caminhada na UFRPE e no Departamento de Pesca e Aquicultura, João Laurinho, um dos caras mais inteligentes que já conheci na vida e meu grande mentor durante a graduação. Aos meus colegas de turma, Victória, Matheus, Mariane, Rhayssa e Flávio, por terem tornado a graduação mais leve, divertida e por terem caminhado comigo por todo o trajeto. Aos funcionários da rural, que sempre me trataram tão bem, muitas vezes até como um filho.

À toda minha família e aos meus amigos, que sempre acreditaram em mim, me apoiaram e estiveram junto em todos os momentos.

RESUMO

A aquaponia representa um sistema de cultivo alternativo que utiliza a piscicultura intensiva e a hidroponia com o cultivo vegetal em água sem o uso do solo. As atividades de planejamento, dimensionamento e instalação de uma aquaponia em ambiente fechado (*indoor*) com a utilização de iluminação artificial - LED (*Light Emitting Diode*) foram realizadas no Laboratório de Ecologia e Aquicultura - LEA, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, campus Vitória de Santo Antão - PE. O Estágio Supervisionado Obrigatório - ESO foi realizado entre os meses de março e maio de 2022. Na oportunidade foram desenvolvidas atividades com um sistema experimental com capacidade produtiva de 128 plantas em dois tanques de cultivo em recirculação com 2 m³ de volume total para a piscicultura intensiva da tilápia vermelha (*Oreochromis spp*). O sistema de aquaponia desacoplado ocupou uma área de 30 m². Para o dimensionamento do sistema foram utilizadas principalmente as informações da FAO (*Small-Scale Aquaponic Food Production: Integrated fish and plant farming*, Technical Paper n° 589), das publicações da Embrapa (Sistema Familiar de Aquaponia em Canaletas, CT n° 81; Produção integrada de peixes e vegetais em Aquaponia, Documento n° 189) e da publicação mais recente da União Européia sobre o assunto (*Aquaponic Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future*). Os conhecimentos teórico-práticos combinados com a pesquisa sobre o “Panorama da Aquaponia Brasileira” em desenvolvimento pelo LEA-IFPE foram fundamentais para a realização do presente relatório de estágio unindo as informações disponíveis à *expertise* de produtores familiares e comerciais no Brasil. A experiência adquirida durante o estágio proporcionou ampliar os conhecimentos técnicos e práticos sobre os sistemas de aquaponia em ambientes controlados desacoplados com a utilização de LED, representando uma publicação inédita sobre o assunto no Departamento de Pesca e Aquicultura da UFRPE.

PALAVRAS-CHAVE: aquaponia, organismos aquáticos, iluminação artificial.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Objetivo Geral.....	16
2.2	Objetivos Específicos	16
3	DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO	17
4	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	19
4.1	PLANEJAMENTO PARA READEQUAÇÃO DO LABORATÓRIO E MONTAGEM DO SISTEMA	19
4.2	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA.....	24
4.2.1	Quantidade de peixes e volume do tanque de cultivo	24
4.2.2	Arraçoamento dos peixes	25
4.2.3	Área vegetal.....	26
4.2.4	Volume do sistema de decantação e biofiltro	27
4.2.5	Aeração.....	29
4.2.6	Iluminação artificial com LED.....	30
4.3	MONTAGEM DO SISTEMA	34
4.3.1	Tanque de cultivo de peixes	34
4.3.2	Decantadores e Filtros mecânicos	36
4.3.3	Filtro biológico	38
4.3.4	Bombas d'água	40
4.3.5	Aeração do sistema.....	40
4.3.6	Canaletas de cultivo de vegetais.....	42
4.4	ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	48
4.5	PROCESSO DE CICLAGEM DO SISTEMA E MATURAÇÃO DO BIOFILTRO	50
4.6	ESCOLHA DE PEIXES E VEGETAIS PARA O SISTEMA	51
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
	REFERÊNCIAS.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista externa do LEA	18
Figura 2. Área interna do laboratório. Sala de reuniões/estudos	18
Figura 3. Área interna do laboratório. Área molhada.....	19
Figura 4. Estufa do LEA com 200 m ²	20
Figura 5. Estrutura montada com bambu e sombrite.....	21
Figura 6. Mini sistema aquapônico indoor com LED montado no LEA.....	21
Figura 7. Esquema de um sistema desacoplado.	22
Figura 8. Bancada hidropônica doada pela Horti Vinyl para realização dos trabalhos	23
Figura 9. Vista parcial do sistema da Horti Vinyl durante a montagem.....	24
Figura 10. Quantidades de sólidos decantáveis e em suspensão oriundos da ração.....	28
Figura 11. Exemplo de medição de PPFd da MASTER PLANTS: Quantum Board 600W PRO	31
Figura 12. Medidas em PPFd ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) - Quantum Board 65W PRO.....	32
Figura 13. Medidas em PPFd ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) - Quantum Board 120W PRO.....	33
Figura 14. Higienização dos tanques para montagem do sistema.	35
Figura 15. Tanque em cima de pallet de plástico utilizado como suporte.....	35
Figura 16. Serra copo, flanges e outros materiais utilizados na montagem do sistema.....	36
Figura 17. Recipientes utilizados para montagem dos decantadores.	37
Figura 18. Filtro de saco de 50 micras instalado na passagem de água.	37
Figura 19. Tanque de peixes com Overflow e conectado aos filtros mecânicos.....	38
Figura 20. Caixa utilizada para montagem do filtro biológico.....	39
Figura 21. Mídias Alfa de alta performance - MBBR.....	39
Figura 22. Bomba HBO - 450, com vazão de 2.300 litros/hora.....	40
Figura 23. Caixa do Aerador instalado no sistema.....	41
Figure 24. Caixa do Aerador instalado no sistema.	41
Figura 25. Aerador, 90 litros/minuto, instalado no sistema.	42
Figura 26. Bancada hidropônica em processo de montagem	43
Figura 27. Colunas da bancada com suportes adaptados.	44
Figura 28. Colunas com suportes adaptados pintados.....	44
Figura 29. Bancada com suporte adaptado e instalada no laboratório.	45
Figura 30. Instalação dos injetores no tubo de distribuição.	46
Figura 31. Injetores conectados no tubo de distribuição.	46

Figura 32. Colagem das tampas dos coletores da bancada hidropônica.....	47
Figura 33. Coletor após colagem da tampa.	47
Figura 34. instalação de tomadas na bancada hidropônica.....	48
Figura 35. instalação do painel de controle de energia e de tomadas acima da bancada.	49
Figura 36. COB LED FULL SPECTRUM UT01.	49
Figura 37. Níveis de amônia, nitrito e nitrato durante as primeiras semanas em um sistema de recirculação.	50
Figura 38. Sistema aquapônico povoado com tilápia vermelha.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dimensionamento e capacidade do sistema aquapônico.	27
---	----

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura pode ser definida como uma atividade que se baseia no cultivo de organismos aquáticos geralmente em um espaço monitorado e confinado. Dentre as atividades desenvolvidas na aquicultura, estão a piscicultura (cultivo de peixes), a carcinicultura (cultivo de crustáceos), a ranicultura (cultivo de rãs), a algicultura (cultivo de algas), a malacocultura (cultivo de moluscos) e a aquaponia (cultivo de organismos aquáticos e de vegetais). De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), a aquicultura é uma das poucas atividades agropecuárias capazes de responder ao crescimento da população mundial, podendo contribuir para o combate à fome no mundo. A busca por alternativas produtivas mais eficientes e de menor impacto ambiental torna-se a cada ano mais estratégica para o mundo, pois a busca por novas tecnologias de produção de menor impacto ambiental é uma preocupação em escala global juntamente com falta de segurança alimentar. As estimativas indicam que a oferta de alimentos não será suficiente para a população mundial a qual será de 9,1 bilhões de habitantes em 2050, sendo necessário um incremento substancial da ordem de 70% (FAO, 2018¹).

A aquaponia é um sistema de produção integrado pela hidroponia (cultivo de vegetais sem utilização de solo) e pela aquicultura (cultivo de organismos aquáticos), que quando comparado com outros sistemas agrícolas tradicionais pode reduzir o consumo de água em até 90%, além de promover o reaproveitamento integral do efluente gerado através do sistema de recirculação para a aquicultura - RAS (Carneiro et al. 2015, 2016; Somerville et al. 2014; Rakocy et al. 2006). A aquaponia possibilita a obtenção de produtos livre de agrotóxicos com alimentos de qualidade e que contribuem para aumentar a segurança alimentar. Os sistemas de aquaponia tem sido rapidamente difundido em diversos países, principalmente nas grandes cidades (Carneiro et al. 2016; Rakocy et al. 2006, Somerville et al. 2014).

Apesar de aquicultura e da hidroponia serem setores com o desenvolvimento de pesquisas direcionadas há décadas, a aquaponia somente nos últimos anos têm mostrado resultados mais expressivos (Carneiro et al. 2016; Goddek et al. 2019), inclusive com o estabelecimento de importantes empresas privadas e Organizações Não Governamentais no Brasil (AQP Brasil, INMED Brasil, BeGreen, Aquanature, Aquaponia Kovalski, entre outras.) que seguem a tendência de mercado tal como ocorre em empresas internacionais que produzem mais de 300 toneladas de alimentos/ ano em centros urbanos importantes como em Nova York

¹ FAO - *The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050.*

(Gothan Greens, <https://www.gothamgreens.com/>). Algumas empresas brasileiras, como por exemplo, a BeGreen² está presente em seis estados com uma visão inovadora de aproveitamento de espaços em telhados verdes e com produção em estufas em gigantes do setor automobilístico como a Mercedes-Benz (São Bernardo do Campo – SP) para fornecimento de 2,5 toneladas de verduras frescas e sem agrotóxicos para mais de 8 mil funcionários.

