



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE BIOLOGIA



**CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA AQUAPÔNICO PARA
O ENSINO DE ECOLOGIA NO ENSINO MÉDIO.**

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA

MESTRANDA: RENATA FERREIRA MOTTA

ORIENTADORA: JULIANA MARSICO CORREIA DA SILVA

RIO DE JANEIRO

2024

RENATA FERREIRA MOTTA

**CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA AQUAPÔNICO PARA
O ENSINO DE ECOLOGIA NO ENSINO MÉDIO.**

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO, do Instituto de Biologia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientador: Dr^a JULIANA MARSICO CORREIA DA SILVA

**Rio de Janeiro
Abril de 2024**

CIP - Catalogação na Publicação

M394c Motta, Renata Ferreira
CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA AQUAPÔNICO PARA O
ENSINO DE ECOLOGIA NO ENSINO MÉDIO / RENATA
FERREIRA
Motta. -- Rio de Janeiro, 2024.
120 f.

Orientadora: JULIANA MARSICO CORREIA DA SILVA.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal
do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia,
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia
em Rede Nacional, 2024.

1. Aquaponia no ensino de Biologia e Ecologia.
2. Ensino Investigativo. 3. Segurança
Alimentar. 4. Aquaponia como laboratório vivo.
5. Aquaponia em espaços escolares. I. DA
SILVA, JULIANA MARSICO CORREIA, orient. II.
Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a
responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais (*in memoriam*), meus irmãos, meu filho e meu esposo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Juliana Marsico Correa da Silva por acreditar nos meus sonhos, vibrar por cada etapa do trabalho e colaborar com afinco para que eu fosse capaz de escrever cada palavra sempre de forma gentil, esclarecedora e a todos os professores que ajudaram na minha formação durante esse período de aprendizado e que muito contribuíram na revisão deste TCM.

À minha família, em especial aos meus pais Eugênio Motta e Elzira David Ferreira da Motta (*in memoriam*) que sempre foram a base do meu caráter e resiliência, aos meus doze irmãos que se esforçaram muito antes de mim e criaram condições para que eu pudesse um dia estudar, ao meu filho Pedro Henrique Motta da Silva por ser a luz da minha caminhada e acreditar no meu potencial, ao meu marido Leonardo B. de B. e Vasconcellos por me apoiar e incentivar em cada momento difícil que passei, aos meus sobrinhos e todos os demais familiares.

Aos meus amigos que foram incansáveis em uma rede de apoio que a todo momento me lembravam do quanto eu era capaz.

Às diretoras Denise de Souza Carvalho e Viviane Pereira Silva do Colégio Estadual Monsenhor Barenco Coelho que foram compreensivas nos meus momentos de ausência e sempre me deram grandes oportunidades. À orientadora educacional Rosy Carla Lacerda dos Santos por todo apoio emocional durante esse percurso.

Aos meus colegas de mestrado que se tornaram amigos para toda a vida como a Rosimar Baptista Lima, Natália de Fátima Costa e Gabriella Mendes Bugni por toda ajuda e acolhida nesses tempos tão complexos e àqueles que não chegaram até aqui, espero que eu sirva de inspiração e estímulo para seguirem em frente.

A Tatiane Vitaczik Campanucci por ter me indicado o ProfBIO e por sempre me incentivar no meu crescimento profissional, a amiga Luciana Antunes de Mattos que me inspirou neste projeto e sempre muito gentil com suas contribuições. Ao amigo Paulo Henrique Rodrigues Carvalho além de agradecer a ajuda com suas habilidades técnicas, também com palavras de apoio e com uma proatividade surreal. Ao amigo José Carlos Nazario que sempre me mostrou o quanto eu era capaz.

Aos meus alunos do Time Elementares além de agradecer por colocar meu nome e da escola em patamares nunca imaginado, agradeço permitir que a minha profissão pudesse fazer a diferença na vida de vocês e por me ensinarem a ser uma professora melhor e com maior entusiasmo.

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001, pois o presente trabalho foi realizado com o seu apoio.

RELATO DE EXPERIÊNCIA COM O PROFBIO

A necessidade de se atualizar, de estar em sintonia com as novidades em nossas vidas profissionais, não é um ato exclusivo do professor. Todos os profissionais devem estar sempre dispostos a acompanharem as demandas voltadas aos interesses da sua profissão. Entretanto, essa jornada de busca por novos saberes, por estar mais próximo do que há de moderno é sempre desafiador para o professor regente, principalmente se tiver uma carga horária expressiva quanto a nós, servidores do estado do Rio de Janeiro. Esse processo de busca por aprimorar nossas habilidades e competências, passa sempre por muitas adversidades.

Desde a minha saída da faculdade de graduação, passaram-se mais de vinte anos sem que eu pudesse me especializar ou que tivesse a oportunidade de fazer um curso significativo que pudesse melhorar a minha prática docente ou que me ajudasse mais com os conteúdos pertinentes à Biologia.

Após a minha nomeação na segunda matrícula, iniciei a busca pelo mestrado pois senti que era o momento de investir um pouco mais em mim e acreditei que seria capaz de ao menos tentar. Fiz a prova de forma remota pois ainda estávamos em período de pandemia, mas não me sentia confiante e nem sabia muito bem o que teria pela frente caso obtivesse êxito nessa jornada e foi então que recebi o resultado da minha aprovação. Um momento inesquecível e extremamente gratificante.

Ao iniciar o curso na unidade da UFRJ em 2022, me deparei com um abismo muito grande em relação aos conteúdos que havia aprendido na graduação, ao que eu utilizava nas escolas e o que eu estava aprendendo no mestrado. Além disso, as atividades me deixavam bastante inseguras quanto à minha capacidade docente, o que muitas vezes me deixou triste.

Para reverter essas adversidades e poder avançar no curso, passei por um processo de reinvenção e dedicação extrema. Apreendi alguns conceitos do ponto inicial, utilizei todos os recursos disponíveis que pudessem me orientar e ajudar nessa jornada. Passei por todas as qualificações e fiz a proficiência em inglês onde obtive êxito também.

Posso dizer que as atividades acadêmicas que tanto me amedrontaram no início do curso, moldaram e fortaleceram a minha base profissional, fazendo com que eu me tornasse uma profissional mais confiante e disposta a tentar coisas novas. Sou grata a todo o processo do ProfBio e sei que hoje posso colaborar muito mais com as atividades que desenvolvo na escola e com a aprendizagem dos meus alunos. A partir dessa experiência ganhei prêmios de iniciação científica nacional e internacional, a escola mudou de nível C para nível B e me tornei uma das diretoras da escola onde atuo.

Me movo como educador, porque, primeiro, me
movo como gente.

(Paulo Freire)

RESUMO:

Este trabalho de mestrado se dedicou a produzir um material pedagógico para docentes a fim de instigar o trabalho que mobilize estudantes de Biologia a formular hipóteses através da produção de um sistema aquapônico e um roteiro de atividade investigativa, além de estimular o interesse dos alunos pela Biologia e Ecologia. A aposta foi em desenhar um manual que possibilite o diálogo entre conhecimentos prévios dos discentes assim como caracterizar os conteúdos para o ensino de ecologia e testar diferentes modelos aquapônicos que podem ser utilizados na escola. No desenvolvimento desse trabalho pesquisamos e selecionamos as informações sobre o funcionamento da aquaponia, os parâmetros essenciais para o funcionamento e os conceitos de Ecologia a serem trabalhados no roteiro didático investigativo, as formas e tamanhos adequados para o ambiente escolar, além de contextualizar o ensino investigativo nessas temáticas. Segundo autores do campo, o ensino de Biologia pode ser ou não interessante, dependendo da abordagem utilizada, e o ensino investigativo e as atividades de experimentação podem trazer mais protagonismo discente para o contexto educativo. Visando uma maior participação dos discentes no ensino de Biologia, aliado às preocupações com a segurança alimentar, propomos dois modelos de sistemas aquapônicos que funcionarão como um laboratório vivo, um de médio e um de pequeno porte, e um roteiro didático voltado para melhorar as práticas no ensino de Biologia.

Palavras-chave: Ensino de Biologia; Ecologia; Ensino por investigação; Aquaponia.

ABSTRACT:

This master's work was dedicated to producing a pedagogical material for teachers, aiming to encourage a work that mobilizes students of Biology to formulate hypotheses through the production of an aquaponics system and a program of investigative activity, as well as to stimulate the interest of students in Biology and Ecology. The focus was on designing a manual that enables the dialogue between prior knowledges from the students, together with characterizing the contents for the teaching of Ecology, and testing different aquaponics models, which can be used at school. Throughout the development of this dissertation, we researched and selected information on how aquaponics works, the essential parameters for its functioning, and the concepts of Ecology to be worked in the didactic investigative program, the appropriated shapes and sizes for the school environment, in addition to contextualizing the investigative teaching in these topics. According to authors in the field, the teaching of Biology may or may not be interesting, depending on the approach used, and the investigative teaching and experimental activities may bring more student protagonism for the educational context. Aiming at a greater student participation in the teaching of Biology, combined with concerns about food security, we propose two models of aquaponics systems that will work as a living laboratory, one of medium proportions and one of small ones, along with a didactic program dedicated to improving practices in the teaching of Biology.

Keywords: Teaching of Biology; Ecology; Investigative teaching; Aquaponics

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:Reportagem sobre o Prêmio Shell de Educação 2022.	17 e 18
Figura 2: Chinampas, ilhas flutuantes do povo Asteca.....	22
Figura 3: Cultivo de arroz integrado com peixes.....	22
Figura 4:Ilhas Flutuantes povos Uros, Peru	23
Figura 5: Modelo de sistema aquapônico para pequenos e médios espaços	35
Figura 6: Modelo de sistema aquapônico para pequenos e médios espaços.....	35
Figura 7: Modelo de sistema aquapônico para aplicação em escolas.....	38
Figura 8: Modelo de sistema aquapônico para aplicação em escolas.....	38
Figura 9: Lagostin, tipo de animal aquático que também pode ser usado nos sistemas aquapônicos	40
Figura 10:Tilápia do Nilo,espécie muito utilizada no Brasil.....	41
Figura 11: NFT (nutrient film technique) ou ambiente de cultivo em canaletas.....	42
Figura 12: Método wicking bed ou ambiente de cultivo em areia.....	43
Figura 13:Filtro media-filled bed, gravel bed ou ambiente de cultivo em cascalho.....	44
Figura 14:Ilustração do processo de nitrificação da amônia.....	44
Figura 15: Estrutura flutuante de cultivo de vegetais.....	45
Figura 16: Estrutura flutuante de suporte para os vegetais feitos de placas de isopor.....	46
Figura 17:Sistema Overflow,usado para absorver sujeiras.....	49
Figura 18: Ilustração do filtro vórtex, tipo de filtro redemoinho.....	50
Figura 19: Medidor digital de pH.....	51
Figura 20: Kit de fitas medidoras de pH para sistemas hidropônicos.....	51
Figura 21: Fotografia do sistema aquapônico construído pela autora.....	56
Figura 22:Parte inferior do balde com o furo e adaptador.....	57
Figura 23:Modelo de adaptador usando flange de 20mm.....	57
Figura24: Parte 1.Tanque do peixe beta.....	63
Figura25:Parte 2. Local de cultivo do vegetal e filtro biológico.....	63
Figura 26: Mini sistema aquapônico feito de garrafa pet produzido pela autora.....	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1.CONTEXTO HISTÓRICO.....	21
2.OBJETIVO.....	23
2.1.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
3.REFERENCIAL TEÓRICO.....	24
3.1 O SISTEMA AQUAPÔNICO COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO INVESTIGATIVO.....	24
3.2 O ENSINO INVESTIGATIVO NAS AULAS DE BIOLOGIA.....	25
3.3 O ENSINO DE ECOLOGIA.....	29
4.METODOLOGIA.....	31
5.DESENVOLVIMENTO.....	32
5.1 CONTEÚDOS DE ECOLOGIA SUGERIDOS PARA SEREM TRABALHADOS.....	32
5.2 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA AQUAPÔNICO.....	34
5.3 PRODUÇÃO DO MANUAL DE CONSTRUÇÃO.....	36
5.4 PRODUÇÃO DO ROTEIRO DIDÁTICO.....	36
6.PRODUTO... ..	37

6.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO PREVISTO DO TEMA BIOLÓGICO DEFINIDO.....	37
6.2 MANUAL TÉCNICO PARA O PROFESSOR.....	38
I. Local de instalação do sistema.....	39
II. Ambiente para a criação dos peixes ou demais animais aquáticos.....	39
III. Peixes para o sistema aquático	40
IV. Ambientes de cultivo de vegetais.....	41
V. Vegetais a serem utilizados.....	46
VI. Filtração.....	46
VII. Decantadores.....	48
VIII. Filtro Biológico.....	50
IX. Parâmetros Essenciais.....	50
X. Sistema de Aeração.....	54
6.3 PASSO A PASSO PARA A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA AQUAPÔNICO.....	54
6.4 ROTEIRO DE AULAS PARA O ENSINO DE ECOLOGIA A PARTIR DA CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA AQUAPÔNICO.....	59
I. Roteiro de Atividade.....	59

II. Passo a Passo da Montagem do Sistema Aquapônico.....	62
III. Proposta de Discussão dos resultados com os estudantes.....	66
7. BREVE REFLEXÃO SOBRE O PROCESSO	67
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
9. ASPÉCTOS ÉTICOS	70
10. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	70
11. ANEXOS	75
12. APÊNDICE.....	81

1. INTRODUÇÃO

Nascida e criada às margens do Rio Paraíba do Sul, minha história sempre se relacionou com atividades rurais como a plantação de arroz, onde muitas vezes em épocas de chuvas, entrava nas várzeas para caçar rãs e pescar o cachimbal, carpas, robalos e tainha, isso sem nem mesmo sair de perto de casa. Estudei no Colégio Agrícola de Cambuci, interior do estado do Rio de Janeiro, e que hoje se tornou um Instituto Federal, referência de qualidade na educação da região. Fiz estágio em criações de peixes em diversas fazendas e na Sociedade Nacional de Agricultura na cidade do Rio de Janeiro na década de noventa e, só quando cheguei na escola onde atuo como professora e encontrei aquela comunidade, algo muito precioso se conectou em mim.

Atuo no colégio Estadual Monsenhor Barenco Coelho, no bairro Boaçu, no município de São Gonçalo, localizado no estado do Rio de Janeiro, e minha motivação está pautada em um projeto de ensino realizado na comunidade escolar, focalizando minimizar impactos da insegurança alimentar que atinge a comunidade onde a escola se situa. Nas proximidades do bairro, encontra-se o rio Imboaçu, bastante assoreado e poluído, a Baía de Guanabara, onde encontram-se alguns pontos de manguezais que exercem forte influência socioeconômica para a população desse município e que está intimamente ligada a questões relacionadas ao rio, aos peixes e à própria Baía de Guanabara, local onde alguns dos alunos frequentam juntos a seus familiares. Diante disso, as informações acerca desses ambientes contribuem para fomentar as aulas de Biologia, visto que têm relação direta ou indireta com o meio em que os discentes vivem e com os recursos presentes em sua alimentação e modos de vida. O vínculo entre a comunidade e a pesca traz o enriquecimento dessa relação e a ressignificação do ensino.