No sistema aquapônico, as plantas obtêm seus nutrientes a partir da ração fornecida aos organismos aquáticos, estes produzem excretas que serão convertidas em nutrientes. Assim, as bactérias *nitrossomonas* e *nitrobacter* são responsáveis pela conversão da amônia em nitrito, e este em nitrato, sendo este processo responsável por converter as substâncias tóxicas em nutrientes absorvidos pelas plantas. Desse modo, os vegetais juntamente com as bactérias participam do processo de filtragem biológica da água que é de extrema importância para o desenvolvimento saudável dos organismos (Carneiro et al. 2016; Somerville et al. 2014).

De uma forma geral, os sistemas aquapônicos são compostos por um ambiente de cultivo intensivo em recirculação com uso de filtro mecânico, decantador, filtro biológico, além de aeradores, e bombas d'água. É importante que os ambientes de cultivo utilizem materiais que não liberem substâncias tóxicas na água quando são reutilizados recipientes, tanques, caixas e tanques de cultivo alternativos.

A biomassa de organismos aquáticos mantida no ambiente de criação em recirculação pode variar de 10 até 50 kg/m³ (Carneiro et al. 2016), porém é possível atingir densidades próximas de 100 kg/m³ dependendo da intensidade de tecnologia aplicada ao sistema de cultivo.

Em sistemas de pequeno porte alternativos utiliza-se tanques com volume entre 100 e 1.000 L, com uma densidade de estocagem inferior a 10 kg/m³, sendo comumente utilizados tonéis de 200 L e tanques containers do tipo IBC (*Intermediate Bulk Container*) de 1.000 L (Carneiro et al., 2015; 2016). Outro aspecto importante no ambiente de criação aquapônico é o fluxo da água, onde sua velocidade não pode ser muito rápida de modo a causar prejuízo ao crescimento e bem estar dos animais, ou para a dispersão dos sólidos decantáveis no decantador devendo ainda ter uma velocidade que auxilie na retirada dos dejetos produzidos pelos organismos. É importante utilizar registro de água para que seja feita a regulagem da vazão da água que segue para os vegetais, normalmente correspondente a 20% da vazão total do sistema. Vazão excessiva deve ser evitada para que as plantas não se desloquem de posição e sejam levadas pelo fluxo da água. Assim, para uma densidade de até 10 kg/m³, deve-se realizar a

²<https://www.begreen.farm/>

renovação de pelo menos metade do volume a cada hora, em densidades maiores, recomenda-se uma troca total por hora (Carneiro et al. 2016).

Por conseguinte, o filtro mecânico é responsável pela retirada dos sólidos provenientes da excreção dos organismos ou de restos de alimentos não consumidos (filtros de tela, filtros de saco tipo “*Bag*”, entre outros), no filtro biológico é onde se realiza o processo de nitrificação realizado pelas bactérias nitrificantes. Os aeradores são responsáveis pelo fornecimento de oxigênio aos organismos aquáticos, às raízes das plantas e às bactérias nitrificantes do filtro biológico, devendo seu fornecimento ser dado de acordo com as necessidades particulares dos organismos cultivados (Somerville et al. 2014).

Os ambientes de cultivo dos vegetais mais utilizados na aquaponia são: Cama de cultivo (*media-filled bed*, *gravel bed*, ou ambiente de cultivo em substrato semi-seco); NFT (*Nutrient Film Technique*) com o uso de tubos ou canaletas em PVC; e bandejas flutuantes ou *floating* ou DWC (Deep Water Culture) (Carneiro et al. 2015, 2016; Somerville et al. 2014 e Goddek et al. 2019). O substrato semi-seco é o mais utilizado nos sistemas tipo “*hobby*” devido sua praticidade, funcionalidade e baixo custo de implementação, sendo uma boa opção para sistemas menores, com baixa estocagem de organismos aquáticos. Nesse sistema são utilizados substratos que dão suporte aos vegetais e são colonizados pelas bactérias nitrificantes, funcionando também como filtro biológico no sistema. Os principais substratos utilizados são: argila expandida, cascalho e pedra brita. Assim, a água do ambiente de cultivo dos organismos aquáticos é bombeada para o ambiente de cultivo de vegetais, com seu retorno sendo feito por gravidade através de um sifão que faz o controle do enchimento e esvaziamento do ambiente (Carneiro et al., 2015).

No caso do NFT, as plantas ficam dispostas em canaletas e suas raízes entram em contato com água que traz os nutrientes para o desenvolvimento delas. Este ambiente de canaletas é o mais utilizado mundialmente na produção hidropônica, além de permitir um ambiente mais ergonômico, o que facilita o manejo do sistema. As canaletas em tubos PVC são dispostas com um desnível entre 8% e 12% de modo que permita a passagem da água por gravidade (Carneiro et al., 2015). No ambiente de bandejas flutuantes as plantas são distribuídas em placas com capacidade de flutuação, colocadas sobre a água, de maneira que suas raízes estejam constantemente em contato com a água. Assim, como as raízes ficam submersas, exige-se uma constante aeração, prevenindo acúmulo em excesso de matéria orgânica nas raízes, evitando o apodrecimento e auxiliando na absorção dos nutrientes. O sistema de bandejas flutuantes é bastante utilizado em escalas comerciais por proporcionar maior facilidade no

plantio e na colheita, por possuir bom custo-benefício de implementação e por apresentar menores variações dos parâmetros de qualidade da água (Goddek et al. 2019; Somerville et al. 2014).

A escolha das espécies a serem cultivadas é um fator crucial na produção aquapônica, devendo-se ficar atento às suas características biológicas, adaptação climática e demanda de mercado. Na escolha das espécies de organismos aquáticos, deve-se optar pelas que suportem altas densidades de estocagem e manejos frequentes. Várias espécies de peixes podem ser utilizadas no sistema, como, por exemplo, a tilápia do Nilo, o tambaqui, carpas, trutas e peixes ornamentais. Também podem ser utilizados crustáceos, como é o caso dos camarões de água doce (*Macrobrachium sp.*) e do camarão-branco do pacífico (*Litopenaeus vannamei*). Muitas espécies de vegetais podem ser produzidas na aquaponia, como, hortaliças, temperos, flores e fruteiras. A escolha da espécie deve ser realizada de acordo com as características do sistema, das plantas, da demanda do mercado e sua viabilidade produtiva. Verifica-se que, espécies adaptadas à hidroponia apresentam bons desempenhos em sistemas aquapônicos, comparativamente a adaptação do solo para aquaponia quando há uma perda de crescimento das plantas (Somerville et al. 2014).

A relação entre a biomassa de cultivo de organismos aquáticos e da área de cultivo das plantas é um fator essencial para o dimensionamento dos sistemas de aquaponia. A quantidade de vegetais produzidos vai estar diretamente relacionada à densidade de organismos estocados no sistema. Assim, Rakocy et al. (2006) relaciona a quantidade de ração fornecida aos organismos com o tamanho da área que pode ser cultivada com vegetais. Desse modo, 60 g a 100 g/dia podem proporcionar macro e micronutrientes para cada m² de área de produção de vegetais. Somerville et al. (2014), definem uma quantidade de alimentação de 40 a 50 g/dia/m² para as plantas de baixa exigência como a alface e outras folhosas. No entanto, Carneiro et al. (2015), relatam sucesso na utilização de quantidades de ração na proporção entre 25 e 40 g/dia/m² para alfaces e tomates. As proporções de alimentação variam bastante, porém podem estar relacionadas com a qualidade das rações em diversos aspectos (qualidade e quantidade dos ingredientes, digestibilidade e hidroestabilidade da ração), além daqueles inerentes ao manejo do cultivo (taxa de arraçoamento e granulometria compatível com a biomassa e tamanho médio dos peixes).

Outro aspecto importante da aquaponia é a radiação solar utilizada pelas plantas para o crescimento. Do total de radiação que atinge a superfície da terra, somente 50% é Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR), correspondendo a região de comprimento de onda entre

400nm a 700nm do espectro eletromagnético, sendo a faixa espectral utilizada pelos vegetais para a realização da fotossíntese (Guimarães, 2017). Assim, a luz azul (420-490 nm) estimula a produção da clorofila, a luz vermelha (620-700 nm) estimula o crescimento vegetativo e o florescimento, e a luz verde (490-570 nm) aumenta a fotossíntese (Mello, 2021). Para sistemas em ambiente fechado, o LED é uma tecnologia estabelecida para cultivo de vegetais, sendo um equipamento “Full Spectrum” (Emite um espectro de luz amplo), com ênfase nas cores azul e vermelha, as principais utilizadas pelas plantas. Dentre as principais vantagens da tecnologia LED em comparação com luzes para o cultivo, como fluorescentes, HQI (vapor metálico), HPS (vapor de sódio) estão: economia de energia, tamanho compacto, longo tempo de vida útil e maior rendimento na faixa PAR (Guimarães, 2017). A utilização de iluminação artificial vem crescendo, e segundo produtores, a suplementação luminosa pode aumentar em mais de 50% o potencial produtivo de hortaliças, leguminosas, trigo e soja³.

Por fim, a utilização de iluminação LED tem se mostrado uma alternativa viável no desenvolvimento dos sistemas aquapônicos. O cultivo *indoor* (em ambientes fechados) traz consigo uma série de benefícios, como, por exemplo, aumento de produtividade, maior controle de qualidade, mais facilidade de manejo, além possibilitar o cultivo em espaços menores. O desenvolvimento no cultivo indoor tem como fator crucial a utilização de iluminação artificial, sendo totalmente controlável, permitindo ajustar o fotoperíodo às necessidades dos vegetais, não ficando sujeito aos fatores externos, como iluminação natural, assim refletindo diretamente no aumento produtivo⁴. Dentre as tecnologias que utilizam LED para a iluminação de unidades produtivas, tem-se o “COB LED” (Chips On Board), uma tecnologia que utiliza múltiplos chips todos agrupados para formar um feixe de luz mais concentrado, gerando um módulo de iluminação mais uniforme e com ângulo mais aberto, o que evita causar desconforto pelo forte brilho concentrado. Nesse sentido, objetivou-se descrever as atividades de planejamento, readequação, instalação de um sistema aquapônico indoor com utilização de iluminação artificial, bem como a maturação do sistema e acompanhamento das demais atividades desenvolvidas no Laboratório de Ecologia e Aquicultura - LEA/ IFPE.

³ <https://www.dinheirorural.com.br/fazendas-de-luz/>

⁴ <https://masterplants.com.br/>

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Planejar, dimensionar e instalar um sistema aquapônico em ambiente controlado no Laboratório de Ecologia e Aquicultura – LEA/IFPE-CVSA.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar o planejamento de readequação de um sistema aquapônico;
- Dimensionar o sistema de aquaponia em ambiente fechado;
- Realizar a montagem e instalação de um sistema aquapônico em ambiente controlado e com a utilização de iluminação artificial (LED);

3 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO

O Estágio Supervisionado Obrigatório (ESO) foi realizado no Laboratório de Ecologia e Aquicultura - LEA no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Campus Vitória de Santo Antão, entre 01 de março e 09 de maio de 2022, totalizando uma carga horária de 300 horas. O laboratório de pesquisa com aquaponia está localizado na cidade de Vitória de Santo Antão (Latitude: 8° 6' 50" Sul, Longitude: 35° 17' 29" Oeste) distante 42 km da capital pernambucana.

O laboratório possui 6 m de largura e 15 m de comprimento, totalizando uma área de 90 m². Desse espaço total, 30 m² corresponde a uma sala de reuniões e estudos que conta com computadores, armário, mesas de estudo e cadeiras. Os 60 m² quadrados restantes, compreendem a área molhada, onde são realizados os experimentos com aquaponia e aquicultura em recirculação (RAS) com compressores, tanques de cultivo, aquários, bombas d'água, iluminação LED, canaletas NFT e tubulações.

As pesquisas do LEA com aquaponia iniciaram recentemente com a instalação de um sistema de aquaponia com capacidade de produção de 420 plantas em uma estufa agrícola de 200 m² com canaletas NFT num sistema de 3 m³ em RAS, além de um laboratório com sistema *indoor* de aquaponia com LED para 128 plantas e uma estufa alternativa de bambu para o cultivo do tomate cereja em NFT com 40m² e capacidade de produção de 20 pés de tomate cereja. Desde 2018, foram realizadas pesquisas preliminares com produtores de aquaponia no Brasil (112 produtores ativos em aquaponia), densidade de estocagem (peixes e plantas), sistemas alternativos reutilizados, germinação, restrição nutritiva, suplementação com quelato de ferro, nitrato de cálcio e potássio e MAP (Monofosfato Amônio), sistemas aeróbicos e anaeróbicos (alface e tomate cereja), germinação e crescimento com iluminação artificial (LED).

Foram realizados, 8 cursos de aquaponia em projetos de extensão, 4 projetos de pesquisa e extensão tecnológica (CNPq/ FACEPE) com a participação de 26 bolsistas com pesquisas em extensão, empreendedorismo, consultoria a produtores e à empresas da região da zona da mata pernambucana (“IF mais Empreendedor Nacional”, “Bolsa Pesquisador para projetos inovadores” e “Programa de Extensão Tecnológica – PET/FACEPE”), além de eventos científicos com o tema aquaponia (ENAQUA 2019 – Encontro de Aquaponia do IFPE/CVSA). Em 2019, 2020 e 2021, o Laboratório de Ecologia e Aquicultura -LEA, foi estruturado e equipado com parcerias institucionais (UFPRE, UFPE, UFRSA, IFPE e UFCG), além do

recebimento de doações da iniciativa privada durante a pandemia (Master Plants, Mix Life, e Hortiviny), as quais são parceiras científicas para o desenvolvimento de pesquisas direcionadas aos interesses da iniciativa privada de acordo com acordos de cooperação.

Figura 1. Vista externa do LEA.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 2. Área interna do laboratório. Sala de reuniões/estudos.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 3. Área interna do laboratório. Área molhada.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

O enfoque principal do estágio foi o acompanhamento da reestruturação do laboratório LEA após a pandemia quando foram mantidos 8 bolsistas ativos em projetos do CNPq com pesquisa e extensão (2020-2021). As atividades descritas estão relacionadas com o planejamento, o dimensionamento e a montagem de sistemas de aquaponia em ambiente controlado, utilizando a iluminação artificial como única fonte de iluminação para as plantas.

4.1 PLANEJAMENTO PARA READEQUAÇÃO DO LABORATÓRIO E MONTAGEM DO SISTEMA

Os equipamentos da aquaponia instalados na estufa agrícola com 200 m² (Figura 4) foram transferidos para a área molhada do LEA visando a execução do projeto “Aquaponia em Ambientes Controlados” e do projeto “Biorreatores para a mineralização máxima de efluentes em aquaponia”, quando foram aprovadas bolsas do CNPq em agosto de 2020 para a realização de experimentos com sistemas aeróbicos e anaeróbicos para o tomate cereja em uma estufa

alternativa construída com bambu do IFPE próxima ao laboratório (Figura 5). Concomitante com o experimento do tomate cereja foram realizados experimentos com LED em um sistema de prateleiras com NFT e um aquário de 360 litros com 2 m de comprimento para avaliar a germinação em duas fontes luminosas distintas (rosa e branco) (Figura 6).

Figura 4. Estufa do LEA com 200 m².



Fonte: Instagram do LEA, 2020.

Figura 5. Estrutura montada com bambu e sombrite.



Fonte: Instagram do LEA, 2021.

Figura 6. Mini sistema aquapônico indoor com LED montado no LEA.

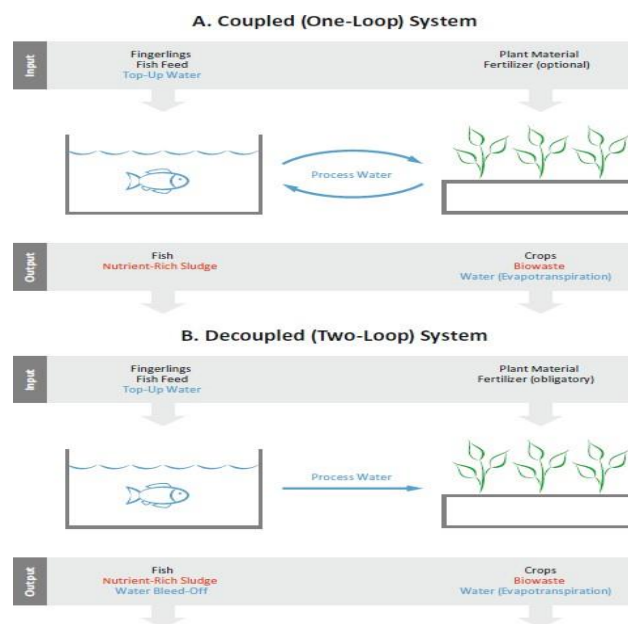


Fonte: Instagram do LEA, 2021.

Para a o planejamento de readequação do laboratório foram realizadas reuniões periódicas semanais para o planejamento do sistema de aquaponia com LED para 128 plantas. Nas reuniões, foram discutidas as melhores posições do sistema numa área de 60 m² com a instalação de dois tanques de 1 m³ e duas bancadas NFT (PVC, Hydro vinyl®), a qual é uma empresa parceira dos projetos desenvolvidos no LEA desde 2020 (Figura 7A e 7B). Esta etapa foi essencial para a dinâmica dos projetos em execução no laboratório, uma vez que o sistema instalado seria posteriormente utilizado no Programa de Extensão Tecnológica - PET/ FACEPE com uma capacitação em aquaponia de 50h e assessoria a três empresas de aquicultura em Pernambuco. O projeto aprovado denominado “Aquaponia em Ambientes Controlados”, submetido pelo LEA, foi aprovado no edital FACEPE 04/2022 com 11 bolsas (10 discentes e 1 docente coordenador) e está em andamento.

A montagem do sistema foi realizada com o planejamento com base nos desenhos (layout), com discussões com base em leituras das principais bibliografias com aquaponia no mundo e no Brasil para a pesquisa de materiais para a sua construção com LED. Uma das decisões mais importantes foi sobre a implantação de um sistema desacoplado de aquaponia, segundo recomendações de Goddek et al. (2019). Os sistemas desacoplados ou com dupla recirculação são utilizados em sistemas comerciais e familiares permitindo uma maior precisão de produção uma vez que “isola” a produção de peixes e de plantas (Goddek et al. 2019) (Figura 7.).