Essa escola faz parte da rede estadual de educação localizada na região urbana, próxima a uma comunidade com histórico de violência e com pouca infraestrutura. A escola atende o ensino básico nos três períodos, com mais de 800 alunos matriculados em média. Os alunos do ensino médio dessa escola, em sua maioria, trabalham no contraturno ou tem obrigações fixas como, por exemplo, ajudar nos trabalhos domésticos ou nos pequenos negócios familiares. Alguns possuem filhos e se dividem nas mais diversas atividades. Esses alunos já possuem responsabilidades desde muito jovens e acabam muitas vezes não se dedicando aos estudos da maneira ideal, seja por tempo insuficiente, seja por não verem como importante tal dedicação no contexto de suas vidas diárias,

por não perceberem sentido nessa dedicação em relação a realidade em que estão inseridos.

O processo de urbanização e expansão da cidade no município de São Gonçalo vem ocorrendo sem planejamento, causando, dentre outras questões, a destruição de seus manguezais. O Ministério Público Federal ¹move uma ação para assegurar proteção de manguezais da Baía da Guanabara, ecossistema de extrema importância tanto ecológica quanto econômica, inclusive no município de São Gonçalo, onde muitos dos moradores da região vivem da pesca artesanal. Através desta ação, o MPF pretende garantir o direito de moradia digna dos moradores dos bairros adjacentes à Baía de Guanabara em São Gonçalo, a proteção dos remanescentes de manguezais, sendo que essas áreas além de do crescimento desordenado e falta de saneamento, ainda sofre com a violência desenfreada. Estamos nos referindo a um local que por ser extremamente perigoso, se torna mais difícil de ter acesso a serviços essenciais de saneamento básico, infra-estrutura para a população e proteção para a ecossistema. Portanto, argumento que trabalhos como este, que podem envolver a comunidade em prol de uma solução local para a insegurança alimentar pode gerar também reflexões que caminhem no sentido de mudar a ocupação desses espaços pela própria comunidade.

A ideia de realizar o projeto de construção de um sistema aquapônico nessa escola partiu da observação que haviam muitos alunos que faziam parte da colônia de pescadores locais, alguns inclusive vinham da pescaria, passavam rapidamente em suas residências, e iam em seguida para a escola. Esse período foi interrompido pela pandemia e logo algo me chamou a atenção: por conta da falta de alimentos em casa, muitos alunos queriam ir para escola para fazer as refeições, mesmo sabendo de todos os riscos que corriam com a gravidade da doença, o que fez com que a direção da escola então, com o consentimento da regional, dividisse a verba da merenda para montar cestas básicas para os alunos.

Pensando no problema de escassez de alimentos, desenvolvemos com os estudantes um projeto de ensino que utilizava a aquaponia como parte de uma solução sustentável para minimizar os impactos da situação de insegurança alimentar na comunidade, produzindo também um clube de jardinagem em que se produzia alimentos para consumo na própria escola. Percebendo que este projeto não apenas trazia impactos diretos na produção de alimentos, mas também permitia discutir com os estudantes questões de Biologia tais como as referentes à mudanças climáticas e os

¹ MPF- Ministério Público Federal, disponível em: http://www.prrj.mpf.mp.br/frontpage/noticias/noticia_1273

impactos que essas questões podem trazer para toda a cadeia de produção de alimentos, nos inscrevemos – e vencemos! – o Prêmio Shell de Educação Científica de 2022, no âmbito do Programa de Iniciação científica da empresa Shell, no eixo água-energia-alimentos (Figura 1).

De acordo com o Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (2022), o eixo água- energia-alimentos busca possíveis soluções para enfrentar de forma integrada e sustentável os desafios relacionados à provisão e acesso a esses três recursos, e garantir segurança hídrica, energética e alimentar. Tais questões também são desafios que enfrentamos na escola e na comunidade onde ela se insere.

Foi bastante impactante ver nossa escola fazendo um trabalho tão relevante e defendendo o projeto nas etapas do Prêmio Shell de Educação de 2022, abrindo um leque de oportunidades para estudantes, professores e dando muita visibilidade à nossa escola que, antes disso, só era lembrada pelo histórico de violência e baixo rendimento dos alunos e pelos relatos dos funcionários mais antigos, que dizem que a escola era o local onde os criminosos da região entravam livremente e colocavam medo em todos. Perceber a força da comunidade escolar em realizar o projeto na escola e em defender o mesmo no prêmio, além de receber a honra de termos vencido o mesmo, nos coloca a sonhar outros caminhos possíveis para a escola que, agora, é vista como vitoriosa e é vitrine de um trabalho de sustentabilidade sendo criado.



Alunos e escolas públicas premiados
foto de divulgação

O primeiro lugar do **Estado do Rio de Janeiro** ficou com o grupo **"Elementares"**, do **Colégio Estadual Monsenhor Barenco Coelho, em São Gonçalo**, com a supervisão da professora **Renata Motta**. O projeto premiado busca aumentar a variedade de alimentos no cardápio da escola, a partir de um sistema permite a criação de peixes no meio de uma horta. E ainda criaram um clube de jardinagem no colégio. O que é colhido já é utilizado na merenda escolar atualmente.



Figura 1: Reportagem sobre o Prêmio Shell de Educação 2022. Fonte: <http://shell.com.br/imprensa>

É a partir desta história, contada aqui muito brevemente, que surge meu interesse no objeto desta pesquisa. Minha intenção é promover ideias e caminhos para que outras escolas e professores possam aliar o ensino de Biologia, mais especificamente os temas relacionados à ecologia, e a responsabilidade com questões sociais e ambientais que atravessam a escolarização. Questões que trazem conceitos modernos para o debate na educação ambiental como a injustiça ambiental e o racismo ambiental. Algo que esses alunos vivenciam sempre em seu cotidiano mas não percebem ou compreendem seus efeitos em suas realidades. Isso traz uma nova percepção de mundo e pode colaborar com a reflexão e argumentação dos alunos, o que nos faz concordar com Loureiro e Layrargues (2013,p.68) que relatam que :

Nos movimentos de educação ambiental crítica, justiça ambiental e ecologia política ocorre um processo argumentativo contínuo de ressignificação ideológica da questão ambiental, agindo como contraponto das interpretações hegemônicas do senso comum acerca do fenômeno socioambiental.

As demandas voltadas ao desenvolvimento das habilidades científicas que invistam na formação de estudantes questionadores, participativos, criativos e menos reprodutores sem uma reflexão mais profunda dos assunto, estão descritas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento curricular normativo que norteia o ensino da disciplina Biologia na escola. Entretanto, em muitos casos, a forma como a aprendizagem científica no ensino das Ciências Naturais tem sido conduzida torna difícil para os estudantes aprenderem o processo de produção e o próprio conhecimento científico que, muitas vezes tem relação com questões vividas em sua realidade.

Segundo Scarpa e Campos (2016), o ensino de Biologia pode ser para alguns discentes superinteressante, enquanto para outros, bem enfadonho. Para Sasseron (2015), por meio da alfabetização científica o discente constrói uma capacidade de análise e avaliação de situações, tornando-o apto para a tomada de decisões e posicionamento. Tal posicionamento, pautado sempre em conhecimento científico, mostra-se também como um processo na aprendizagem. Neste aspecto, trazer os conteúdos científicos dotados de significado para discutir os diversos papéis da Ciência na sociedade mostra-se questão muito relevante para o ensino de ciências, tornando a aprendizagem mais significativa.

O distanciamento entre o conhecimento acadêmico e a escola traz algumas observações, entre elas a sensação de que o cientista está em um patamar superior e inalcançável para esses estudantes. Isto está muitas vezes relacionado à maneira como escola e comunidade científica assumem seus papéis no que se refere à ciência, sendo que “o principal objetivo da escola é promover a aprendizagem de um conhecimento científico já consolidado, enquanto, por outro lado, o principal objetivo da ciência acadêmica é produzir novos conhecimentos científicos (Munford e Lima;2007,p.94). Segundo as autoras, a aproximação entre academia e escola poderia melhorar a compreensão entre a ciência escolar e a dos cientistas e que o ensino por investigação poderia contribuir trazendo para a escola aspectos inerentes à prática dos cientistas.

Partindo desses textos, podemos dizer que dissociar a aprendizagem de conceitos científicos que surgem dessas práticas da comunidade científica não seria apropriado. Compreender essa distinção entre esses tipos de conhecimento, trazer essa linguagem para os discentes, embora seja desafiador, pode ser muito importante, tanto no sentido da valorização da Ciência quanto na formação de uma sociedade mais conectada com a Ciência.

A pandemia de covid-19 tornou ainda mais difíceis esses processos por conta do ensino remoto, onde muitos brasileiros não tiveram acesso à internet de qualidade e, mais recentemente, vem se agravando com a implementação do Novo Ensino Médio (NEM), devido à diminuição de tempos de aula de algumas disciplinas. Por outro lado, na minha experiência docente, quando as aulas retornaram presencialmente, houve uma série de reclamações pelo uso do ensino tradicional e conteudista, que afasta mais os discentes. Essa questão, entretanto, não é uma novidade dos tempos pós isolamento social pela COVID-19, uma vez que autores do ensino de Ciências argumentam que aulas que sejam muito expositivas, trazem pouca contribuição “para que os estudantes sejam os atores do seu aprendizado, na medida em que não consideram as concepções

prévias, não possibilitam as interações entre sujeito e objeto de conhecimento, nem a interação entre os pares” (Scarpa e Campos, 2016,p.2).

Buscando uma maior participação e engajamento dos discentes da escola em que atuo nas aulas de Biologia, argumento que a construção do sistema aquapônico pode contribuir para a exploração de diversos temas como Ecologia, Zoologia, Bioquímica entre outros, podendo também servir como base de trabalhos interdisciplinares diversos. Nesse aspecto, os alunos passam a atuar ativamente na construção do seu aprendizado com o uso desse laboratório, do qual serão responsáveis pela elaboração de cada etapa e manejo destes recursos.

Além disso, a segurança alimentar tem sido uma preocupação global que vem se tornando mais urgente com a velocidade em que as mudanças climáticas no planeta vêm afetando a produção de alimentos e trazendo ainda mais desnutrição e fome, principalmente nos países mais pobres. Segundo o portal Brasil Escola, a Declaração do Milênio¹, elaborada pela Organização das Nações Unidas (ONU), com a participação de líderes de 189 países em setembro de 2002, com o objetivo de discutir ações para promover a melhoria no padrão de vida da população mundial. Através desse encontro, foi definido um conjunto de oito metas a serem atingidas até 2015, ficando conhecidas como Metas de Desenvolvimento do Milênio.

Segundo o portal Ecam², em 2015 foi firmado um novo acordo pelos 193 Estado-membros da Organização Das Nações Unidas (ONU), com o compromisso de cumprir as medidas recomendadas no documento “Transformando o Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” para os próximos 15 anos, 2016-2030. Essa agenda traz um plano de ação global que reúne 17 objetivos de desenvolvimento sustentável e 169 metas, criados para erradicar a pobreza e promover dignidade a todos, respeitando as condições do nosso planeta que permitam que as próximas gerações não pereçam sem recursos para sua sobrevivência nem comprometam a qualidade de vida dos seres em geral.

Segundo o portal Nações Unidas Brasil³, tais objetivos “são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os

¹ Declaração do milênio disponível em:
<https://www.oas.org/dil/port/2000%20Declara%C3%A7%C3%A3o%20do%20Milenio.pdf>

² Portal Ecam- disponível em: <http://ecam.org.br/blog/o-que-e-a-agenda-2030-e-quais-os-seus-objetivos/#:~:text=Esse%20plano%20nasceu%20de%20um,15%20anos%2C%202016%2D2030.>
<http://ecam.org.br/blog/o-que-e-a-agenda-2030-e-quais-os-seus-objetivos/#:~:text=Esse%20plano%20nasceu%20de%20um,15%20anos%2C%202016%2D2030.>

³ Portal Nações Unidas Brasil -disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>

lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade”³ São 17 objetivos dos quais vale destacar o ODS 02: Fome Zero e agricultura sustentável, pois o sistema aquapônico pode ser utilizado como uma ferramenta para produzir alimentos e esse modelo pode ser sugerido na Agroecologia devido ao cultivo de hortaliças e peixes em meio de água recirculante, sem desperdício de água e sem a utilização de agrotóxicos; o ODS 11: Cidades e comunidades sustentáveis- tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, pois além de poder ser construído em pequenos espaços, inclusive na zona urbana, em residências para o consumo próprio ou em espaços maiores como fonte de renda; o ODS 12: Consumo e produção responsáveis- assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis onde podemos conscientizar quanto aos padrões de consumo que existem e que são prejudiciais ao meio ambiente; o ODS 13: Ação contra a mudança global do clima: tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos já que esses problema afetam diretamente todos os ecossistemas do planeta e o ODS 14: Vida na Água: que visa conservar e utilizar de forma sustentável os oceanos, mares e recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável, são assuntos pertinentes ao desenvolvimento desse projeto.

Articulando tais iniciativas com os objetivos do ensino de Biologia, procuro neste projeto, ampliar o campo de visão dos alunos para os ciclos que possibilitam a vida e o equilíbrio no planeta como também para o aspecto social, que tanto impacta na vida de toda a sociedade. Para isso, aposto no desenvolvimento de um modelo de aquaponia, com materiais reaproveitáveis que será usado pelos alunos do ensino médio como um grande laboratório de Biologia que além de ser um ponto de observação dos processos, será também uma fonte de investigação dos fenômenos físicos, químicos e biológicos. Uma outra forma de consolidar habilidades para além do espaço escolar como a responsabilidade ambiental e social e a sistematização dos conceitos estudados em sala de aula.

1.1 Contexto Histórico da Aquaponia

Para situar a relevância dos sistemas aquapônicos, me reporto aos séculos XI e XII em que os Astecas, até então um povo nômade, assentaram-se às margens do lado Tenochtitlan, hoje México Central. Ali, fizeram ilhas flutuantes completando com o solo do fundo e das margens do lago que eram chamadas Chinampas (figura 2), que são herança do povo Asteca e cultivadas tradicionalmente até os dias de hoje. Também os egípcios, os chineses e outros povos da antiguidade cultivavam peixes, cavando lagos e recolhendo peixes de rios e lagos próximos para seu futuro proveito.



Figura 2: chinampas, ilhas flutuantes do povo Asteca. Fonte: [https://aquaponiabrasil.wordpress.com/breve-historia-da-aquaponia/Chinampas Astecas](https://aquaponiabrasil.wordpress.com/breve-historia-da-aquaponia/Chinampas_Astecas)

Na China, Tailândia, Indonésia e Egito, já cultivavam arroz integrados com peixes em áreas alagadas e ainda cultivam nos dias atuais (figura 3), modelos parecidos com os sistemas que hoje chamamos aquapônicos.



Figura 3: Cultivo de arroz integrado com peixes. Fonte: <https://aquaponiabrasil.wordpress.com/breve-historia-da-aquaponia/>

Segundo Santos (2013), no Peru, os Uros (figura 4) são cerca de dois mil indígenas, que habitam as margens e as ilhas flutuantes do Lago Titicaca. E conforme relato de Kent (2011,p.304), “a população uru tinha uma existência híbrida entre os espaços aquáticos e a terra firme, com uma economia que combinava a agricultura com o uso dos recursos aquáticos”.