Figura 7. Esquema de um sistema desacoplado.



Fonte: Goddek et al.,2019.

Os sistemas simples (“One Loop”) recirculam constantemente toda a água dos sistemas RAS, restringindo a necessidade de correções ou suplementações com nutrientes orgânicos ou inorgânicos para hidroponia. Por outro lado, os sistemas de aquaponia desacoplados (“Two Loop”, *Decoupled aquaponics systems*” – DAPS) que utilizam a água dos peixes, mas não devolve a água após o uso das plantas pode melhorar os projetos tradicionais de aquaponia, introduzindo componentes de mineralização e biorreatores de lodo contendo microrganismos que convertem a matéria orgânica em formas disponíveis de minerais, especialmente do fósforo, magnésio, ferro, manganês e enxofre que são produzidos em menor quantidade pelos efluentes do RAS (Goddek et al. 2019).

No sistema LEA/IFPE, após a saída de água dos peixes, passando por dois decantadores e biofiltro, a água voltará para o tanque dos peixes. Para o sistema desacoplado ao RAS, será instalada uma saída de água do biofiltro para um “sump” (reservatório de menor altura e coluna de água) em um desnível de 5 cm. A água do biofiltro do RAS, sairá com um fluxo até um certo volume impedindo que a água volte para o biofiltro dos peixes.

Figura 8. Bancada hidropônica doada pela Horti Vinyl para realização dos trabalhos.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 9. Vista parcial do sistema da Horti Vinyl durante a montagem



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

4.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Para realização do dimensionamento do sistema, utilizou-se o Manual de Aquaponia da FAO (*Small-scale aquaponic food production Integrated fish and plant farming*) e materiais disponíveis no site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Assim, para realização dos cálculos de volume do sistema, dos filtros, bombas d'água e densidade de estocagem de peixes e vegetais, os materiais citados acima foram utilizados como referências.

4.2.1 Quantidade de peixes e volume do tanque de cultivo

Os sistemas são compostos por 2 (dois) tanques com volume de 1.000 litros cada (1m^3). A densidade de estocagem, considerando o peso final, é de 20 kg de peixes/ m^3 . Assim, espera-se ter animais com peso médio de 0,5kg (500 gramas) após 6 meses de cultivo. Tendo em consideração um peso médio de 500g, uma densidade de estocagem de 20kg/ m^3 , tem-se uma população aproximada de 40 peixes por tanque de cultivo. Tendo em vista uma taxa de

sobrevivência aproximada de 75%, faz-se uma estocagem de 50 peixes no início do cultivo, esperando-se obter 40 peixes com peso médio de 500g ao final de 6 meses. Os cálculos para determinar a quantidade de animais no sistema foram realizados da seguinte forma:

Volume do tanque = 1.000 litros (1m^3)

Densidade de estocagem final = $20\text{kg}/\text{m}^3$

Peso médio final = 0,5kg (500g)

% de sobrevivência = 80% (0,8)

Quantidade final de animais no sistema = **Densidade de estocagem final** ÷ **peso médio final**

Quantidade final de animais no sistema = $20\text{kg}/\text{m}^3 \div 0,5\text{kg} = 40 \text{ peixes}/\text{m}^3$

Quantidade inicial de animais no sistema =

(Quantidade final de animais no sistema × 100%) ÷ % de sobrevivência

Quantidade inicial de animais no sistema = $(40 \cdot 100\%) \div 80\% = 50 \text{ peixes}$

Logo, tendo 40 peixes como número final de animais, levando em consideração um % de sobrevivência de 80%, é necessário povoar o sistema com 50 animais.

4.2.2 Arraçoamento dos peixes

Quanto ao arraçoamento dos peixes, será realizada na fase inicial de cultivo uma frequência de alimentação de 4 vezes ao dia, devendo a frequência diminuir para 2 vezes ao dia nas fases finais do cultivo. Para se encontrar quantidade ração para o sistema em questão, realizou-se os seguintes cálculos:

Biomassa de peixes = 20kg

% de ração/peso vivo/dia = 2% (0,02)

Ração/dia = **Biomassa de peixes** × **% de ração/peso vivo/dia**

Ração/dia = $20\text{kg} \times 0,02 = 0,4\text{kg}$ (400g de ração/dia)

Ração por refeição = **Ração/dia** ÷ **frequência alimentar**

Ração por refeição = $0,4\text{kg} \div 2 \text{ refeições ao dia} = 0,2\text{kg}$ ou 200g de ração por refeição

A conversão alimentar mede a eficiência do aproveitamento da ração pelos peixes, é um índice que permite calcular quanto de ração é gasto para produzir 1kg de peixe. Tendo em vista que os animais estão em um sistema de recirculação e não irão fazer uso da alimentação natural, pode-se adotar uma taxa de conversão alimentar de 1,5. Isso quer dizer que, para se produzir

1kg de peixe, será necessário ofertar 1,5kg de ração. No sistema com 20kg de peixes, o cálculo é realizado da seguinte forma:

Conversão alimentar aparente = 1,5

Biomassa de peixes = 20kg

Quantidade de ração = Taxa de conversão alimentar × Biomassa de peixes

Quantidade de ração = 1,5 × 20kg = 30kg de ração

Desse modo, serão necessários aproximadamente 30kg de ração para produzir 20kg de peixes no sistema.

Portanto, uma biomassa de 20kg de peixes, sendo alimentados com 2% do peso vivo ao dia, corresponde a um total de 0,4kg (400g) de ração por dia, para cada tanque de 1 m³. Assim, uma frequência de alimentação de 4 vezes ao dia corresponde a 100g de ração a cada vez, por conseguinte, uma frequência alimentar de 2 vezes corresponde a 200g de ração em cada alimentação.

4.2.3 Área vegetal

A área vegetal a ser produzida está diretamente relacionada com a quantidade de ração ofertada aos animais, sendo proporcional à biomassa de peixes existentes no sistema. O manual da FAO recomenda 40-50 g de ração por dia para cada m² (metro quadrado) de produção vegetal, nesse caso para hortaliças, com uma densidade de 20-25 plantas por m². No caso de vegetais com frutos, recomenda-se 50-80 g de ração por dia para cada m² de produção vegetal, numa densidade de 4-8 plantas por m². Essa recomendação é feita com base em cálculos realizados tomando como referência uma oferta de ração com 32% de proteína. No caso dos peixes no sistema, a recomendação é uma biomassa de até 20 kg em um volume de 1.000 litros (1m³) (Somerville et al. 2014).

Desse modo, dimensionou-se a montagem de dois sistemas aquapônicos, cada sistema contando com um tanque de 1.000 litros. Levando em consideração uma capacidade produtiva de peixes de 20 kg/m³, uma taxa de alimentação de 2% do peso vivo por dia, isso corresponde a 400 g de ração/m³/dia. Tendo em vista que serão cultivadas hortaliças, isso corresponde a uma capacidade produtiva de 8-10 m², tomando como referência uma densidade de 25 plantas/m², cada sistema comporta entre 200 e 250 vegetais. Para se chegar a esses valores, realizou-se os seguintes cálculos:

Ração/m² de plantas = 40g/m²/dia

Densidade hortaliças = 25 plantas/m²

Área de vegetais = Ração/m³/dia ÷ Ração/m² de plantas

Área de vegetais = 400g/m³/dia ÷ 40g/m²/dia = 10m² de plantas

Número de hortaliças = Densidade para hortaliças × Área de vegetais

Número de hortaliças = 25 plantas/m² × 10 m² de plantas = 250 plantas

Desse modo, como temos dois tanques de 1.000 litros cada (2.000 litros total), tem-se uma capacidade produtiva de 40 kg de peixes, e uma capacidade produtiva de até 20 m² de hortaliças, correspondendo a um total de até 500 vegetais no sistema (Tabela 1).

Tabela 1. Dimensionamento e capacidade do sistema aquapônico.

Volume (m³)	Capacidade Produtiva (kg/m³)	Alimentação (% de peso vivo de peixes/dia)	Quantidade de ração/dia (g)
1m ³	20kg/m ³	2%/dia	400g/dia/tanque de 1m ³
Quantidade de ração/m² de hortaliça/dia	Capacidade produtiva em m² de 1 sistema aquaponico de 1m³	Densidade de plantas/m²	Capacidade produtiva total de um sistema
40g/m ² /dia	até 10m ²	até 25 plantas/m ²	até 250 vegetais

Fonte: autoria própria, 2022.