Esses relatos apontam que esses ancestrais já utilizavam sistemas integrados de agricultura e criação de animais aquáticos ao longo da história, mesmo recebendo outros nomes, notamos muita semelhança com o sistema de produção em aquaponia. Embora as venham se desenvolvendo há muitos séculos, a sua popularização, ocorreu nas última décadas segundo o site Ecycle⁴.



Figura 4: Ilhas Flutuantes Povos Uros, no Peru Fonte: <https://www.ufmg.br/online/arquivos>

2. OBJETIVO

Produzir um manual para a construção de pequenos sistemas aquapônicos, realizável em qualquer escola, acompanhado de um roteiro investigativo para o ensino de Ecologia no Ensino Médio.

⁴ Site Ecycle disponível em: <https://www.ecycle.com.br/aquaponia/>

2.1. Objetivos específicos.

- Propor a construção de um pequeno sistema aquapônico aplicável a qualquer escola, que permita caracterizar conteúdos para o ensino de ecologia utilizando os sistemas aquapônicos que podem compor o manual;
- Propor um modelo pedagógico que instigue a formulação de hipóteses pelos alunos através de um roteiro de atividade investigativa utilizando um sistema aquapônico;
- Testar diferentes modelos aquapônicos que podem ser utilizados didaticamente para o ensino de ecologia.
- Propor atividade que relacione os conhecimentos populares dos discentes sobre temáticas relacionadas ao seu cotidiano.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. O sistema aquapônico como ferramenta para o ensino investigativo.

A aquaponia é um sistema de produção de alimentos que combina a aquicultura convencional com a hidroponia em um ambiente integrado, com reaproveitamento de água, sem a utilização de agrotóxicos e de modo sustentável (CARNEIRO et al, 2015). A palavra “aquaponia” vem da combinação entre “aquicultura” (produção de organismos aquáticos) e “hidroponia” (produção de plantas sem uso de solo). Hidroponia é a técnica de cultivar plantas sem solo, ou seja, as plantas ficam com as raízes submersas em um tanque ou pote e neste, são colocadas soluções com os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas. Além disso, a aquaponia é um sistema que, além de trabalhar com dois tipos de produtos simultaneamente (peixes e hortaliças) pode ser implantada em qualquer ambiente, uma vez que diferentes tamanhos de sistemas são possíveis e funcionais (Carneiro, 2015).

A aquicultura, por sua vez, consiste no cultivo de organismos cujo ciclo de vida em condições naturais se dá total ou parcialmente em meio aquático. É uma técnica bastante antiga que pode ser feita tanto no mar quanto em tanques e que é de extrema importância há anos no abastecimento de peixes, anfíbios e crustáceos, principalmente. Como dito anteriormente, trabalhar este assunto em nossa escola é importante pois muitos dos nossos alunos trabalham com cultivo ou pesca ou são filhos de pescadores.

Conforme o Portal FAESP ⁵retrata, de uma maneira bem simples, esse tipo de sistema funciona na integração da criação de animais aquáticos produzidos em alta concentração, cujos excrementos e resíduos servirão de alimento para microrganismos (bactérias do filtro biológico), os quais transformarão essa matéria orgânica, tóxica para os animais aquáticos em alta concentração, em nutrientes para as plantas. A água circula por todo o sistema, proporcionando o desenvolvimento de ambas as culturas simultaneamente, de modo sustentável.

3.2. O Ensino Investigativo nas aulas de Biologia

De acordo com Teodoro (2017), é necessário repensar o ensino de Biologia, os conteúdos que serão trabalhados e a metodologia utilizada, para que ocorra uma educação mais eficaz e mais alinhada aos anseios da sociedade, levando em conta o papel do professor, que irá escolher os conceitos fundamentais para a base científica do discente para que este possa compreender o mundo de forma crítica.

Scarpa e Campos (2016, p.33) relatam também como os discentes podem se interessar mais (ou menos) por alguns conteúdos, argumentando que:

O comportamento e o desenvolvimento humano, os processos de saúde e doença, assim como a relação das pessoas com o ambiente despertam interesse na compreensão sobre os organismos vivos e suas inter- relações. Vacinar ou não os filhos? Reduzir ou não o controle do uso de agrotóxicos? Consumir ou não alimentos transgênicos? Desastres ambientais, terapias gênicas, exames laboratoriais, teste de paternidade etoda a gama de novas tecnologias associadas ao DNA, combate a epidemias, questões de gênero e sexualidade e vegetarianismo são temasde interesse da população e que demandam algum conhecimento no âmbito das ciências biológicas para a sua compreensão e o seu julgamento de maneira informada.

Além da preocupação com a escolha dos conteúdos no Ensino da Biologia, é relevante a contextualização e a construção de modelos para o ensino desta disciplina, uma vez que:

É válido perceber que quanto mais abstrato e distante da realidade, maioresas chances do estudante imaginar que está entendendo, sem de fato alcançar o entendimento real do que está sendo trabalhado na aula. Ao introduzir modelos didáticos tridimensionais, vídeos e outros recursos, o professor está colocando um parâmetro que funciona como um alvo para aaprendizagem, levando o educando a confrontar o que achava que estava entendendo com o que de fato é, com o que o professor pretende demonstrar. (Duré, Andrade e Abílio, 2018,p.46).

No que se refere a atividades experimentais, Trivelato e Tonidandel (2015) argumentam que estas são, normalmente, de difícil implementação no ensino de Biologia. Experimentos que

⁵ Portal FAESP disponível em: <https://faespsenar.com.br/tecnica-de-aquaponia-traz-beneficios-para-o-agronegocio/>

utilizam seres vivos, por exemplo, além de demandar vários dias de observação, exigem outros cuidados devido aos diversos tipos de indivíduos, questões éticas e variáveis que podem levar a muitos resultados diferentes.

Para Keller et al(2011), a redução das atividades experimentais pode ocorrer também devido a falta de recursos nas escolas, o que dificulta tanto o trabalho dos professores e impactando no aprendizado dos alunos, além disso, outros obstáculos como a falta de tempo podem interferir já que o docente tem um prazo muito limitado a concluir.

Quando acrescentamos a essas questões acima, a quantidade elevada de alunos por turma, a falta de estrutura da escola e até em algumas vezes o despreparo do docente na condução dessas atividades, levar aulas experimentais para o cotidiano dos alunos se torna ainda mais desafiador. Contudo o ensino de biologia tem um currículo que reforça e legitima a experimentação em sala de aula. Não devemos limitar o espaço físico pois quando bem planejado, qualquer espaço da escola pode ser adequado e o material reaproveitado pode ser utilizado com êxito nessas atividades, sem deixar de tomar cuidado quanto às medidas de segurança básicas para não causar nenhum acidente. O docente pode se preparar com atenciedade e assim colaborar com o aprendizado aos educandos, pois será um ganho para a sua prática docente, aprender a lidar com atividades mais atrativas para o aluno.

Para Fonseca(2016,p.3),”a realização de experimentos, em Ciências, representa uma excelente ferramenta para que o aluno possa estabelecer a dinâmica e indissociável relação entre teoria e prática”. Ele relata ainda que super relevante levar esse tipo de aula para o aluno para que ele possa explorar suas potencialidades além de adicionar suas habilidades ao aprendizado formando alunos engajados com a pesquisa, observando fatos nos experimentos para concluir suas hipóteses.

Segundo Favoretti, Silva e Lima (2020), diferentes tecnologias, acesso rápido a informações estão presentes no cotidiano dos discentes, aulas tradicionais, uso excessivo do quadro, falta de conexão com a realidade dos alunos, predominância em espaços formais de ensino que segundo o Portal Amelica⁶, são os ambientes encontrados dentro da instituição escolar e são fatores que podem desestimular os alunos na busca pelo conhecimento. Buscar espaços não

⁶ Disponível em :

<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/437/4371998004/html/index.html#:~:text=Em%20outros%20termos%2C%20a%20Educa%C3%A7%C3%A3o>

formais, que são espaços fora da instituição escolar como museus, parques entre outros. Tais situações não trazem o estímulo necessário para alunos que tem uma realidade voltada para plataformas digitais e uma cultura repleta de distrações com o uso frequente do celular. Nesse sentido, as metodologias ativas se tornaram fundamentais nas rotinas escolares como por exemplo o Ensino Investigativo. Segundo Sasseron (2015), como abordagem didática, o ensino investigativo exige habilidades que ajudem os estudantes a resolverem problemas a eles apresentados, fazendo com que os discentes tenham uma interação com os demais colegas e com todo o material disponibilizado pelo professor. Esta abordagem ao mesmo tempo necessita que o professor valorize pequenas ações do trabalho, assim como os erros ou imprecisões, já que tudo que for feito no desenvolvimento da atividade será importante.

Segundo Carvalho (2018), o ensino por investigação pode ser definido como o ensino dos conteúdos programáticos em que o docente cria condições para que os alunos possam pensar, levando em conta a estrutura do conhecimento, falar, evidenciando seus argumentos e conhecimentos, lerem de forma crítica e escreverem, mostrando autoria e clareza.

Uma característica marcante nas atividades investigativas é a preocupação com o processo de aprendizagem dos estudantes, que têm seu Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de Ensino de foco deslocado da aquisição de conteúdos científicos para a sua inserção na cultura científica e para o desenvolvimento de habilidades que são próximas do “fazer científico”. É importante que, além dos aspectos relacionados aos procedimentos como observação, manipulação de materiais de laboratório e experimentação, as atividades investigativas incluam amotivação e o estímulo para refletir, discutir, explicar e relatar, o que promoverá as características de uma investigação científica.

O Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) está pautado pela ideia do uso de estratégias didáticas que buscam envolver ativamente os alunos em sua aprendizagem, por meio da geração de questões e problemas nos quais a investigação é condição para resolvê-los, com coleta, análise e interpretação de dados que levem a formulação e comunicação de conclusões baseadas em evidências e reflexão sobre o processo (Melville et al., 2008 *apud* Scarpa e Campos, 2016). Baseado nestas afirmações, o EnCI pode ser um potente aliado no ensino de Ciências Naturais e Biologia, dando ao discente, um papel fundamental no seu próprio aprendizado.

Estudos como o de Trivelato e Tonidandel (2015) trouxeram a linguagem científica como uma estrutura fundamental, reconhecida pelos pesquisadores de várias áreas: a argumentação

científica. Argumentação que é estruturada no processo de aprendizagem segundo eles, introduzir um roteiro investigativo no sistema aquapônico provavelmente irá enriquecer as práticas no ensino de Biologia como também garantir uma abordagem inquietante e provocativa aos discentes.

De acordo com Trivelato e Tonidandel (2015, p.103) cinco aspectos caracterizam o ensino investigativo:

- a) envolvimento dos alunos em questões de orientação científica; b) a resposta a questões de orientação científica dando prioridade ao uso de evidências e articulando com explicações validadas pela comunidade científica; c) formulação de explicações para as evidências que estão direcionadas às respostas das questões de investigação com orientação científica; d) avaliação de explicações à luz de explicações alternativas, particularmente àquelas que refletem os conhecimentos científicos e; e) comunicação clara das justificativas para as afirmações e conclusões construídas como resposta às questões de investigação.

É nesse sentido que argumento e aposto na aquaponia como metodologia ativa para o ensino de Biologia, uma vez que permite o trabalho dos cinco aspectos acima mencionados envolvendo os alunos em problemas onde precisam levantar hipóteses, precisam analisar evidências, além de desenvolver argumentos para explicar suas afirmações. Precisarão se comunicar, precisarão refletir sobre suas percepções, ouvir, ou seja, estarão ativos em todo processo de aprendizagem. Introduzir metodologia ativa se torna essencial pois, conforme relatos de diversos autores é o próprio aluno o centro do aprendizado, ele é o protagonista já que ele não atua mais na posição passiva pois segundo Barbosa e Moura (2013, p55.):

Assim a aprendizagem ativa ocorre quando o aluno interage com o assunto em estudo – ouvindo, falando, perguntando, discutindo, fazendo e ensinando – sendo estimulado a construir o conhecimento ao invés de recebê-lo de forma passiva do professor. Em um ambiente de aprendizagem ativa, o professor atua como orientador, supervisor, facilitador do processo de aprendizagem, e não apenas como fonte única de informação e conhecimento.

Além disso, os sistemas aquapônicos podem ajudar na elaboração da prática docente em várias disciplinas e temas de ensino que podem unir-se para que ocorra a interdisciplinaridade na escola (Gonçalves, 2014; França et al., 2009; Santos, 2022). Tais sistemas, além de contribuir com a interdisciplinaridade, podem atuar na ativação do aluno enquanto figura central no processo, possibilitando uma maior liberdade e interação em sua aprendizagem, possibilita também ao professor observar melhor esse processo a partir de uma outra perspectiva, podendo avaliar seus alunos de uma maneira mais ampla e significativa podendo melhorar suas práticas gradativamente corrigindo e alterando suas rotas quando for necessário.

3.3. O Ensino de Ecologia

Segundo Krizek e Muller (2021), a escolha dos conceitos a serem trabalhados no ensino de Ecologia é um desafio para a escola. Além de conceitos ecológicos exercer uma posição central no ensino dessa área do conhecimento, os referidos autores relatam que equívocos conceituais muitas vezes trazem dificuldades para o aprendizado, muitas vezes realizado por meio de metodologias tradicionais que ainda priorizam a memorização dos conceitos previamente estabelecidos repetindo métodos que não fazem o aluno refletir ou se interessar sobre o assunto além de representar uma baixa aprendizagem. Para Motokane (2015, p.117):

É comum que os alunos decorem os nomes das interações ecológicas, os ciclos biogeoquímicos, as classificações de níveis tróficos ou mesmo que tenham contato com as discussões sobre problemas ambientais locais ou globais.

Isso pode estar relacionado à superficialidade com que esses conceitos são expressados tanto na escola quanto na sociedade por meio de narrativas inadequadas. Para potencializar o interesse e a aprendizagem do aluno, Krizek e Muller (2021) sugerem uma forma de ensinar ecologia iniciando por uma temática geral e daí partindo para conceitos específicos, onde o docente faz a provocação a partir de uma questão ampla, que seja relevante e faça sentido na vida dos alunos e depois irá aumentando a complexidade progressivamente, conduzindo-os ao legítimo letramento científico.

Para Cunha (2018), o ponto mais importante do letramento científico é ponderar que a ciência é uma dentre as muitas diversas outras com seus próprios valores, levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos repetindo a cultura em que é concebida é indispensável não apenas para ampliar suas visões de mundo mas para maior valorização da ciência. Quando há a tentativa de tentar substituir os conhecimentos que o discente traz em sua essência por um outro tido como verdade absoluta, pode trazer frustração, desânimo afastando esses alunos da ciência. Ele fala também do letramento focando as práticas sociais tornano essa educação mais reflexiva e voltada para a formação cidadã,

Ainda no que se refere a possíveis caminhos para o ensino de ecologia, Moraes, Souza e Ferreira (2020) argumentam que a biofilia (palavra derivada do grego que quer dizer bio=vida e philia=amor), pode despertar nos alunos o interesse pelas aulas de Ecologia. Conforme estudos de Krizek e Muller (2021) a biofilia se refere ao modo como as pessoas se relacionam emocionalmente com os organismos e todos os componentes ecológicos de maneira geral.