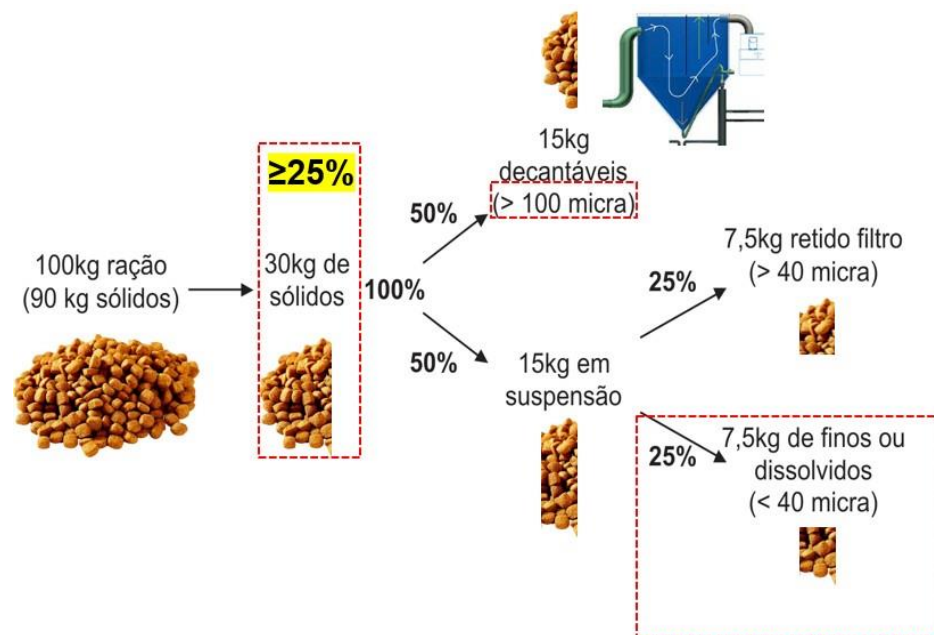
Os valores calculados acima dizem respeito a área de vegetais que cada sistema de 1m³ tem capacidade de suprir a demanda de nutrientes. Entretanto, os sistemas montados no laboratório possuem uma bancada hidropônica com 64 furos cada, um total de 128 plantas para os dois sistemas somados. Portanto, os sistemas irão operar com 25,6% da capacidade produtiva de vegetais calculada.

4.2.4 Volume do sistema de decantação e biofiltro

A separação e remoção de resíduos sólidos e resíduos suspensos no tanque é de grande importância para a saúde do sistema, pois o acúmulo de sólidos aumenta a liberação de gases produzidos por bactérias anaeróbias, além de poderem se acumular nas raízes das plantas e obstruir o fluxo da água (Somerville et al. 2014). Os dejetos dos animais e as sobras de ração representam o principal aporte de resíduos sólidos orgânicos no sistema, podendo representar

até 30% da ração ofertada. Assim, em 100 kg de ração tem-se até 30 kg de sólidos. Os sólidos decantáveis representam até 50% do total de sólidos e são compostos por partículas maiores que 100 micras. Por conseguinte, os sólidos em suspensão representam cerca de 25% dos sólidos totais e são compostos por partículas de 40 a 100 micras. Por fim, as partículas menores que 40 micras compõem os sólidos dissolvidos (Kubitza, 2006) (**Figura 9**).

Figura 10. Quantidades de sólidos decantáveis e em suspensão oriundos da ração.



Fonte: Adaptada de Kubitza (Sistemas de Recirculação: Sistemas Fechados com o tratamento e reuso da água).

Ademais, a utilização de biofiltro é essencial para um sistema aquapônico, pois a amônia e o nitrito são tóxicos mesmo em baixas concentrações, e os vegetais fazem uso do nitrato para se desenvolver. No biofiltro será realizada a conversão da amônia (NH_3) em nitrito (NO_2^-), e em seguida em nitrato (NO_3^-), sendo este último o nutriente assimilado pelos vegetais, e essencial para seu desenvolvimento. A dinâmica do movimento da água dentro do biofiltro também é importante pois vai ajudar a quebrar as partículas sólidas presentes, ajudando a prevenir sua acumulação nas raízes dos vegetais cultivados (FAO, 2014). Para o dimensionamento do biofiltro, utilizou-se Kubitza (2006) como referência, e realizou-se os seguintes cálculos:

O biofiltro remove 0,3g de amônia/m²/dia

1 kg (1.000g) de ração produz 30g amônia
Logo, 400g de ração produz 12g de amônia/dia

De acordo com Kubtiza (2006):

Área de filtragem necessária = amônia produzida pela ração ÷ amônia removida pelo biofiltro

Portanto:

Área necessária = 12g de amônia/dia ÷ 0,3g de amônia/m²/dia = 40m²

Para calcular o volume de substrato necessário divide-se a área necessária encontrada pela área superficial do substrato. O substrato em consideração são Mídias Alfa MBBR que possuem área superficial total de 700m²/m³. Logo tem-se:

Volume de substrato = área necessária ÷ área do substrato

Volume de substrato = 40m² ÷ 700m²/m³ = 0,057m³;

Assim, na condição de um sistema com uma biomassa de peixes de 20kg/m³, sendo alimentados com 2% do peso vivo por dia, o que corresponde a 400g de ração/dia, produz 12g de amônia/dia. Como o biofiltro remove 0,3g de amônia/m²/dia, o volume de Mídias Alfa MBBR necessárias para suprir as necessidades de filtragem é de aproximadamente 57 litros.

4.2.5 Aeração

Para oxidar a amônia, as bactérias nitrificantes precisam ter acesso ao oxigênio. No tanque de peixes é de grande importância o fornecimento de suplementação de oxigênio, permitindo assim que se aumente a densidade de estocagem, que se reduza o estresse e promova um melhor desenvolvimento dos animais. No biofiltro, a utilização de aeração promove a movimentação das Mídias, realizando a quebra dos sólidos não capturados pelo filtro mecânico, prevenindo a acumulação nas raízes dos vegetais e garantindo concentrações e estáveis de oxigênio dissolvido no biofiltro (Somerville et al. 2014).

Nesse sentido, 1 kg de ração gera em média um consumo de 400 g de oxigênio, 300 g de sólidos totais e 30 g de amônia no sistema (Kubitza, 2006). Logo, 0,40 kg de ração gera um

consumo médio de 160 g de oxigênio. Um soprador incorpora cerca de 0,30 kg de oxigênio/HP/hora, logo, em um dia este soprador incorpora 7,2kg de oxigênio. No sistema montado utiliza-se um soprador de 0,16 HP, temos, portanto, que este soprador incorpora cerca de 1,152 kg de oxigênio/dia. Tendo em conta que os peixes consomem 0,20 g de oxigênio/kg/hora e um sistema que conta com uma biomassa de 20 kg/m³ consome 4 g de oxigênio/m³/hora, assim o consumo para o sistema é de 96 g de oxigênio/m³/dia.

4.2.6 Iluminação artificial com LED

A visão fotópica é a capacidade do olho de ter sensibilidade de diferir as cores em ambientes iluminados. O lúmen é uma unidade que se baseia na sensibilidade do olho em condições iluminadas de um ambiente, desse modo, o lúmen está relacionado com os humanos. A unidade Lux ou Flux ou “Lúmens”, são unidades de medida que se relacionam com a capacidade do olho humano em enxergar as cores e luzes, sendo mais eficientes para ambientes residenciais, comerciais ou para iluminação pública, mas não para horticultura, pois não representam a faixa espectral mais utilizada pelas plantas fotossintetizantes (Goddek et al. 2019; Somerville et al. 2014).

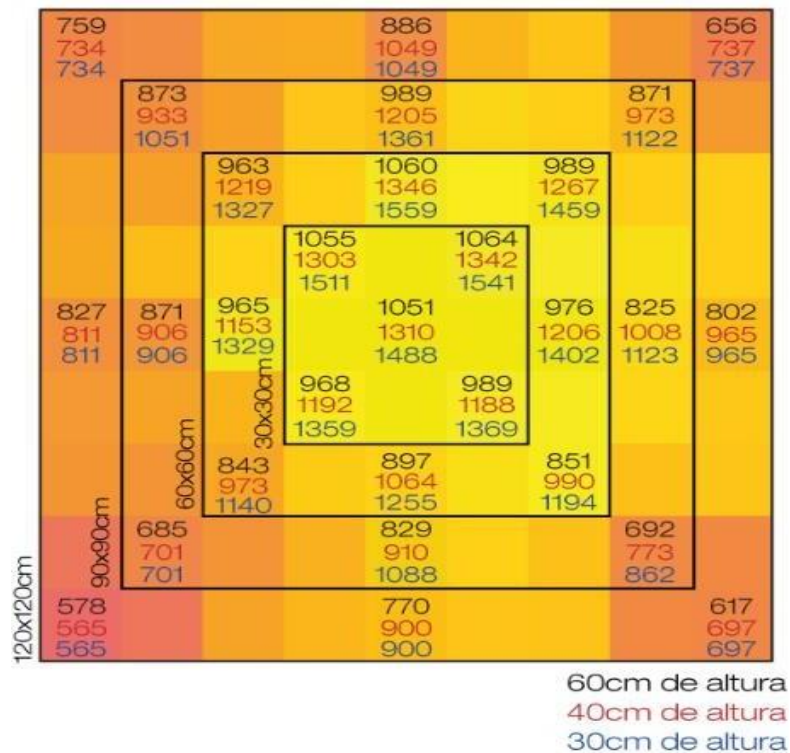
A Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR), corresponde a região de comprimento de onda entre 400 nm a 700 nm do espectro eletromagnético, sendo a faixa de espectro utilizada pelos vegetais para a realização da fotossíntese (Guimarães, 2017). A Radiação PAR é o que realmente importa para os vegetais, sendo mais ampla em espectro eletromagnético do que o Lúmen. O Watt é uma unidade universal utilizada para medir a potência e o consumo elétrico de equipamentos, não sendo recomendada para descrever a intensidade de luz.

Nesse sentido, PPF (Fluxo de Fótons Fotossintéticos) é o termo utilizado para medir a quantidade de luz PAR produzida por um sistema de iluminação a cada segundo, sendo medido em micromols por segundo ($\mu\text{mol/s}$). Para medir o quanto de luz chega as plantas, utiliza-se o PPF(Densidade do Fluxo de Fótons Fotossintéticos), correspondendo ao número de fótons fotossinteticamente ativos que caem em uma determinada superfície a cada segundo, sendo assim medido em micromols por metro quadrado por segundo ($\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$)(Schmidt, 2020). Ademais, a eficiência na conversão de energia elétrica em fótons de luz, é dada pela Eficiência de Fótons, medida em micromols por joule ($\mu\text{mol/J}$), e que relaciona o consumo de energia com a emissão de fótons úteis para a fotossíntese. Sendo assim, estas são as medidas mais importantes a serem consideradas para a escolha da iluminação para o cultivo de vegetais.

A **Figura 11.** apresenta um exemplo de medição de PPFD do equipamento Quantum Board 600w PRO da empresa Master Plants, em área de 30x30cm; 60x60cm; 90x90cm; 120x120cm e nas alturas 30, 40 e 60cm de distância do LED até as plantas.

O dimensionamento da iluminação do sistema deve ser realizado de acordo com as recomendações do fabricante dos equipamentos, levando em consideração o PPFD e as recomendações de área para cada equipamento. Nesse sentido, o sistema instalado no LEA faz uso de equipamentos doados pela empresa Master Plants, fazendo uso das recomendações, especificações e manuais disponibilizados.

Figura 11. Exemplo de medição de PPFD da MASTER PLANTS: Quantum Board 600W PRO.

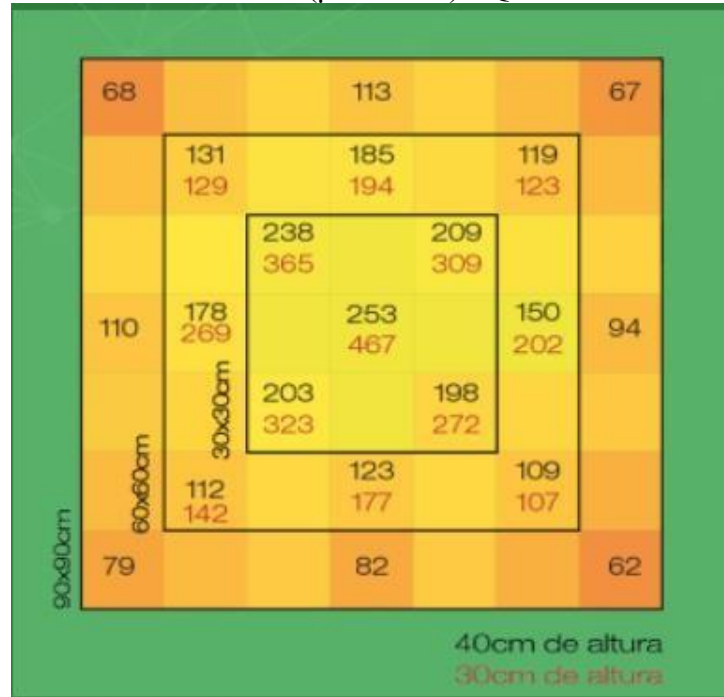


Fonte: Site da Master Plants.

Ademais, cada COB LED UT01 possui um PPFD médio de $121\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, e uma área de cobertura máxima recomendada de 60cm x 60cm ($0,36\text{m}^2$). O COB LED UT02 possui um

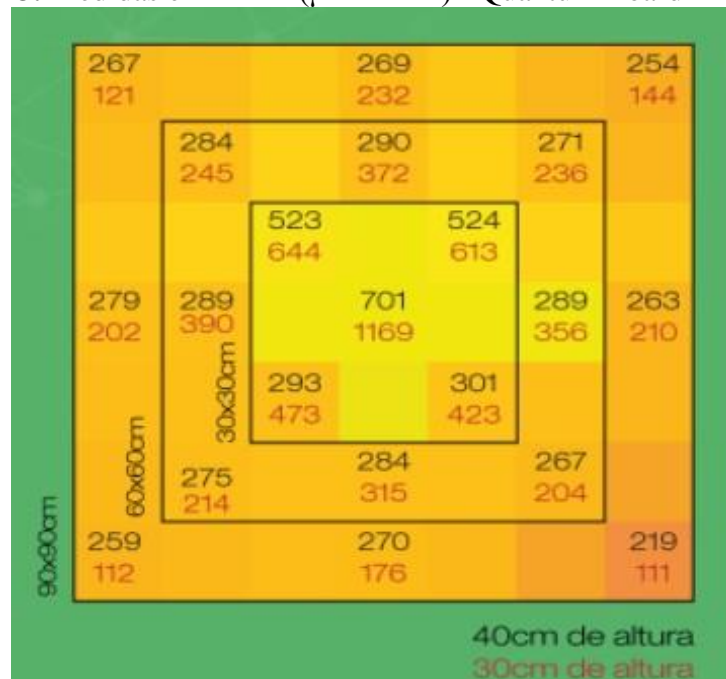
PPFD médio de $215\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, e uma área de cobertura máxima recomendada de 80cm x 80cm ($0,64\text{m}^2$). Já o Quantum Board 65W PRO possui uma área de cobertura de 80cm x 80 cm, enquanto o Quantum Board 120W PRO, uma área de cobertura de 90cm x 90cm ($0,81\text{m}^2$). As informações referentes ao PPFD médio dos equipamentos Quantum Board estão apresentadas na **Figura 12.** e **Figura 13.**

Figura 12. Medidas em PPFD ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) - Quantum Board 65W PRO.



Fonte: Site da Master Plants.

Figura 13. Medidas em PPFD ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) - Quantum Board 120W PRO.



Fonte: Site da Master Plants.

Cada bancada instalada no sistema possui 64 furos, ocupa uma área aproximada de $3,36\text{m}^2$. Assim, seguindo as recomendações de área de cobertura máxima dos equipamentos, seriam necessários aproximadamente 9 COB LED UT01, ou 5 COB LED UT02, ou 5 Quantum Board 65W PRO, ou 4 Quantum Board 120W PRO, para cobrir os $3,36\text{m}^2$ de uma bancada hidropônica. Para se encontrar o número de equipamentos necessário para cobrir a área vegetal desejada, realizou-se o seguinte cálculo:

Área vegetal desejada ÷ Área de cobertura máxima recomendada

Assim, para uma área de $3,36\text{m}^2$ e fazendo uso do equipamento Quantum Board 120 W PRO que tem uma área de cobertura máxima recomendada de $90\text{cm} \times 90\text{cm}$ ($0,81\text{m}^2$), tem-se: $3,36\text{m}^2 \div 0,81\text{m}^2 = 4,14$ aproximadamente 4 equipamentos Quantum Board 120W PRO para cobrir a área de $3,36\text{m}^2$.

Assim, uma bancada de cultivo de vegetais conta com 4 COB LED UT01, contando com área de cobertura máxima recomendada de $0,36\text{m}^2$ cada. Desse modo, os 4 equipamentos somados, alcançam uma área de cobertura de $1,44\text{m}^2$. A outra bancada conta com um Quantum Board 65 W PRO, mais um Quantum Board 120 W PRO, onde os dois equipamentos somados alcançam uma área de cobertura máxima de $1,45\text{m}^2$.

Contudo, como cada bancada hidropônica possui uma área aproximada de 3,36 m² e 64 furos, onde cada furo comporta uma planta. Assim, a iluminação disposta para uma bancada é suficiente para aproximadamente metade da área, portanto serão testados inicialmente em 1,44m² e 32 plantas cada.

4.3 MONTAGEM DO SISTEMA

4.3.1 Tanque de cultivo de peixes

Como ambiente de cultivo dos organismos aquáticos, utilizou-se caixas d'água de polietileno com volume de 1.000 litros (1 m³), em formato circular e com superfície interna lisa. As caixas possuem 0,76 m de altura e 1,16 m de diâmetro na base. A forma do tanque afeta a circulação da água, a forma redonda é ideal, pois permite a circulação uniforme da água e transporta os resíduos sólidos ao centro em função da força centrípeta (Carneiro et al. 2016, Somerville et al. 2014).

As caixas foram higienizadas, transportadas para dentro do laboratório e cada uma ficou disposta sobre um *pallet* de PEAD (Polietileno de Alta Densidade). Após isso, utilizou-se uma serra-copo para cortar a lateral da caixa, onde foi instalada um flange de 50mm. No flange foi conectada uma rosca-cola de 50mm, onde encaixou-se um cano de 50mm, conectando o tanque de criação de peixes e os filtros mecânicos. Na parte interna do tanque, conectou-se o *overflow* (drenagem de fundo), composto por dois canos de 50mm e um “T” de 50 mm. O Overflow é um sistema que permite a captação dos resíduos sólidos presentes no centro do fundo do tanque que são transportados para o centro devido a força centrípeta, estes resíduos captados são transportados para o filtro mecânico.

Figura 14. Higienização dos tanques para montagem do sistema.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 15. Tanque em cima de pallet de plástico utilizado como suporte.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 16. Serra copo, flanges e outros materiais utilizados na montagem do sistema.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

4.3.2 Decantadores e Filtros mecânicos

Para a separação e remoção dos sólidos e resíduos suspensos no tanque, foram instalados filtros de saco do tipo “Bag” e foram construídos dois decantadores. Assim, para criação dos decantadores, utilizou-se recipientes de polietileno com volume de 100 litros, para cada tanque de 1.000 litros foram instalados 2 (dois) decantadores. Com uso de uma serra-copo, os recipientes foram furados e instalou-se flanges de 50 mm e canos de 50 mm, conectando o tanque de cultivo de peixes aos decantadores. Os resíduos são captados do fundo do tanque dos peixes pelo *overflow*, que os transporta para os decantadores por gravidade. Na passagem de água entre o primeiro e o segundo decantadores foram instalados dois filtros mecânicos de saco de 50 micras de abertura, para auxiliar na retenção de sólidos.