Reforçando ainda mais esses argumentos, Moraes, Souza e Ferreira (2020) afirmam que os valores biofílicos são as sensações ou sentimentos em relação a natureza e que esses valores podem ser positivos ou negativos, dependendo do que a natureza pode despertar nas pessoas. Tendo as oportunidades e o tempo suficiente para essa interação com a natureza, essa relação pode ser construída de formas diferentes.

Trazendo esse conceito para a sala de aula imagina-se a possibilidade de fomentar esse contato do discente com esses espaços naturais e que isso possa propiciar um maior interesse em compreender a natureza, lutar pela preservação do planeta e participar de projetos sobre o assunto na comunidade. Afinal, segundo Krizek e Muller (2021, p. 716), “o desejo de compreender a natureza guiou a evolução humana e permeia o estudo ecológico atualmente”.

Além dos conceitos abordados anteriormente, é importante trazer, mesmo que através dos conhecimentos prévios dos alunos, um diálogo que possibilite discutir a injustiça ambiental e o racismo ambiental para que estes estudantes possam compreender melhor o mundo em que vivem e como o estudo de Ecologia pode envolver áreas de conhecimentos tão distintas e que podem ampliar sua vivência e ressignificar a visão ideológica da questão ambiental conforme Layragues(2013), retrata em seus estudos.

Nessa direção, um sistema aquapônico possibilita uma forma de alavancar o interesse nos projetos relacionados a ecologia, impactando também no desenvolvimento de consciência ecológica e ética ambiental. Afinal:

Pressupõe-se que uma das maneiras de formar uma sociedade que tenha consciência dos impactos causados pelas suas ações em relação ao meio ambiente, que compreenda os diferentes modos pelos quais a vida se manifesta nos diferentes níveis - sejam eles micro ou macro - das relações estabelecidas entre os diferentes organismos em seu grau de interdependência se dá por intermédio de uma base educacional consolidada. Nesse contexto, o ensino de Biologia, quando ministrado de forma a refletir sobre as questões locais, dentro e fora da sala de aula, é de fundamental importância para a formação de cidadãos críticos e detentores de tais conhecimentos. (Favoretti; Silva; Lima; 2020, p.3).

Esse recurso sendo usado no Ensino de Biologia e Ecologia pode reforçar de forma significativa o aprendizado, colaborando com uma maior integração de saberes, aprimorando o senso crítico dos alunos com uma melhor elaboração de argumentos que podem ser pertinentes na reflexão sobre os vários problemas que vivem em sua comunidade assim como, estimular o protagonismo dos discentes para que possam propor soluções para essas questões.

4. METODOLOGIA

Esse trabalho foi desenvolvido a partir do levantamento de informações nas fontes disponíveis nas plataformas online do google acadêmico, em revistas e sites especializados nos assuntos. Além disso, estudei conteúdos referentes à Ecologia e fiz um curso virtual na plataforma da Embrapa para aprofundar os conhecimentos sobre o sistema aquapônico.

O projeto foi desenvolvido em duas etapas principais. Uma etapa a partir do levantamento de dados sobre o ensino de Biologia, sobre o Ensino Investigativo, sobre Ecologia e sobre a Aquaponia a outra etapa levantando dados sobre a produção e desenvolvimento do produto.

Para pensar o roteiro e o manual construímos três modelos de sistema aquapônico. Foi necessário construir para testar os tipos de substrato e filtros biológicos sugeridos pela literatura consultada, assim também como os tamanhos dos modelos para tentar antever situações que poderiam prejudicar os objetivos traçados em nosso planejamento e poder elaborar melhor o roteiro didático investigativo, para que se tornasse confiável e dinâmico. Precisava saber como funcionaria reutilizar alguns elementos do sistema, confirmar se haveria algum problema nessas alterações a serem propostas no manual para ser replicado por qualquer pessoa interessada sem ter contratempos significativos produto.

O processo de montagem dos sistemas aquapônicos pequenos deu origem ao roteiro didático investigativo, com o olhar voltado para os conceitos de Ecologia. O processo de montagem do sistema aquapônico médio, juntamente com as pesquisas realizadas, compõe um manual que junto ao roteiro didático investigativo será disponibilizado para outros docentes e são parte do produto deste trabalho.

A construção dos modelos de sistema aquapônicos foram realizados pela docente sem a participação dos alunos. O objetivo da construção prévia dos modelos foi para testar as informações oriundas das pesquisas bibliográficas, poder verificar quais seriam mais apropriados a serem desenvolvidos na escola e tentar prever situações que poderiam ocorrer nos experimentos com os alunos.

O primeiro modelo que foi testado foi o modelo maior que usava uma caixa organizadora de 100L, uma bandeja de pescaria, um balde reaproveitado, uma grade de forno de fogão, alguns pedaços de mangueira, um motor de aquário, uma extensão elétrica, pedaços de telha e argila

expandida, placa de isopor reaproveitado apenas para movimentação da água e montagem dos 3 elementos funcionais do sistema aquapônico.

O segundo modelo foi feito com a finalidade ornamental usando pedras de aquário e suculentas na garrafa pet cortada utilizando plantas ornamentais e peixe beta.

O terceiro modelo foi feito utilizando argila expandida no lugar das pedras de aquário, testamos 3 vegetais diferentes: o mangericão, a alface e a hortelã pimenta. Essa construção serviu de base para a produção do roteiro didático investigativo, para calcular o tempo gasto nas atividades e na quantidade de aulas que seriam necessárias para concluir a atividade e para nos certificar que os conceitos escolhidos para serem trabalhados seriam adequados e pertinentes.

5. DESENVOLVIMENTO

Nesta sessão, me dedico a apresentar os resultados dos levantamentos realizados organizados em quatro subsessões. Uma delas sobre os conteúdos selecionados para o ensino de Ecologia a partir da construção do sistema aquapônico, bem como a partir do roteiro proposto. Em seguida, três relacionadas à apresentação do processo de produção do manual de construção de sistemas aquapônicos na escola, e à própria produção do manual e do roteiro de atividade.

5.1. *Conteúdos de Ecologia sugeridos para serem trabalhados*

Um sistema aquapônico permite integrar diversas áreas de conhecimento em Biologia e áreas afins. Para o desenvolvimento do produto deste TCM, daremos ênfase para o ensino de temas relacionados à Ecologia, além do próprio processo de produção do conhecimento científico.

A escolha da Ecologia foi importante principalmente pelo fato do sistema aquapônico estar inserido nos conceitos de Agroecologia, assunto que está bastante em alta devido ao Novo Ensino Médio. As tématas escolhidas são importantes para consolidar as atividades propostas no roteiro investigativo.

Sugerimos nesse trabalho a abordagem das seguintes conceitos de Ecologia: Biosfera, Ecossistema e Ciclos Biogeoquímicos, dando um destaque primeiro ao ciclo do nitrogênio e carbono respectivamente.

O primeiro conceito a ser trabalhado é Biosfera que segundo o Portal Ecycle⁷ é o conjunto de todos os ecossistemas da Terra. A palavra é de origem grega *bíos*, vida e *sfaira*, esfera, que significa esfera da vida.

Ecossistema por sua vez, segundo Langanke⁸, é um sistema dinâmico, onde comunidades de plantas, animais, fungos e micro-organismos interagem constantemente umas com as outras por meio de relações tróficas e reprodutivas, além de interagir também com os fatores físicos do meio - água, luz, ar, minerais e nutrientes.

Furtado et al(2013,p.22) defini ecossistema como “o conjunto de interações entre os indivíduos de uma comunidade, entre si e com os fatores abióticos do meio; um ecossistema pode ser estudado em várias escalas e dimensões, por exemplo, uma gota de água do mar, um aquário, uma floresta etc.”

Organismos vivos necessitam de nutrientes para sobreviverem e se desenvolverem, e funcionando de forma eficiente e satisfatória para garantir que possam se reproduzir e gerar descendentes. Esse processo tanto ocorre com os animais. Os nutrientes podem ser chamados de elementos essenciais, pois são indispensáveis para a manutenção da vida e são elementos químicos presentes geralmente no solo e na atmosfera.

Conforme estudos de Barbosa(2013), para que um ecossistema funcione, é necessário que ocorra a circulação dos nutrientes entre os diversos compartimentos, ocorrendo a ciclagem desses elementos por sucessivas gerações em diversas fases. Pensando nisso, trouxemos os conhecimentos referentes aos ciclos biogeoquímicos para enriquecer mais esses conceitos e poder ampliar mais os temas a serem trabalhados.

Para conceituar ciclos Bioquímicos, escolhemos Odum(1971,p.133) que afirma que:

Os elementos químicos, inclusive todos os elementos essenciais do protoplasma, tendem a circular na biosfera em vias características, do ambiente aos organismos e destes novamente para o ambiente. Essas vias mais ou menos circulares são conhecidas por ciclos biogeoquímicos.

Os ciclos biogeoquímicos incluem componentes biológicos (biosfera: produtores, consumidores e decompositores) e geológicos (atmosfera, litosfera e hidrosfera) e retratam o ciclo

⁷ Portal Ecycle disponível em: cycle.com.br/biosfera/#:~:text=conservar%20a%20biosfera-,Biosfera%20é%20o%20conjunto%20de%20todos%20os%20ecossistemas%20da%20Terra,incluir%20também%20os%20

⁸ Langanke https://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/biodiv_como_eco.htm#:~:text=Um%20ecossistema%20%C3%A9%20um%20sistema,%2C%20ar%2C%20minerais%20e%20nutrientes.

de diversos elementos químicos, dos quais nesse trabalho, priorizamos o ciclo do nitrogênio e do carbono.

Segundo Barbosa (2007,p.25): “O ciclo do nitrogênio pode ser entendido como as sucessivas transferências entre diferentes níveis tróficos e diferentes partes do ecossistema”. O nitrogênio vai sendo transformado em etapas sucessivas de um nível para o outro . Esse ciclo está bem explicado no manual do professor.

Para Frota e Vasconcelos (2019, p.12):

Parte do ciclo rápido do carbono se caracteriza principalmente pela produção de CO₂, pelo carbono existente na atmosfera em forma de outros gases, pelos organismos vivos compondo suas células, pelos compostos dissolvidos nos oceanos e em minerais carbonatados existentes no fundo dos oceanos. Na atmosfera, a concentração de CO₂ , em média, é de 0,046% em peso, e 0,031%, em volume.

É importante trabalhar todas as etapas do ciclo do carbono e sua importância tanto da sua liberação na atmosfera quanto sua captação pelos organismos sintetizantes e relacionar esses fatores com a emergência climática que tanto nos afeta.

5.2. Construção do sistema aquapônico

Para ter uma base teórica a respeito do assunto da pesquisa foi necessário assistir a um minicurso virtual sobre a aquaponia na plataforma Embrapa. Esse momento foi a alavanca que impulsionou toda a jornada de conhecimento, fez com que tivéssemos mais segurança para buscar mais informações. Buscamos no entorno da escola e na proximidade do bairro,pessoas que desenvolvessem esse tipo de projeto ou algo parecido. Após a etapa de pesquisa e assimilação do conhecimento teórico sobre o assunto, fez-se necessária a construção prévia de alguns modelos de sistema aquaponico para que pudéssemos analisar o que seria mais adequado para futuramente ser instalado na escola e que servisse de base ao nosso manual.

Na busca de modelos que fossem ideais ao nosso projeto, pesquisamos em diversos sites especializados como a plataforma Embrapa e lemos diversos artigos na plataforma Google Acadêmico. Alguns desses trabalhos mostravam imagens de projetos que poderiam utilizar materias comprados facilmente em lojas e que poderiam ser substituídos por materiais reaproveitáveis, procuramos materiais que fossem acessíveis, modelos que fossem mais simplificados, com pouco investimento financeiro e de tempo.

Pensando na estruturação do manual, construímos alguns modelos de sistema aquapônico, utilizando materiais que tínhamos disponíveis e que provavelmente seriam descartados por não serem mais adequados as suas antigas funções mas que estavam em boas condições de uso para a finalidade do experimento, por exemplo as garrafas pet e as caixas organizadoras para a confecção dos tanques para os animais aquáticos, os baldes de margarina doados pelo comércio local e pedaços de telhas de cerâmica abandonados usados para a confecção do filtro biológico. Bandeja de pescaria, pedaços de isopor e uma grade de fogão que além de permitir montar uma bandeja e um suporte para as plantas se apoiarem, cumpriram a função da mesma maneira que uma peça nova cumpriria.

Essa construção nos possibilitou elaborar dois modelos completos e de tamanhos diferentes, compostos de elementos diferentes, prever aspectos e rever algumas estratégias como a eficiência dos filtros biológicos a durabilidade do sistema, o espaço necessário para ser instalado, os elementos mais importantes e indispensáveis, a quantidade e o tipo de organismos a serem cultivados em cada sistema e poder assim trazer uma nova e mais ampla perspectiva para o projeto.

Por fim, ao pensar nos tipos de animais aquáticos e plantas a serem escolhidos, optar pela disponibilidade e pela boa adaptação desses seres vivos na proximidade da escola. Para esse projeto inicial, recebemos doações de criadores locais e de amigos devido a nossa falta de recursos. A seguir, alguns exemplos de modelos para pequenos e médios espaços (figuras 5 e 6) que usamos como inspiração para a construção dos modelos que serão baseados no nosso manual:



Figura 5: À esquerda, representa Modelo de sistema aquapônico para pequenos e médios espaços. Foto: Paulo Carneiro

Figura 6: À direita, representa outro modelo de sistema aquapônico para pequenos e médios espaços. Foto: Infoteca Embrapa

5.3. Produção do manual de construção

O levantamento de dados para a construção do manual iniciou-se com a busca na plataforma virtual google academico artigos sobre Construção de Sistema aquapônico a partir das palavras chave “sistema aquaponico”, “ecossistema”, “aquario”, “aquaponia”. Com o descritor sistema aquaponico ou aquaponia, encontrei, principalmente, artigos relacionados às temáticas da agroecologia, agronomia e zootecnia, já com o título ecossistema encontrei artigos relacionados às temáticas da Biologia e Ecologia.

Além de fazer diversas pesquisas bibliográficas sobre os principais componentes necessários para a construção de um sistema aquapônico em um ambiente escolar, esse manual busca orientar a montagem e a manutenção de um médio sistema aquapônico, traz os principais componentes essenciais para que o sistema funcione com eficiência e reproduz conceitos importantes para a compreensão e manutenção do modelo. Traz também outros exemplos de modelos que existem em ambientes escolares e residências explicando suas principais aplicações.

5.4. Produção do roteiro didático

Para iniciar a produção do roteiro investigativo é importante, segundo Carvalho (2018), que um bom problema dê condições para os alunos resolverem e explicarem o fenômeno, relacionem ao seu cotidiano, que esses conhecimentos possam ser usados em outras disciplinas e que esteja relacionado com conceitos espontâneos dos alunos. Para isso,:

O professor precisa formular questões para que os estudantes participem de situações que demandam a interpretação de evidências, valorizando o pensamento científico. Essas questões permitem não apenas que os alunos tenham acesso a dados e lhe atribuam significado, mas também que construam conclusões a partir de relações construídas entre os dados e as teorias da ciência (Trivelato; Tonidandel, 2015, p.106).