Figura 17. Recipientes utilizados para montagem dos decantadores.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 18. Filtro de saco de 50 micras instalado na passagem de água.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 19. Tanque de peixes com Overflow e conectado aos filtros mecânicos.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

4.3.3 Filtro biológico

Para construção do filtro biológico, utilizou-se uma caixa plástica retangular, com volume de 150 litros, e Mídia Alfa - MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) que vai servir como substrato para a colonização das bactérias presentes no sistema. Cada sistema montado contou com 1 (um) biofiltro, em cada biofiltro utilizou-se aproximadamente 36 litros de MBBR, um total de 72 litros para os dois sistemas.

Figura 20. Caixa utilizada para montagem do filtro biológico.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 21. Mídias Alfa de alta performance - MBBR.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

4.3.4 Bombas d'água

A FAO recomenda que a água recircule pelo menos uma ou duas vezes no sistema a cada hora. Isso quer dizer que em uma unidade aquapônica de 1.000 litros, o fluxo da água deve ser 1.000 ou 2.000 litros/hora. Para cada sistema utilizou-se duas bombas submersa HBO - 450, com vazão de 2.300 litros/hora. As bombas foram instaladas no biofiltro e no sistema desacoplado, sendo responsáveis por realizarem a movimentação da água no sistema.

Figura 22. Bomba HBO - 450, com vazão de 2.300 litros/hora.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

4.3.5 Aeração do sistema

A aeração vem a se tornar um componente essencial no sistema aquapônico, para o tanque de peixes e para o biofiltro. Em unidades com até 1.000 litros, a FAO recomenda entre 4 a 8 litros/minuto, sendo pelo menos um injetor de ar colocado no tanque de peixes e outro no biofiltro. No sistema instalado, utilizou-se uma bomba de ar com capacidade de gerar 90 litros/minuto, colocando-se 2 injetores no biofiltro, 1 injetor no sistema desacoplado e 2 injetores no tanque peixes, para cada unidade aquapônica, totalizando 10 injetores com pedras porosas.

Figura 23. Caixa do Aerador instalado no sistema.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figure 24. Caixa do Aerador instalado no sistema.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 25. Aerador, 90 litros/minuto, instalado no sistema.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

4.3.6 Canaletas de cultivo de vegetais

Para o cultivo de vegetais, o sistema escolhido foi o NFT, para isso utilizou-se bancadas hidropônicas doadas pela empresa parceira do LEA, a Hortivinyl - Produtos para Hidroponia. O produto utilizado é da linha de perfis para hidroponia, Linha Super F, Perfil 80x40mm com dupla camada - coextrusado. Em material PVC (Policloreto de Vinila), com a parte externa totalmente branca, absorvendo menos calor e auxiliando na difusão da luz, ajudando assim no desenvolvimento dos vegetais. Com a parte interna preta e lisa, dificultando o desenvolvimento de algas nas canaletas e proliferação de doenças. Segundo a Hortivinyl, o produto é ideal para produção de alface e fase final de cultivo de folhosas.

Assim, para cada sistema foi instalado uma bancada hidropônica. Cada bancada possui 8 canaletas, cada canaleta tem 2 metros de comprimento e possui 8 furos, sendo assim um total de 64 furos por bancada, sendo possível então produzir 64 plantas por bancada, um total de 128 plantas para os dois sistemas combinados.

Figura 26. Bancada hidropônica em processo de montagem.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

As bancadas contam com o coletor, que é componente responsável pelo recolhimento da água após passar pelas canaletas e antes de retornar para o tanque de cultivo de peixes; os injetores para o sistema hidráulico, que são conectados com o tubo de distribuição e são responsáveis por levar a água até as canaletas; e por colunas e travessas, responsáveis pela sustentação da bancada.

Para dar estabilidade ao sistema e aumentar a segurança da sustentação, foram adaptados suportes para a base das colunas, para isso utilizou-se baldes de manteiga de 20 litros. Para isto, os baldes foram enchedos com cimento e brita, e as colunas foram fixadas.

Figura 27. Colunas da bancada com suportes adaptados.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 28. Colunas com suportes adaptados pintados.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 29. Bancada com suporte adaptado e instalada no laboratório.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

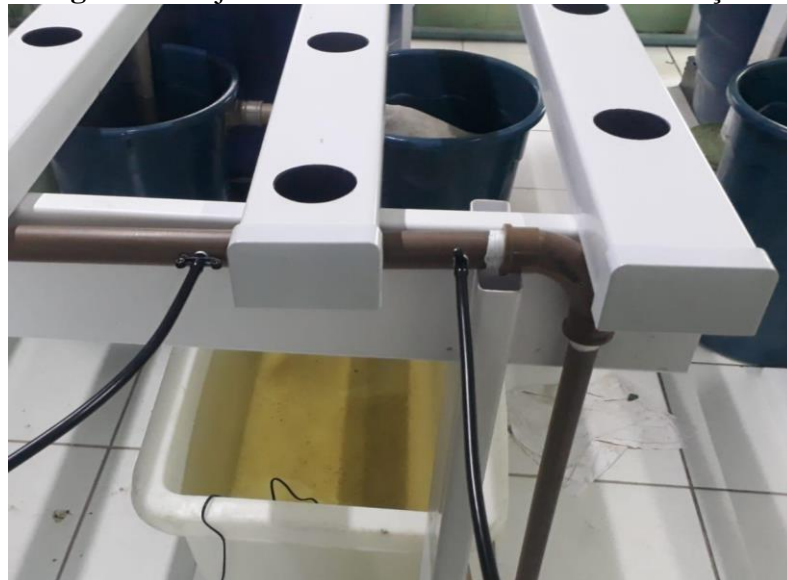
Na instalação dos injetores eles foram conectados a um cano de 30mm que serviu como tubo de distribuição. O tubo de distribuição foi ligado a encanação conectada com a bomba d'água localizada no filtro biológico. Esta bomba é a responsável por levar a água do biofiltro para o tubo de distribuição, os injetores captam a água dos tubos de distribuição e levam para as canaletas, estas alimentam os vegetais presentes nelas e por gravidade a água volta para os tanques de peixes.

Figura 30. Instalação dos injetores no tubo de distribuição.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 31. Injetores conectados no tubo de distribuição.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Após a montagem da bancada, realizou-se testes para avaliar a movimentação da água no sistema, inclinação das canaletas e identificar possíveis vazamentos. Notou-se que havia vazamentos na região das tampas dos coletores, portanto realizou-se a colagem das tampas para corrigi-los

Figura 32. Colagem das tampas dos coletores da bancada hidropônica.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 33. Coletor após colagem da tampa.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

4.4 ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Antes da instalação do sistema de iluminação, foi necessário realizar ajustes na rede elétrica do laboratório. Para isso, instalou-se um painel de controle de energia individualizado para a área molhada do laboratório, além de tomadas e disjuntores na estrutura de cultivo para ligar as bombas e o aerador, e tomadas acima da cama de cultivo para serem ligadas a iluminação do sistema.

Figura 34. instalação de tomadas na bancada hidropônica.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 35. instalação do painel de controle de energia e de tomadas acima da bancada.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Como fonte de iluminação do sistema, utilizou-se 4 unidades de COB LED UT01, 1 unidade de Quantum Board 65 W PRO e 1 unidade de Quantum Board 120 W PRO. Instalou-se os 4 COB LED acima de uma bancada hidropônica, e os dois equipamentos “Quantum Board” acima da outra bancada. Ambos os equipamentos possuem cabo de aço para sua sustentação e pode-se realizar ajuste da distância deles para as plantas na bancada. Todos os equipamentos de iluminação foram doados pela empresa parceira do LEA, Master Plants.

Figura 36. COB LED FULL SPECTRUM UT01.

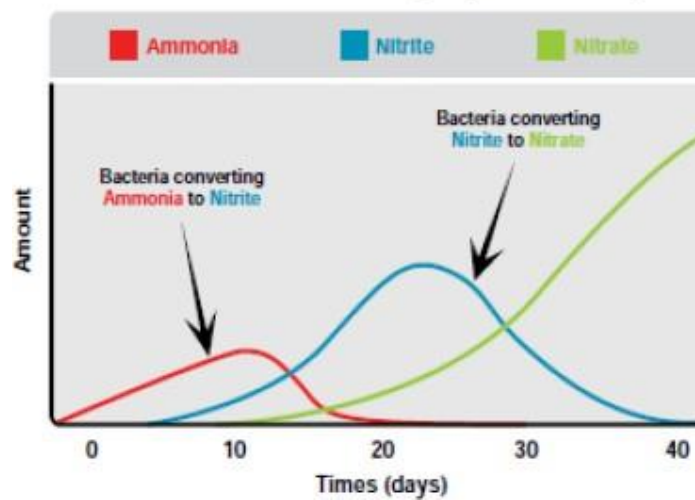


Fonte: Acervo pessoal, 2022.

4.5 PROCESSO DE CICLAGEM DO SISTEMA E MATURAÇÃO DO BIOFILTRO

O processo de ciclagem é responsável pela formação da colônia de bactérias da unidade aquapônica, é um processo lento e normalmente dura entre 3 e 5 semanas. Durante o processo haverá picos de amônia e nitritos, substâncias tóxicas para os peixes. Ao final desse processo os níveis de nitrato aumentam, o nível de nitrito passa a ser 0mg/litro e o nível de amônia é inferior a 1 mg/litro (Somerville et al. 2014).