O ensino por investigação permite que os estudantes se engajem nas discussões, ao mesmo tempo em que travam contato com fenômenos naturais, na busca da resolução de um problema, exercitando práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação bastante utilizadas na prática científica (Sasseron, 2015).

Segundo Scarpa e Campos (2018), o ensino por investigação deve seguir algumas etapas, iniciando pela orientação da proposta que está sendo feita, a segunda etapa seria a conceitualização onde seria feita a questão problematizadora onde os discentes deveriam levantar hipóteses, daí seguiríamos para a etapa da investigação onde os discentes teriam a devida autonomia para fazerem a exploração e/ou a experimentação para interpretar os dados e chegarem a uma conclusão validando ou não suas hipóteses.

Munford e Lima (2007), relataram características essenciais para desenvolvimento de atividades investigativas nas aulas de Ciências relacionadas a seguir: discentes sentem-se mais engajados com perguntas de orientação científica fornecida pelo professor, discentes acabam sendo direcionados às evidências que respondem às questões, discentes são direcionados a partir das suas evidências a formular suas explicações, discentes recebem várias informações distintas e tentam encontrar conexões entre essas informações, discentes ao receber ou comunicar instruções constroem argumentos para tornar o processo mais preciso.

6. PRODUTO

6.1. Descrição do produto previsto dentro do tema biológico definido.

O produto deste estudo foi dividido em três partes, a primeira traz o manual de construção de um sistema aquapônico, descrevendo elementos e funções de um sistema aquapônico médio que pode ser aplicado em escolas e para que o professor possa encontrar as informações essenciais para a replicação do trabalho, mostrando de forma detalhada e técnica o que é necessário para a construção de um sistema aquapônico conforme instruções dos principais pesquisadores. A segunda parte apresenta o passo a passo da construção do modelo já testado por nós durante a pesquisa de uma forma mais objetiva e voltada para uma rápida consulta. A terceira parte apresenta um roteiro de atividades investigativas sobre Ecologia a partir da montagem de um sistema aquapônico pequeno, aplicável em pequenos espaços escolares.

Para construirmos modelos com o intuito de testar o sistema aquapônico foram feitas pesquisas em páginas do acervo da EMBRAPA⁹, páginas especializadas no assunto e artigos relacionados a aquaponia e todos os fatores necessários para a sua manutenção. Alguns textos

⁹ <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnicasE/-/produto-servico/6298/aquaponia-residencial>

falavam sobre a aplicação na escola e outros com a aplicação na Agroecologia. Buscamos também imagens para nos inspirarmos na construção dos nossos modelos, que fossem de simples construção e manuseio e que os materiais fossem adaptados para a nossa realidade facilmente. Seguem alguns modelos (figuras 7 e 8):



Figura 7: à esquerda: modelo de sistema aquapônico para a aplicação em escolas sugeridas pela fonte: Embrapa.

Figura 8: à direita: modelo e sistema aquapônico para a aplicação em escolas pela fonte: <https://fazfacil.com.br/jardim/aquaponia-alimentacao-sustentavel/>

O roteiro de atividades investigativas deverá ser aplicado em um conjunto de aulas, onde os alunos seguindo questões norteadoras, irão explorar o método científico, levantando hipóteses sobre as atividades propostas e explorando possibilidades junto à condução da professora.

6.2. Manual técnico para o professor

Vamos iniciar, relacionando os elementos fundamentais para a escolha dos materiais para a construção do sistema aquapônico, assim como as principais informações que devem ser levadas em conta para a sua montagem e funcionamento: local de instalação do sistema ambiente para a criação dos animais, peixes para o sistema aquapônico; ambientes de cultivo de vegetais; filtração; Correção de Ph. A leitura ajudará a compreender o processo e a seguir posteriormente o passo a passo.

I. *Local de instalação do sistema*

A escolha do local para a instalação do sistema é de real importância, não deve ser um local muito ensolarado nem muito sombreado. Segundo o Portal CPT ¹⁰:

Enquanto a maioria dos peixes comerciais de clima tropical, por exemplo, requer uma faixa ideal de temperatura entre 24°C e 30°C para se desenvolverem melhor, plantas folhosas como a alface já exigem uma temperatura um pouco mais baixa que não deve ultrapassar 24°C a 25°C para ter seu máximo desempenho.

O espaço deve ser suficiente para a instalação do sistema e deve ser adequado para que possamos nos deslocar em torno dele, fazer o manejo que esse sistema necessita, ou seja, verificação da qualidade da água com medição de pH e controle de volume de água que pode ser alterado em decorrência da evaporação, observar a coloração da água e se os componentes do sistema estão em perfeito funcionamento. Para o nosso projeto, precisaremos de um espaço com metragem a partir de 2 m² para atender às demandas.

II. *Ambiente para a criação dos peixes ou demais animais aquáticos*

Conforme estudos de Carneiro et al (2015), um sistema aquapônico pode ser formado por um ou mais tanques de diversos tamanhos e formas, podendo variar de volume e ser feito de vários tipos de materiais, desde que sejam resistentes e duráveis. O ambiente de criação dos peixes também se torna importante para que não tenha que trocar esses componentes com frequência, o que afetaria o manejo desse sistema. De acordo com estudos de Queiroz et al (2017), é fundamental que verifique se esses materiais podem liberar alguma substância que seja prejudicial e que possa causar algum dano ao meio ambiente e respectivamente aos seres inseridos naquele local e como se trata de uma provável produção de alimentos, poderia causar problemas ainda maiores.

Para não colocar em risco a vida desses organismos aquáticos (figura 9), é importante levar em consideração o seguinte cálculo:

Em sistemas aquapônicos de pequeno porte, nos quais são utilizadas densidades de estocagem de peixes inferiores a 10 kg/m³ são utilizados tanques ou caixas entre 100 L e 1.000 L, sendo muito comum o uso de toneis de 200 L e containers tipo IBC (intermediate bulk container) de 1.000 L. (Carneiro et al, 2015, p.24).

¹⁰ <https://www.cpt.com.br/dicas-cursos-cpt/aquaponia-quais-sao-os-parametros-da-agua-circulante>



Figura 9: lagostin, exemplo de animal aquático que também pode ser usado nos sistemas aquapônicos..Fonte: <https://aquaponiabrasil.wordpress.com/principios-basicos>

III. *Peixes para o sistema aquapônico*

Os animais que serão escolhidos para o nosso trabalho serão filhotes de tilápia , seguimos o critério do tamanho do tanque para a definição da quantidade de peixes,da capacidade de adaptação a esse tipo de sistema e serão provenientes de uma criação próxima à escola para facilitar o deslocamento.

Segundo Carneiro et al, 2017, os peixes mais adequados para serem produzidos em aquaponia são os tolerantes a altas densidades e a manejos frequentes e espécies já avaliadas em sistemas intensivos. Além disso, cita algumas espécies como o bagre italiano,a tilápia, a truta, o bacalhau australiano e o tambaqui.

Dentro desse sistema de produção animal, os parâmetros diversos devem se encontrar em equilíbrio, para não comprometer todo o ecossistema.Para evitar os efeitos nocivos da amônia acumulada,torna-se necessário a escolha de um filtro biológico.

Segundo informações do Portal Aquaponia Brasil¹¹, uma espécie muito utilizada que se adaptou bem ao clima do Brasil é a tilápia do Nilo (*Sarotherodon niloticus*), trata-se de um peixe africano(figura 10) trazido para o Brasil em 1971 que adaptou-se bem na piscicultura, possuindo um ciclo de desenvolvimento curto geralmente em torno de 6 meses, responde bem a 20 à 30 graus Celsius, com teor de OD em até 4ppm e se alimenta muito bem com ração convencional.

¹¹ <https://aquaponiabrasil.wordpress.com/principios-basicos/>



Figura 10: Tilápia do Nilo, a espécie mais utilizada no Brasil. Fonte: <https://aquaponiabrasil.wordpress.com/principios-basicos/>

IV. *Ambientes de cultivo de vegetais*

Os ambientes utilizados para o cultivo de vegetais na aquaponia também podem ser chamados de substrato, existem diversos modelos e se ajustam de acordo com o sistema que se deseja construir. Eles podem ter características positivas ou negativas, de acordo com o objetivo a ser alcançado. Esses nomes são utilizados pela maioria dos autores em inglês devido a falta de popularização da aquaponia no Brasil. Vamos listar os tipos mais comuns citados pela literatura pesquisada.

O NFT (nutrient film technique) ou ambiente de cultivo em canaletas (figura 11) conforme estudo de Carneiro et al(2015) é o método mais utilizado mundialmente na produção onde as raízes das plantas são cultivadas tendo o seu sistema radicular dentro de um canal ou canaleta com água circulante, sistema que foi originado no sistema hidropônico. Canos de pvc ou outras estruturas adaptadas e preenchidas por água complementadas com nutrientes que são imprescindíveis para a sobrevivência e desenvolvimento dos vegetais caracterizam esse tipo de ambiente. Para fazer a complementação nutricional é necessário medições mais específicas e um maior conhecimento sobre o cultivo específico de cada espécie e por isso em um sistema doméstico ou escolar, não fará parte da nossa escolha.



Figura 11: NFT (nutrient film technique) ou ambiente de cultivo em canaletas
Fonte: trees.com

O método wicking bed ou ambiente de cultivo em areia é menos comum segundo Carneiro et al (2015) e pode conter areia e o pó de coco, sendo esse substrato muito propício para o cultivo de raízes como cenoura, beterraba, rabanete, cebola, formação de mudas de alface, tomate entre outros. A água entra nesse ambiente pela base através de canos de PVC perfurados que, com auxílio de um dreno, mantém uma lâmina d'água de aproximadamente 5 cm de altura. Essa água pode subir pela areia por cerca de 20 cm até a superfície, através da capilaridade distribuindo os nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais que ali se encontram. ambientes descritos acima. Esse filtro foi utilizado no primeiro modelo menor de aquaponia feito na garrafa pet e foi testado em nossa pesquisa.



Figura 12: Método wicking bed ou ambiente de cultivo em areia Fonte: <https://www.ksba.co.za/>

Outro tipo de filtro utilizado é chamado de media-filled bed, gravel bed ou ambiente de cultivo em cascalho(figura 13).Segundo Carneiro et al (2015),esse é o ambiente mais utilizado em sistemas aquapônicos por ser prático e funcional sendo uma boa escolha para baixas densidades de estocagem de peixes,sendo importante usar substrato levando em consideração a relação superfície:volume. Além da argila expandida, podem ser utilizados como substrato que darão sustentação para as plantas, sólidos como pedra brita, pedras de leito de rio, areia grossa, perlita, entre outros. Esse substrato que dá suporte aos vegetais é colonizado por bactérias nitrificantes, que irá fazer a conversão da amônia em substâncias apropriadas para as plantas.Podemos dizer ainda que quanto maior for a relação superfície:volume do substrato maior será a proliferação das colônias de bactérias,tornando mais eficiente o processo de nitrificação da amônia(figura 14) produzida pelos peixes.



Figura 13:filtro media-filled bed, gravel bed ou ambiente de cultivo em cascalho

Fonte: <https://www.aquaponicsforbeginners.com/component-of-aquaponics-systems%E2%99%BC/>

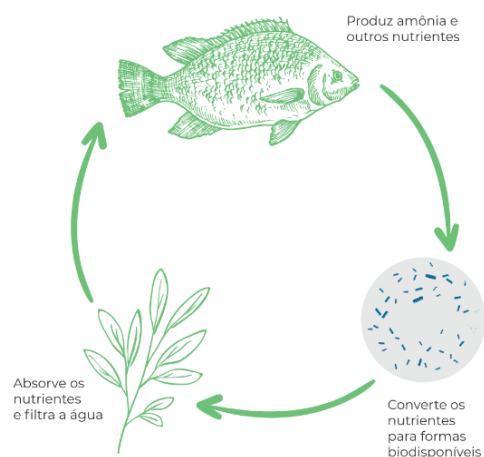


Figura 14:Ilustração do processo de nitrificação da amônia.Fonte:

<https://verdeacqua.eco.br>

DWC (deep water culture), floating, raft ou ambiente flutuante:

Conforme estudos de (Souza, Franco e Junior, 2023) neste ambiente, as plantas são

cultivadas em uma estrutura flutuante (figura 15), feita de material como poliestireno (material termoplástico) expandido ou espuma rígida. As plantas são posicionadas em pequenos orifícios feitos na estrutura, permitindo que as raízes entrem em contato com a solução nutritiva abaixo. Segundo Carneiro (2015), esse sistema por conter grande volume de água, possui maior estabilidade aos parâmetros físico-químicos como a temperatura e o pH e geralmente apresenta canais longos com dezenas de metros, estreitos (0,5 m – 1,5 m) e rasos (0,2 m - 0,4 m), utilizado na maioria das vezes na produção de folhosas como alface, rúcula, entre outras.

Outro fator importante de acordo com o relato de Carneiro (2015) é que a aeração é muito importante devido as raízes ficarem o tempo todo submersas o que vai tornar necessária uma fonte de aeração que seja suficiente para manter alto e homogêneo o nível de oxigênio dissolvido na água. Vale ressaltar que não apenas as raízes das plantas dependem dessa oxigenação como também as bactérias nitrificantes que estarão colonizando as paredes e o fundo desse ambiente. Em sistemas de produção em pequena e média escala como o nosso há a necessidade de instalação de um filtro biológico à parte pois o sistema não teria a nitrificação suficiente para a manutenção dos parâmetros de funcionamento ideal do sistema.



Figura 15: Estrutura flutuante de cultivo de vegetais. Fonte: <https://www.epicgardening.com/deep-water-culture-get-started/>

V. *Vegetais a serem utilizados*

Os vegetais devem ser escolhidos, seguindo alguns critérios: devem possuir pequeno a médio porte, serem folhosas e menos exigentes no primeiro momento, ter uma boa resposta ao contato contínuo com a água e devem preferir as plantas comuns na região, em especial hortaliças. Primeiro por que as chances de sobrevivência das mesmas será maior além de podermos reduzir o custo de investimento em mudas ou sementes que podem ser doadas pela própria comunidade escolar. Para o suporte destas plantas, podemos inserir argila expandida, cascalho ou pedras de ornamentação de aquário. Quando as plantas ficam no suporte flutuante (figura 16), podemos utilizar placas de isopor reaproveitadas.



Figura 16: Estrutura flutuante de suporte para os vegetais feitos de placas de isopor. Imagem: GroHo

Para utilização nas escolas, pode-se optar por vegetais de ciclo curto para ter uma observação de todo o seu ciclo de vida, pode optar por vegetais da preferência dos estudantes, como uma forma de engajamento da turma ou até mesmo uma escolha pela cultura local, levando em conta outros saberes regionais a serem investigados.

VI. *Filtração*

Conforme relato de Carneiro et al (2015) o processo de colonização das bactérias num sistema de aquaponia se dá de forma natural num ambiente chamado de filtro biológico e que normalmente são necessários 20 a 40 dias após a introdução dos peixes para que um sistema aquapônico apresente seu ciclo de nitrificação em equilíbrio para ser possível colocar as plantas.

A filtração é fase da separação e retirada dos resíduos sólidos suspensos e pela conversão da amônia proveniente dos peixes. garante a saúde do sistema, pela ação das bactérias anaeróbicas que se alimentam desses resíduos sólidos acumulados (Somerville et al., 2014, Duarte, 2018).

Existem os filtros mecânicos e biológicos. O uso de filtro biológico é importante para manter a qualidade da água e a homeostase do sistema. Um dos problemas mais frequentes em criações de animais aquáticos é a eutrofização que consiste no aumento dos nutrientes, como nitrogênio e fósforo, em um ecossistema aquático, o que leva ao aumento da produtividade, a fotossíntese, a respiração dos corpos de água e conseqüentemente, a alterações em todo esse ecossistema (Eugene,1988).

De acordo com o Portal Aquaculture Brasil¹², em um sistema fechado, a amônia (NH₃) resultante do tanque dos peixes ao se acumular pode causar a morte dos animais já que é um composto tóxico para espécies mais sensíveis em concentrações de 0,5 mg/L. Este quadro se torna ainda pior quando o ambiente não consegue retirar ou transformar esta amônia em outra molécula menos tóxicas no ambiente, (Colt e Armstrong 1981; Miranda-Filho 2009 e Silva 2013).

Para Carneiro et al (2016) para averiguar se o filtro biológico encontra-se funcionando adequadamente é necessário que seja monitorado mensalmente dos níveis de amônia e nitrito. Quando esses níceis estão elevados, é um indicativo de valores excessivos de biomassa de peixes e quantidade ração no sistema. Quando isso acontece, a sobrevivência dos seres vivos do sistema fica ameaçada..

A remoção de carbono e a produção de nitrato (nitrificação) ocorrem na zona aeróbia. O nitrato formado entra na zona anóxica, sendo reduzido a nitrogênio gasoso durante a desnitrificação. Assim, não se fazem necessárias as recirculações internas, como no caso da pré-desnitrificação (Von Sperling, 1996,Bassim et al.,2008).

Conforme informações do Portal Aquaculture Brasil¹³, os RAS que significam sistemas de recirculação para aquicultura,a amônia é removida através do processo de nitrificação, bactérias nitrificantes, oxidam a amônia até sua forma menos tóxica, o nitrato principalmente, por bactérias dos gêneros *Nitrosomonas* que oxidam amônia a nitrito e *Nitrobacter* que oxidam nitrito a nitrato.

¹² Portal Aquaculture Brasil <https://www.aquaculturebrasil.com/coluna/36/filtros-biologicos>

¹³ <https://www.aquaculturebrasil.com/coluna/36/filtros-biologicos>

A finalidade do filtro biológico segundo Albuquerque et al(2019) é que bactérias nitrificantes possam colonizar a mídia filtrante com o objetivo de converter a amônia em nitrito e posteriormente em nitrato. O nitrato será o fertilizante para as plantas, não causando dano algum à saúde dos peixes cultivados. Percebemos através da leitura dos textos de que sistema de filtragem quando é eficiente, faz a nitrificação dos dejetos dos peixes deixando-os disponíveis para a absorção das plantas e assim realizando a ciclagem dos nutrientes porém existe além do filtro biológico. Materiais filtrantes como a brita, argila expandida, areia, restos de construção como cacos de telha entre outros irão compor os filtros biológicos. Existem também materiais plásticos que podem ser encontrados em lojas especializadas para essa mesma função o filtro mecânico, que também é indispensável no sistema.

Albuquerque et al (2019) relata que a primeira barreira de filtração é feita pelos filtros mecânicos e assim, ajudam a retirar os resíduos sólidos mais pesados existentes na água pelo processo de sedimentação, retraindo os resíduos mais pesados no fundo do filtro mecânico.

VII. *Decantadores*

Segundo a página Aquaponia Brasil¹⁴, o decantador separa os sólidos da água, no momento que a água passa pela parte superior da cisterna, com a parte interna direcionada para o fundo da caixa. Resíduos mais pesados se aglomeram no fundo, facilitando a limpeza já que teria nesse local uma válvula para retirar esses resíduos. Para descrever os decantadores, Silva et al (2021):

Os filtros decantadores mais comuns podem ser confeccionados a partir de bombonas (100 ou 150 L) ou até mesmo recipientes menores (50 L), mas sempre serão dotados de uma válvula em sua base para a saída de dejetos. Estes filtros têm uma estrutura interna simples, mas de vital importância e são utilizados para a remoção dos sólidos mais densos (MATTOS et al, 2021 *apud* Silva et al, 2021.p.4)

De acordo com estudos de Carneiro et al (2016), os decantadores não são suficientes para separar todos os resíduos sólidos, pois a maioria são de baixa densidade ficando suspensos no tanque. Pedacos de redes, telas, peneiras podem ajudar nesse tipo de filtragem, retirando as partículas suspensas. Recomenda-se a limpeza do decantador e filtro biológico, uma vez por semana. Ao iniciar o procedimento, é aconselhável desligar a da bomba d'água para que o material em suspensão seja decantado e que se faça uma limpeza no próprio motor para retirar partículas grudadas.

¹⁴ <https://aquaponiabrasil.wordpress.com/principios-basicos/>

Overflow

Conforme informado no site Aquaponia Brasil,¹⁴ Consiste em um sistema (figura 17) usado para absorver as sujeiras que ficam no fundo do reservatório dos peixes. a sujeira é sifonada por gravidade para um outro recipiente que tem um pré-filtro para separação de pedaços de folhagens e outros resíduos. É uma estratégia que pode ajudar na boa conservação do sistema aquapônico e na manutenção dos parâmetros ideais de funcionamento.

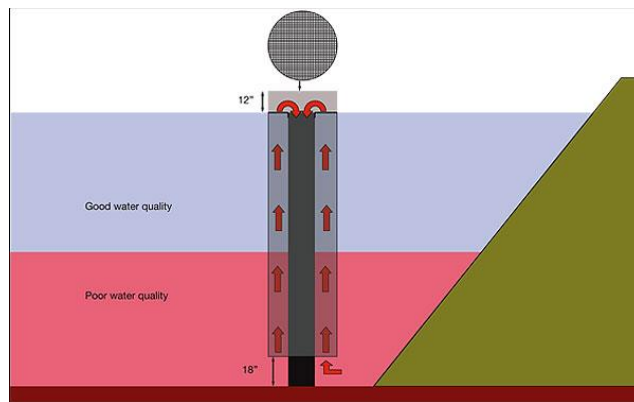


Figura 17: Sistema Overflow, usado para absorver sujeiras. Fonte: Aquaponia Brasil

Vortex;

Esse filtro (figura 18), consiste em drenar as impurezas, por exemplo quando a água entra na cisterna, ela já é direcionada para o fundo da caixa, mas entre essa etapa, há um filtro redemoinho, ou seja, um filtro giratório que impulsiona essa separação de resíduos segundo o site Howto aquaponic¹⁵ que não deixa os detritos mais pesados sifonarem para a saída de água. Essa técnica é muito utilizada onde há maior fluxo de água e contribui para a maior transparência da água.

¹⁴ <https://aquaponiabrasil.wordpress.com/principios-basicos/#:~:text=1%20%E2%80%93%20Overflow%3A,fundo%20do%20reservat%C3%B3rio%20dos%20peixes.>

¹⁵ <https://www.howtoaquaponic.com/designs/swirl-filter/>

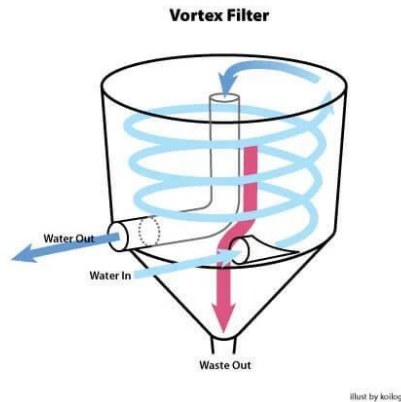


Figura 18: Ilustração do filtro vórtex, tipo de filtro redemoinho. Fonte: <https://www.howtoaquaponic.com/designs/swirl-filter/>

VIII. Filtro Biológico;

Esse processo é considerado por muitos a parte com maior eficiência do sistema, pois é onde ocorre a nitrificação da água, ou seja, onde ocorre o “ciclo do nitrogênio”, a transformação da amônia em nitrato para as plantas. conforme esquema abaixo:

Filtro com Plantas

O site Aquaponia Brasil ¹⁵ indica para complemento filtrante plantas como papiros, aguapés, alface da água, taioba, taboa, lentilha d’água, entre outros, podem ajudar a oxigenar a água e ainda servem de complemento alimentar para os peixes.

Segundo informações de Rakocy et al., 2006 (apud Biagione, 2022) a eliminação dos resíduos na aquaponia, pode ser realizado parcialmente pelos vegetais cultivados, uma vez que os nutrientes acumulados na água são por eles absorvidos porém, pela rápida circulação da água nos sistemas integrados, a remoção desses nutrientes pode ser potencializada com a introdução de macrófitas aquáticas no sistema aquapônico (Biagione, 2022).

IX. Parâmetros essenciais

Conforme sugerido no site especializado Aquaponia Brasil ¹⁶ para que os peixes possam viver saudáveis, devemos ter sob controle parâmetros como temperatura, oxigênio dissolvido, ph, nível de amônia e nível de nitrito, monitorando esses parâmetros com testes adquiridos em lojas

¹⁵ <https://aquaponiabrasil.wordpress.com/principios-basicos/>

¹⁶ Aquaponia Brasil: fonte: <https://aquaponiabrasil.wordpress.com/principios-basicos/>

de aquarismo ou agropecuárias locais e até mesmo pela internet.

Potencial hidrogeniônico ou pH da água

Conforme diversos autores pesquisados, por se tratar de um sistema integrado que envolve peixes, plantas e bactérias, organismos bem distintos em vários aspectos, é importante conhecer as necessidades de cada um deles para que o pH da água seja mantido numa faixa que atenda a todos satisfatoriamente como se vê na descrição abaixo:

As bactérias nitrificantes são predominantemente aeróbicas e têm o pH ótimo no intervalo entre 7,0 e 8,0. A maioria das plantas cultivadas em hidroponia cresce melhor em pH entre 5,5 e 6,5. Já para a maioria das espécies peixes de água doce de interesse econômico e que podem ser utilizados num sistema aquapônico, o pH ideal encontra-se entre 7,0 e 9,0. Com isso, recomenda-se que o pH da água seja mantido entre 6,5 e 7,0 para atender satisfatoriamente a todos os componentes biológicos presentes num sistema aquapônico. (Carneiro et al; 2015, p.2).

Segundo Carneiro et al(2015) Após a colonização do filtro biológico pelas bactérias e o estabelecimento do equilíbrio de do sistema é normal observar contínua tendência de redução dos valores de pH. Isso é relevante por confirmar o bom funcionamento do filtro biológico. Mesmo assim é importante a contínua correção do pH para atender às necessidades dos três tipos de organismos envolvidos. Para fazer a medição de pH e poder confirmar esses números, podemos utilizar alguns instrumentos (figuras 19 e 20) que serão facilmente encontrados nas plataformas digitais ou em farmácias.



Figura 19: À esquerda, medidor digital de pH Fonte: <https://www.amazon.com.br/Homyl-Medidor-Digital-Testador-Hidrop%C3%B4nico/>

Figura 20: À direita, kit de fitas medidoras de pH para sistema hidropônicos. Fonte: Amazon.com <https://www.amazon.com.br/Fita-Teste-PH-Cartela-unidades/>

Dentre as opções de substâncias tamponantes que podem ser utilizadas para a correção e estabilização do pH em aquaponia, aquelas à base de potássio (K) e cálcio 14 Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia (Ca) são as mais indicadas uma vez que se trata de nutrientes normalmente presentes em sistemas de aquaponia em quantidades inferiores às exigidas por muitos vegetais

Para Carneiro et al(2015),a correção e estabilização do pH em aquaponia, são recomendadas conforme aquelas à base de potássio (K) e cálcio 14 por casusa de nutrientes normalmente presentes em sistemas de aquaponia em quantidades inferiores às exigidas por muitos vegetais. Porém, essas complementações são feitas com cautela, sempre seguindo as intruções nos rótulos desses produtos e checando sempre a qualidade da água.

Como o nitrogênio é o nutriente requerido pelas plantas em maior quantidade e o nitrato é a forma preferida de absorção, a compreensão e o manejo adequado das colônias de bactérias é de fundamental importância na aquaponia. O surgimento dessas bactérias num sistema de aquaponia se dá de forma natural num ambiente chamado de filtro biológico, porém pode ser estimulado pela introdução de água trazida de outro local onde é conhecida sua presença. Geralmente são necessários 20 a 40 dias após a introdução dos peixes para que um sistema aquapônico apresente seu ciclo de nitrificação em equilíbrio e seja possível o início da introdução das plantas (Carneiro et al, 2015).

Conforme estudos de Carneiro et al (2015), a porta de entrada de nutrientes mais importante em um sistema aquapônico é o fornecimento de ração aos peixes ,que produzirão excretas que serão convertidas nos nutrientes que,futuramente as plantas absorvirão. Esse fluxo contínuo de nutrientes entre esses ambientes distintos favorecerá os ciclos biológicos naturais, ficando neste trabalho em evidência a nitrificação promovida por bactérias. Essas bactérias nitrificantes tem um papel super importante, transformando substâncias tóxicas produzidas pelos peixes em nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Sendo assim, tanto as plantas,ao consumirem esses nutrientes, quanto as bactérias, ao realizarem a nitrificação, estarão colaborando para o bom funcionamento do filtro biológico. Sobre isso, Biagioni (2021, p.20) afirma que:

O papel de transformação dessas substâncias tóxicas em nutrientes assimiláveis pelas plantas e benéficos para a hidroponia é de responsabilidade das bactérias nitrificantes, principalmente dos gêneros Nitrosomonas e Nitrobacter, que realizam a conversão da amônia (NH_3) em nitrito (NO_2^-) e este em nitrato (NO_3^-). Ao consumir esses nutrientes, as plantas, juntamente com as bactérias, desempenham uma importante função na

filtragem biológica da água, garantindo a condição adequada para o desenvolvimento normal dos peixes.

De acordo com os relatos de Queiroz et al (2021), a ração é a principal fonte de alimento nesse tipo de criação e cita três aspectos fundamentais devem ser levados em consideração referentes à: qualidade da ração (métodos de fabricação, composição, digestibilidade, estabilidade na água e fluvariabilidade, quantidade de materiais finos, níveis de nutrientes adequados à espécie cultivada, percentuais de fósforo e nitrogênio); distribuição da ração aos animais (quantidade de ração, frequência de aração e métodos de distribuição da ração); e armazenamento (formas e local de armazenamento, para permitir a manutenção da qualidade do produto).