Figura 37. Níveis de amônia, nitrito e nitrato durante as primeiras semanas em um sistema de recirculação.



Fonte: FAO (Somerville et al. 2014).

Para dar início ao processo de ciclagem e maturação do biofiltro, utilizou-se uma baixa densidade de estocagem de tilápias vermelhas (*Oreochromis sp.*), com um fornecimento diário de ração com 32% de proteína a 2% do peso vivo dos animais. As excretas dos animais e a ração fornecida, foram a fonte de nitrogênio para o sistema. Para acompanhar o desenvolvimento das bactérias, utilizou-se kits de análise de água, com monitoramento realizado semanalmente.

4.6 ESCOLHA DE PEIXES E VEGETAIS PARA O SISTEMA

Optou-se pela utilização de tilápias vermelhas (*Oreochromis sp.*) no sistema. Para isso levou-se em conta características como, resistência a altas densidades de estocagem e manejos frequentes, a temperatura e o clima da região, e por sua boa aceitabilidade pelo mercado consumidor. As tilápias, já passadas pelo processo de indução sexual (masculinização), foram obtidas da Aquicultura Peixe, localizada em Juçaral, Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.

Para produção vegetal, a planta escolhida foi a alface lisa (*Lactuca sativa*), devido sua exigência nutricional menor e sua fácil adaptação ao sistema, uma vez que é comumente utilizada em cultivo hidropônico. Futuramente deve-se realizar trabalhos com outras espécies vegetais para avaliar seu desempenho e sua adaptação no cultivo aquapônico indoor.

Figura 38. Sistema aquapônico povoado com tilápia vermelha.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência adquirida durante a realização do estágio proporcionou uma ampliação dos conhecimentos sobre aquicultura e o sistema de produção em aquaponia. Sendo de grande importância para a formação de um engenheiro de pesca, por se tratar um sistema de produção de alimentos inovador, sustentável, com o cultivo intensivo e que faz uso de diversos conceitos da aquicultura, como a recirculação de água, controle de parâmetros da água e avaliação de desempenho zootécnico. Os sistemas de aquaponia é uma realidade pouco vivida pelo profissional da Engenharia de Pesca, porém as tendências de diversificação com a produção alternativa com a aquaponia inserem no contexto da aquicultura uma nova área de atuação do profissional que produz proteína aquática. Além disso, a utilização da aquaponia têm trazido para a aquicultura profissional conhecimento técnico de outras áreas das ciências agrárias como a agricultura, hidroponia e a agroecologia.

Foi possível participar ativamente da readequação do laboratório LEA para sua nova linha de trabalho, que consiste na produção aquapônica indoor com controle do fotoperíodo num sistema experimental, cujos os custos estão descritos no Apêndice A. Esse ESO será base para estudos de viabilidade econômica que estão em andamento no projeto PET e Programa Centelha/ FACEP com viés empreendedor no IFPE. Estudos preliminares com viabilidade de sistemas familiares de aquaponia e planos de negócio na zona da mata pernambucana estão em fase de submissão revistas científicas, porém sem o uso do LED.

As etapas de planejamento e dimensionamento do sistema, montagem do sistema e seus componentes, e do funcionamento, permitiram a compreensão na prática sobre a aquaponia. Além de ter acrescido conhecimento a respeito da iluminação artificial com o uso do LED, que surge como uma alternativa eficiente para elevação da produtividade de vegetais nesses sistemas com luzes artificiais, mas que também são aplicadas na agricultura comercial no Brasil e no mundo para aumento da produtividade vegetal à noite ou sob fotoperíodo limitante em regiões temperadas.

Por fim, o estágio permitiu pôr em prática diversos conhecimentos obtidos ao longo dos anos na sala de aula e em estágios anteriores realizados na Universidade. Foi possível, também, aliar conhecimentos sobre qualidade de água, fisiologia de animais aquáticos, engenharia para aquicultura e piscicultura de forma prática, além de novos aprendizados acerca do sistema de produção aquapônico, experiências que contribuíram para uma formação pessoal e profissional na Engenharia de Pesca.

REFERÊNCIAS

CARNEIRO, P.C.F., MORAIS, C.A.R.S, NUNES, M.U.C., MARIA, A.N., FUJIMOTO, R.Y. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros (ISSN 1678-1937, 189). 27 p. 2015.

CARNEIRO, P. C. F.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y.; NUNES, M. U. C. Sistema familiar de aquaponia em canaletas. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica 81. Dezembro de 2016.

CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. Montagem e operação de um sistema familiar de aquaponia para produção de peixes e hortaliças. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Dezembro de 2015.

CULTIVO INDOOR: O QUE É, QUAL A DIFERENÇA ENTRE CULTIVO INDOOR E OUTDOOR, COMO INICIAR E MUITO MAIS! Master Plants. Disponível em <<https://masterplants.com.br/cultivo-indoor-o-que-e-como-iniciar-e-muito-mais/>>. Acesso em 19 de abril de 2022.

EMERENCIANO, Maurício. AQUAPONIA: UMA ALTERNATIVA DE DIVERSIFICAÇÃO NA AQUICULTURA. Panorama da Aquicultura, vol.25, nº 147, p. 24-35, fevereiro de 2015.

FAO (2018) - The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Rome. 224 pp.

GODDEK S, JOYCE A, WUERTZ S, KÖRNER O, BLÄSER I, REUTER M, KEESMAN KJ (2019). Decoupled aquaponics systems. In: Goddek S, Joyce A, Kotzen B, Burnell GM (eds) Aquaponics food production systems, 1st edn. Springer International Publishing, Cham, pp 201–229. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6_8

GUIMARÃES, I. A. B., Análise e Dimensionamento de Sistema de Iluminação Artificial com LEDs para Suplementação Luminosa no Cultivo de *Humulus lupulus*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Faculdade de Engenharia, 2017.

LÚMEN: O QUE É E PORQUE NÃO USAR EM ILUMINAÇÃO PARA CULTIVO. Master Plants. Disponível em: <<https://masterplants.com.br/lumen-o-que-e-e-porque-nao-usar-em-iluminacao-para-cultivo/>>. Acesso em 14 de maio de 2022.

KUBITZA, Fernando. Sistemas de Recirculação: Sistemas fechados com tratamento e reuso de água. Panorama da Aquicultura, Vol.16, n° 95, p.15-22, junho de 2006.

MELLO, Simone da Costa. ILUMINAÇÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO E INDOOR. Revista Campo e Negócios, 2021. Disponível em <<https://revistacampoenegocios.com.br/iluminacao-em-ambiente-prottegido-e-indoor/>>. Acesso em: 27 de abril de 2022.

RAKOCY, J. E.; LOSORDO, T. M.; MASSER. M. P. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics: integrating fish and plant culture. Aquaculture Center Publications, 2006.

SCHMIDT, Lucas. QUAL A EFICIÊNCIA DA LUZ NO GROW. Cultiva Blog, 2020. Disponível em <<https://blog.cultivagrowshop.com.br/qual-a-eficiencia-da-luz-no-grow/>>. Acesso em: 14 de maio de 2022.

SOMERVILLE, C. et al. Small-scale aquaponic food production - Integrated fish and plant farming. Rome: FAO, 2014.

APÊNDICE A – Lista de materiais necessários para montagem do sistema de aquaponia com iluminação artificial LED. Fonte: autoria própria, 2022.

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	R\$ SUBTOTAL
1	CAIXA D'ÁGUA 1.000 L	Unid.	2	350,00	700,00
2	Pallet plástico	Unid.	2	50,00	100,00
3	Balde 100 L	Unid.	6	52,00	312,00
4	Caixa de plástico 120 L	Unid.	2	140,00	280,00
5	Balde 20 L	Unid.	4	19,00	76,00
6	Balde de Margarina	Unid.	8	5,00	40,00
7	Cano 25mm	m	2	5,90	11,80
8	Cap 25mm	Unid.	1	3,99	3,99
9	Joelho 25mm	Unid.	1	1,40	1,40
10	Redução 20mm	Unid.	1	2,30	2,30
11	Cano 20mm	m	2	3,81	7,62
12	Joelho 20mm	Unid.	2	0,79	1,58
13	Cano 50mm	m	5	16,50	82,5
14	T de 50mm	Unid.	1	12,90	12,90
15	Joelho 50mm	Unid.	2	8,79	17,58
16	Adaptador cola rosca 50mm	Unid.	3	11,60	34,80
17	Flange 50mm	Unid.	8	27,30	218,40
18	Cano 40mm	m	0,5	6,81	3,40
19	Joelho 40mm	Unid.	2	8,22	16,44
20	Registro 20mm	Unid.	2	6,69	13,38
21	Veda Rosca	Unid.	3	4,70	14,10
22	Bomba d'água HBO 2300L/h	Unid.	4	164,80	659,20
23	Bomba de Ar Yuting 90L/min	Unid.	1	671,33	671,33
24	Pedra porosa	Unid.	10	4,90	49,00
25	Mangueira de silicone para aquários	m	10	5,00	50,00
26	Bancada Hidrponica Horivinyl completa (injetores, coletor, tampas, travessa, perfil, adesivo)	Unid.	2	357,46	714,93
27	COB LED UT01 – 50W	Unid.	9	250,00	2.250,00
28	Quantum Board 65W PRO	Unid.	5	590,00	2.950,00
				TOTAL (R\$)	9.294,65