Para Queiroz et al (2021) o uso de rações de boa qualidade é importante para assegurar bons resultados na produção evitando situações como a eutrofização dos ecossistemas aquáticos. diretamente Que além de causar prejuízos ao bom andamento do sistema aquapônico, pode levar ao surgimento de patógenos e doenças que podem levar a morte do peixe. de resíduos nos viveiros e reservatórios.

Para realizar a compra de ração, é importante especificar o tamanho do peixe pois, segundo Queiroz et al (2021), o percentual de proteína bruta e a fase de desenvolvimento dos peixes são osgeralmente os principais critérios utilizados para aquisição de ração. Entretanto, outros aspectos como as variações na temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido, pH e transparência da água são determinantes para o consumo de ração, interferindo no número de refeições diárias, as quais, poderão aumentar ou diminuir.

Segundo o site da EMATER/DF ¹⁷ é de extrema importância observar constantemente as temperaturas das águas no sistema aquapônico pois baixas temperaturas influenciam o apetite do peixe, fazendo com que ele coma menos ração. Sabendo disso, devemos monitorar essa temperatura e optar por rações que tenham uma reposição de nutrientes maior, sabendo que o peixe comerá menos nessas condições.

Como as tilápias são onívoras, podemos complementar essa dieta com plantas que podem ser cultivadas no mesmo sistema aquapônico e isso irá reduzir as nossas despesas com a ração. Controlar a quantidade e do consumo de ração será fundamental para evitar problemas relacionados

¹⁷ <https://emater.df.gov.br/criacao-de-peixes-requer-cuidados-no-inverno-veja-como-evitar-perdas/#:~:text=Alimenta%C3%A7%C3%A3o%20e%20qualidade%20da%20%C3%A1gua&text=Temperaturas%20baixas%20influenciam%20o%20apetite,que%20ele%20coma%20menos%20ra%C3%A7%C3%A3o>

à qualidade da água causada por excesso de nutrientes na água e nos sedimentos do fundo dos tanques de cultivo.

Conforme estudos de Queiroz et al (2021), o monitoramento da turbidez e da transparência da água são importantes para evitar que a concentração de fitoplâncton evitando grandes variações do pH. É preciso observar a variação da cor da água, que quando esverdeada pode indicar a abundância de fósforo na água, além de ser necessária a verificação do excesso de nutrientes na água. Esse excesso de matéria orgânica, pode indicar o mau funcionamento do filtro biológico ou a necessidade de limpeza dos tanques, mas pode naturalmente indicar o manejo equivocado da alimentação dos peixes.

O manejo alimentar é fundamental para o sucesso do sistema aquapônico, seja monitorando a temperatura e adequando a quantidade e a qualidade da ração, buscando outras fontes complementares para repor nutrientes, mas é importante estar atento às variações dos

parâmetros pois estamos lidando com seres vivos e não podemos nos descuidar.

X. Sistema de aeração

A aeração é importante não apenas para os peixes, ela é extremamente necessária para as raízes das plantas e para as bactérias nitrificantes do filtro biológico. Encontramos no texto de Carneiro et al (2016) que em lugares de clima tropical, a quantidade ideal de oxigênio dissolvido na água deve ser sempre superior a 3 mg/L. Situação tranquilamente resolvida com o uso por compressores ou sopradores de ar como por exemplo bombas de aquário.

6.3. Passo a passo para construção do sistema aquapônico

O modelo escolhido para este trabalho é a caixa de 100 L para poder conter 2 tilápias de tamanho intermediário. O sistema é composto basicamente por um tanque no qual são produzidos os peixes que, alimentados por ração, produzem excretas ricas em nutrientes. Ao passar pelo filtro biológico, esses nutrientes são transformados em compostos capazes de serem assimilados pelas plantas que, bombeados para a bancada hidropônica, nutrem então os vegetais. As raízes das plantas, ao absorverem os nutrientes que necessitam para se desenvolver, filtram a água que irá retornar ao local onde são produzidos os peixes, reiniciando assim o ciclo dentro do sistema (Carneiro et al, 2015)

Para Kochenborger(2021),o tamanho ideal do tanque de cultivo de animais, depende da espécie, do número de animais e da fase de criação.Para espécies de ciclídeos que formam casais, por exemplo, podemos usar aquários de 60 a 100 L. No caso de alevinos (filhotes), é pode-se, inicialmente, podem-se estocar 200 peixes num aquário de 100 litros. Nós utilizaremos apenas 8 alevinos no máximo pois nas fases de crescimento distribuiremos cada 2 filhotes mais crescidos para cada outra caixa de 100 L. Baseado no Portal Embrapa, ¹⁸a produção de juvenis de tilápia em viveiros demanda entre 50 e 100 litros por quilo de carne, isso possibilita a produção também em locais com limitações no uso da água. Assim, faremos essa observação sobre o que será mais viável e saudável de acordo com o desenvolvimento dos animais.

A nossa escolha a princípio será dos machos pois segundo Borges(2009), os machos de tilápia possuem um crescimento maior e melhor desempenho na engorda, devido às atividades reprodutivas das fêmeas. Além disso, o nosso espaço é pequeno e não queremos produzir alevinos nesse primeiro momento.

Os elementos e parâmetros para sistema aquapônico foram explicados anteriormente, agora iremos mostrar o material necessário para montar essas estruturas,esse modelo foi adaptado para atender tanto ao uso em escolas quanto em residências: O modelo sugerido pelo manual será de um tamanho médio e os componentes escolhidos estão descritos abaixo.

- 1- Ambiente para a criação de peixes -Caixa organizadora de 100l com a capacidade
- 2- Ambiente de Cultivo de Vegetais -Bandeja reutilizada de feiras para constituir o berçário das plantas;
- 3- Filtro biológico e mecânico. Balde reutilizado de margarina;
- 4- Composição dos filtros: Pedras de argila ou cacos de telha para as bactérias colonizarem;
- 5- Sistema de Aeração - Motor de aquário de 110v e extensão elétrica;
- 6- Pedacos de canos e mangueiras para a água transitar entre os ambientes;
- 7- Um kit de medição de pH

¹⁸ <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/69735593/sistema-intensivo-de-producao-de-tilapia-traz-vantagens-ambientais-e-competitividade-economica>

Um sistema aquapônico, como explicado e descrito anteriormente, é, normalmente, é constituído de três partes principais: um tanque para criação dos peixes, um sistema de filtração/biofiltração para filtrar a água e um ambiente de cultivo para plantar as mudas, sendo o sistema de filtração a peça chave para o equilíbrio do sistema, uma vez que é neste local, onde ocorre a conversão da amônia em nitritos, e posteriormente em nitratos (FREATO, 2002; SOMERVILLE et al., 2014; SILCA et al, 2020).

Para o funcionamento do sistema (figura 21) ele deve ser montado conforme a imagem abaixo:

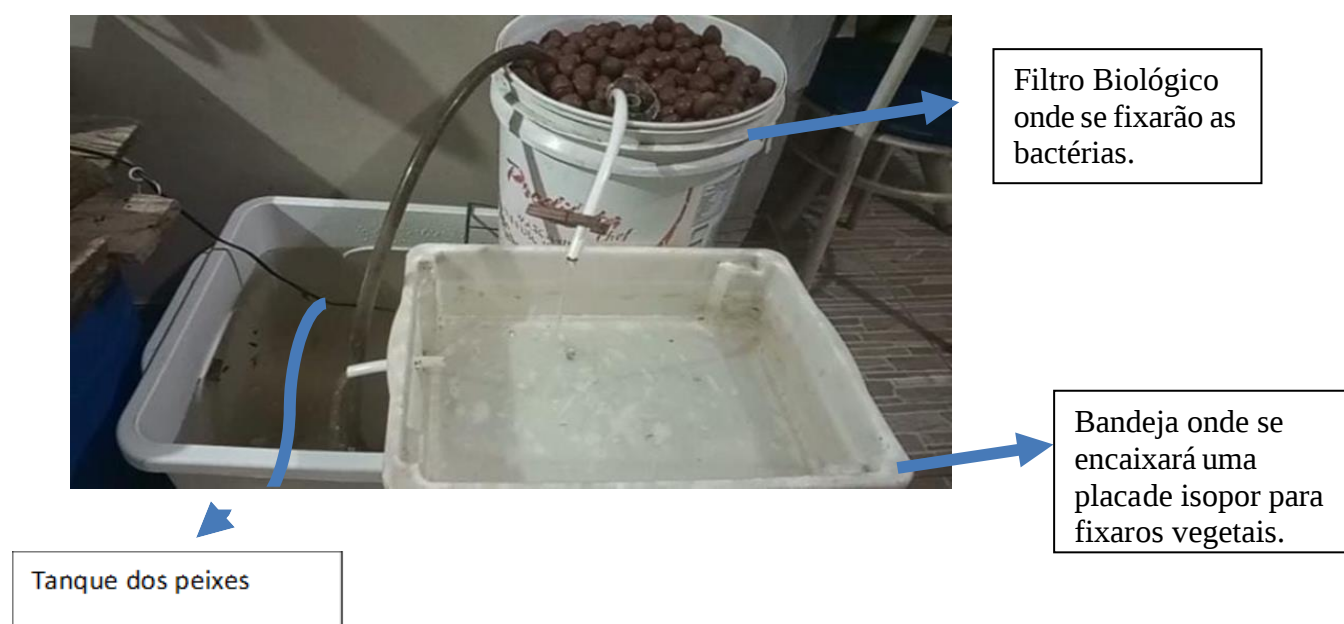


Figura 21: Fotografia do sistema aquapônico construído pela autora.

O filtro biológico é montado no balde de margarina reaproveitado e limpo, fazendo um furo na parte interior do balde, sendo ajustado um pequeno adaptador (figuras 22 e 23) para encaixar a mangueira por onde a água vai transitar, de um ambiente para o outro. Os pedaços de telha ou argila expandida devem completar o balde até sobraarem 4 centímetros de sua parte superior.

Adaptamos o sistema chamado de media-filled bed, gravel bed ou ambiente de cultivo em cascalho, essa escolha nos possibilita reaproveitar as telhas quebradas que tivermos disponíveis, serve como filtro mecânico, filtro biológico pois será o local de fixação das bactérias além desse material servir também como um excelente suporte para as plantas se firmarem, caso haja necessidade.



Figura 22:À esquerda,parte inferior do balde com o furo e adaptador. Fonte: próprio autor

Figura 23:À direita, modelo de adaptador usando flange de 20mm. Fonte: Amazon

O ambiente para a criação dos peixes deve ficar na parte mais baixa do sistema aquapônico para que a água que já passou pelo ambiente de vegetais chegue ao tanque pela gravidade e não deve ser transparente para não propiciar a proliferação de algas. Nesse ambiente vai ser colocado a bomba de aquário que vai estar ligada a uma mangueira, jogando a água para a região do filtro.

O animal escolhido foi a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*,) pois segundo o Portal EMBRAPA,¹⁹ é a espécie de peixe mais produzida no Brasil . Sua rusticidade, rápido crescimento e qualidade da carne atraem os seus produtores. Além disso, sua produção no sistema bioflocos, que é um sistema intensivo baseado no conceito de sustentabilidade pois nele não é necessário fazer a renovação da água. está em expansão, pois possibilita o aumento da produção de proteína animal de alta qualidade e de forma mais sustentável.

Outras características nos fizeram escolher essa espécie . Uma delas é que as tilápias podem tolerar grande diversidade de condições da qualidade da água e que conseguem sobreviver por breve período de tempo em água em temperaturas extremas, conforme as instruções descritas por Moro et al(2013), a tilápia-do-nilo possui coloração acizentada e apresenta corpo comprimido lateralmente e com linha lateral dividida em dois segmentos. O conforto térmico para esses animais fica entre as temperaturas de 14 a 33°C em ambientes de água doce, mas sabemos que algumas tenham se adaptado aos ambientes salinos.

Através dos relatos de Somerville et al(2014) confirmamos as informações que as tilápias são peixes onívoros, pelo que já sabemos são seres que se alimentam de plantas e outros animais.

¹⁹ <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/69735593/sistema-intensivo-de-producao-de-tilapia-traz-vantagens-ambientais-e-competitividade-economica>

Já que como relatado anteriormente essa espécie possui uma boa aceitação a rações, a plantas aquáticas em sua dieta. Iremos futuramente pesquisar vegetais para que possamos complementar essa dieta e também através desses relatos, percebemos que a densidade de cultivo alta pode ser benéfica ao cultivo, sabendo que a espécie pode ser agressiva, especialmente em baixas densidades, uma vez que os machos são extremamente territorialistas. Todos os artigos e livros utilizados nesse texto confirmam que o modelo que iremos utilizar é o ideal, para em altas densidades nos tanques de crescimento, desde que respeitados os níveis ideais de qualidade de água, o que já nos cercamos, relatando anteriormente os cálculos a serem considerados.

No ambiente para a vegetação, escolhemos o ambiente de cultivo de vegetais DWC (deep water culture), floating, raft ou ambiente flutuante pois neste ambiente, poderemos reaproveitar placas de isopor que iriam para o lixo, fazer pequenos buracos e encaixar as mudas das plantas que ficam flutuando sobre o líquido de maneira individualizada, dentro da bandeja reaproveitada que antes era usada em peixarias ou na própria cozinha da escola, fazendo um furo em uma das laterais e por onde vai passar uma mangueira, levando a água por meio da gravidade, poupando assim o gasto de energia.

Nós escolhemos a alface lisa, mangericão e outras hortaliças que receberemos como doação. Todas com ciclo de vida curto e que poderemos utilizar na escola como complementação na alimentação.

Segundo informações de Carneiro et al (2015) é aconselhável que se utilize espécies vegetais já adaptadas à hidroponia, no cultivo em aquaponia. Como esses sistemas possuem um ambiente semelhante, o cultivo desses vegetais será de mais fácil adaptação. Pensando no nosso modelo escolar, é importante levar em consideração as necessidades das plantas escolhidas e acompanhar atentamente o seu desenvolvimento para o pleno sucesso do sistema. Conforme relatos de Carvalho et al (2005) no Brasil, a alface é a hortaliça mais produzida, tanto em solo como em sistemas hidropônicos, seu fácil manejo, aliado ao seu ciclo curto e rápido permite a nossa experimentação no sistema aquapônico com muitas indicações de sucesso.

Para calcular a quantidade ideal Carneiro et al (2015), sugerem a proporção do uso de ração na proporção de aproximadamente 25 g/dia/m² a 40 g/dia/m². Segundo Biagione (2022) essa proporção indica que a cada 4 kg de peixes consumindo 1,5% de seu peso vivo ao dia (em torno

de 60 g de ração por dia) já seria o necessário para possibilitar o cultivo de vegetais em área de aproximadamente 2 m² de cultura com alface . Para esse experimento iremos usar a regra que é bastante usada por aquaristas que é de 20 plantas para 1 kg de peixe.

Sabendo que o quantitativo de plantas a ser produzido está diretamente ligado à densidade de peixes implantada no sistema, teremos que ficar atentos ao comportamento dos seres vivos que se encontram instalados no sistema aquapônico , monitorando os parâmetros ideais, observando e coletando e registrando essas informações para que possam ajudar em nosso projeto e estimulando aos discentes participantes a investigarem essas situações cotidianas que podem interferir drasticamente na manutenção desses ecossistemas.às plantas.

6.4. Roteiro de aulas para o Ensino de Ecologia a partir da construção de um sistema aquapônico

I. Roteiro de atividade:

- *Conteúdo(s) a ser(em) abordado(s):* Ecossistemas aquáticos e terrestres:

- *Objetivo(s) relacionados ao aprendizado dos alunos:*

- Compreender os conceitos de biosfera e ecossistema;

- Relacionar os fatores que podem interferir nos ecossistemas;

- Ciclos Biogeoquímicos, dando um destaque primeiro ao ciclo do nitrogênio e carbono respectivamente.

- Construir e observar um modelo de ecossistema;

- *Justificativa e relevância:*

- A conservação de ecossistemas está sendo amplamente relacionada com a redução da pobreza, ou seja, esses esforços de conservação não são apenas para a manutenção do ambiente, mas podem influenciar diretamente na vida da população, principalmente na dos mais vulneráveis. A qualidade da água tem sido afetada duramente por décadas de práticas destrutivas do agronegócio, das atividades mineradoras, da industrialização e de diversas outras situações que afetam o meio ambiente. Conforme retratado pelo Portal Nações Unidas Brasil²⁰, através dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14 que trata da Vida Aquática e 15 que trata da vida terrestre, acordos globais têm sido feitos na expectativa de reverter os efeitos nocivos ao nosso

²⁰ Portal das Nações Unidas Brasil, : <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/14>, disponível em 06/02/2024

planeta, ressaltando ainda mais a relevância deste tema para as salas de aulas por todo o mundo.

Podemos conceituar ecossistema como um conjunto formado pelas interações entre componentes bióticos, como os organismos vivos: plantas, animais e microrganismos, e os componentes abióticos, elementos químicos e físicos, como o ar, a água, o solo, a luminosidade e minerais. Estes componentes interagem através das transferências de energia e ciclagem de nutrientes que envolvem os organismos vivos entre si e entre estes e os demais elementos de seu ambiente.

Para facilitar a compreensão e o ensino dos ecossistemas na educação básica, frequentemente construímos mini ecossistemas, como terrários, que simulam a interação entre fatores abióticos e bióticos típicos de um ecossistema encontrado no mundo. A prática em si costuma ser muito estimulante para os alunos que se interessam por atividades que fogem a rotina de cópia do quadro.

Entender esses conceitos e aplicar em situações práticas são fundamentais para que os conhecimentos sobre os ecossistemas não estejam fragmentados e sim, numa sequência didática que priorize um estudo que integra vários conceitos e mobiliza os alunos para um aprendizado significativo.

- *Público-alvo:*
 - Alunos do 1º ano do Ensino Médio de qualquer escola
- *Tempo de duração previsto:*
 - Serão 3 aulas com 2 tempos de 50 minutos cada (totalizando 6 tempos).
- *Desenvolvimento (estratégias, materiais didáticos e cronograma de organização)*
- *Roteiro de Aula:*

1º dia de aula:

1ª atividade - Tempo estimado: 15 min.

Em uma aula dialogada, será feita a seguinte problematização: O professor deve escrever a palavra Ecossistema no quadro ou em uma cartolina e pedir que cada um diga uma palavra que vem à cabeça sobre esse assunto. (Guardar a cartolina ou tirar foto do quadro para comparar depois).

Nesse primeiro momento, a turma deverá responder de maneira coletiva, todos serão ouvidos e as informações que forem faladas serão anotadas pela professor(a) e/ou um aluno ajudante. Uma outra maneira de fazer esta atividade seria pedir para os alunos escreverem em um

pedaço de papel previamente cortado pelo professor(a), que depois pode colar em uma cartolina.

2ª atividade - Tempo estimado:35 min

Neste momento,solicitar que se organizem em 4 grupos de 6 alunos e que façam desenhos e anotações de ecossistemas que conhecem enumerando organismos que ocorrem no ecossistema escolhido. Em um segundo momento, solicitar que identifiquem as funções dos organismos citados, como produtor, consumidor e decompositor.

3ª atividade -Tempo estimado:15 min.

Indicar os fatores essenciais para que os ecossistemas se mantenham - Podemos mostrar fotos de alguns ecossistemas sem colocar os nomes, essas imagens foram selecionadas de lugares distintos e estarão projetadas na sala de aula para que faça, a leitura de imagem e perguntar se eles conhecem ou se já viram. Os comentários serão feitos com a leitura das imagens pelos alunos e mediada pelo professor(a). Comentar com eles sobre cada uma das fotos. Esse tipo de indagação busca ressaltar o conhecimento prévio dos alunos, que é extremamente importante no letramento científico. Essa atividade será fundamental para que os alunos descrevam os elementos de um ecossistema antes de fazerem o modelo do minissistema. Após a indentificação de elementos dos ecossistemas avaliados nas fotos, eles deverão listar os elementos essenciais para a montagem do miniecosistema.

Esperamos neste momento contribuir para novas percepções dos alunos em relação ao que podemos classificar como ecossistema. Pretendo mostrar fotos de ecossistemas mais próximos da realidade deles como a horta que construímos na escola, vasos de plantas, da comunidade em que vivem, alguns espaços urbanizados e outros mais distantes, ecossistemas de diversos tamanhos. Eles escreverão em grupo uma descrição desses elementos de um ecossistema.

Após terminarem as suas anotações, entregaremos aos grupos o acesso ao link abaixo para que o aluno reflita se as descrições feitas anteriormente podem ser confirmadas pelas novas informações. Assim eles terão a oportunidade de checarem em fontes confiáveis mas que não dão as respostas para essas perguntas diretamente, mas os ajudam em suas elaborações de hipóteses.

<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/componentes-ecossistema.htm>

2º Dia de aula:

De posse dos conhecimentos gerais sobre ecossistema, os alunos iniciarão a montagem dos modelos.

4ª Atividade:-Tempo estimado:50 min.

É possível criar um modelo de ecossistema integrando elementos de ambiente aquáticos e terrestres? A cor do recipiente pode afetar a interação no ambiente? De que jeito?

Estes questionamentos trazem diversos conceitos que são eixos importantes no estudo de Ecologia na educação básica do nosso estado:

A turma será dividida em 4 grupos com 6 alunos cada. Dois grupos construirão o modelo do recipiente transparente e dois grupos construirão o modelado recipiente colorido. Antes de iniciar a construção, irão elaborar suas hipóteses para a problematização acima e anotar em um papel e deixar registrado.

Os grupos seguirão um roteiro com um passo a passo para a construção de mini ecossistema (aquaponia) contendo dois parâmetros diferentes. Um terá um recipiente transparente e o outro colorido, a ponto de reduzir a luminosidade. Deverão separar os materiais necessários e iniciar a montagem

II. Passo a passo da montagem do minissistema aquapônico

Material Necessário: garrafas pet (grandes) coloridas e transparentes, mudas de alface ou qualquer outra hortaliça que se adapte bem em ambientes aquáticos, peixesbetas, ração para o peixe, tiras de panos ou barbantes, de aquário e água.

Montagem do sistema:

- ✓ Cortar as garrafas 2 cm acima da sua metade e vamos classificar em parte 1 a parte de baixo e 2 na parte de cima, onde fica a tampa;
- ✓ Na parte de baixo (1) da garrafa (figura 24), colocar pedras de aquário que atinjam no máximo dois cm do fundo do pote. Completar com água até chegar a uma altura aproximadamente 2 cm acima da sua metade;
- ✓ Fazer alguns furos em toda a lateral da parte de cima da parte 1 da garrafa para que o ar possa

entrar com maior facilidade no sistema;

✓ Em seguida, irá preparar a estrutura de cima da garrafa onde ficará o vegetal (figura 25) que irá conter pedras de aquário e argila expandida, juntamente com quatrotiras de pano que irão se comunicar com o aquário;

✓ Após a montagem das estruturas, podemos adicionar 1 peixe beta em cada mini aquário. Feito isso, podemos acrescentar a quantidade individual de ração para o peixe e em seguida, encaixar a parte superior do sistema;

✓ Após a montagem, os sistemas (figura 26) devem ser colocados em um local da escola que tenha acesso à luz do sol e que ambos tenham as condições ambientais parecidas;

✓ e assim ficarão em locais reservados na escola onde cada grupo deverá observar e anotar a Coloração da água, o comportamento dos seres vivos, a temperatura e usar medição de pH (se possível) em alguns dias do experimento à critério de cada grupo durante 15 dias;

Imagens da montagem:



Figura24: Imagem à esquerda, parte 1. será o tanque do peixe beta. Fonte: própria autora

Figura25: Imagem à direita: parte 2. Será o local de cultivo do vegetal e filtro biológico. Fonte: própria autora



Figura 26: Mini sistema aquapônico feito de garrafa pet produzido pela autora Foto: Própria autora

Observação dos sistemas e apresentação dos resultados. Cada equipe se reunirá para observar o seu mini ecossistema e após um período de 15 dias, mostrarão seus sistemas montados e seus resultados preliminares (as respostas das perguntas iniciais para a montagem). 8 min para cada grupo falar, totalizando 32 minutos.

5ª Atividade:

Após a montagem dos modelos de ecossistemas, os alunos irão em grupo responder a um questionário podendo acessar as suas anotações das aulas anteriores e consultar algumas páginas na internet relacionadas ao tema (os links serão indicados e estão relacionados ao final do roteiro).

- 1- O seu modelo pode ser chamado de ecossistema? Por quê?
- 2- Qual é o papel de cada organismo no modelo?
- 3- A cor do recipiente pode causar alteração nos resultados dos modelos criados?
Que evidências podem comprovar isso?
- 4- Esse sistema pode ser considerado sustentável? Por quê?
- 5- Por que você acha que o peixe beta precisa receber um suplemento de ração? Poderia substituir a ração por uma outra fonte natural? Qual?

6-Existem fatores que alteram o comportamento do peixe neste sistema?Quais? O que te fez chegar a essa hipótese?

7-Como o solo que mantém a planta se mantém fértil?

8- Em qual parte, no mini ecossistema podem ser encontrados os nutrientes minerais para as plantas?

9-Esse sistema pode ser considerado fechado ou aberto?

3º Dia de Aula:

6ª atividade – Tempo estimado: entre 18 e 25 min.

Retornaremos com o questionário preenchido por eles na segunda aula e perguntaremos se eles fariam alguma alteração em suas respostas onde terão um tempo para responderem.

7º atividade – Tempo estimado: 50 min.

Após deixá-los por um período analisando suas respostas, faremos uma roda de conversas para que cada grupo apresente seus argumentos e faremos discussão geral dos assuntos com a participação de todos os alunos e a mediação do professor(a). 50 minutos

Como poderão verificar suas hipóteses? Fazendo as pesquisas de maneira autônoma observando e comparando os experimentos e suas respostas às perguntas feitas pelo professor. Eles terão links sugeridos mas nada os impede de buscarem suas próprias fontes e da forma que for mais eficiente para os discentes. São várias hipóteses a serem testadas porém a mais evidente a princípio é sobre a cor do recipiente alterando os resultados ,pois supomos que no mais claro, haja um aumento no processo de eutrofização e no aumento de nutrientes, mudando a coloração da água e interferindo nos demais parâmetros.

Os alunos terão links de sites confiáveis onde poderão consultar para ajudar na interpretação dos resultados da experiência com a montagem dos ecossistemas.

Seguem sugestões de pesquisas nos seguintes sites:

<https://oeco.org.br/dicionario-ambiental/28516-o-que-e-um-ecossistema-e-um-bioma/#:~:text=Um%20ecossistema%20%C3%A9%20um%20conjunto,%C3%A1gua%2C%20o%20solo%20e%20minerais.>

<https://ilsabrasil.com.br/ciclo-do-nitrogenio-e-suas-reacoes/#:~:text=O%20ciclo%20do%20nitrog%C3%AAnio%20permite,que%20ser%C3%A3o%20descritas%20a%20seguir.>

<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/6298/aquaponia-residencial#:~:text=Produ%C3%A7%C3%A3o%20integrada%20de%20peixes%20e,de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20no%20mesmo%20local.>

III. Proposta de discussão dos resultados com os estudantes

É importante na discussão dos resultados com os alunos que sejam levados em consideração toda a trajetória dos grupos. Espera-se que este roteiro didático possa permitir que no decorrer de cada fase nesse processo os alunos possam demonstrar em primeiro momento seus conhecimentos prévios, que possa fazer a leitura de imagens, que possa se expressar através de desenhos e da oralidade sobre esses conhecimentos que possam conectar com suas realidades. No segundo momento espera-se que sejam capazes de seguir o passo a passo demonstrando suas habilidades em seguir instruções com atenção e que preencham o questionário solicitado assim como cuidem desses minissistemas com cuidado por se tratarem de seres vivos e que os docentes estejam atentos às diversas variáveis que possam surgir no decorrer do roteiro de aulas. Além disso, que no momento da roda de conversa, possam se sentir seguros para relatar suas impressões e seus argumentos, e que os discentes possam ser a parte central desse processo de aprendizagem.

- *Formas de avaliação* (forma de coleta e análise de dados que permitam avaliar se a aula alcançou os objetivos esperados):

- Os alunos serão avaliados pela forma que relacionam os assuntos trabalhados, pela resposta do questionário além da dedicação no desenvolvimento das atividades e caso demonstrem que compreenderam que o equilíbrio de um ecossistema depende de vários fatores e que existem diversos tipos de ecossistemas e que estão interligados formando os biomas. O roteiro que será entregue ao aluno será demonstrado ao final do documento (anexo 1).

7. BREVE REFLEXÃO SOBRE O PROCESSO

O manual para o professor deste trabalho traz um detalhamento conforme informações da literatura específica e permite reproduzir esse modelo nas escolas, o que pode ajudar substancialmente as práticas nas aulas de Biologia. Souza et al(2022) relata o grande potencial educacional através do uso do sistema aquapônico. Ele ressalta ainda os inúmeros contextos em que o manejo da aquaponia podem interagir com diversos conceitos de Biologia já relatados em nosso estudo.

A busca teórica para desenhar os modelos dos sistemas até idealização deste manual trouxeram conhecimentos de contextos históricos e mostraram que as inovações dos povos antigos que são resgatadas neste trabalho, podem ser utilizadas na atualidade de uma maneira a minimizar o uso de recursos do planeta, ajudando na segurança alimentar e reforçando a importância da ancestralidade em nosso estilo de vida.

O manual de aquaponia já foi produzido por outros diversos autores que trouxeram modelos de pequeno porte (Rosa, 2020; Santos, 2021). Ambos utilizam a aquaponia como ferramenta de ensino e buscaram nesses modelos, materiais de baixo custo e de fácil manuseio como o nosso. No primeiro trabalho citado, o pesquisador consegue avaliar junto a outros professores, práticas de ensino voltadas para a aquaponia, ressaltando a relevância desse trabalho para os educadores em geral.

Embora muitos manuais ou guias tenham sido produzidos no Brasil, nenhum parecido com o produzido em nossa pesquisa foi localizado no estado do Rio de Janeiro, acreditando assim que ele será uma importante fonte de referência local por ter sido testado e por conter uma abordagem detalhada seguindo informações de trabalhos de especialistas como Carneiro (2015), além de ser voltado para o Ensino de Ecologia.

Na elaboração de roteiro didático investigativo, buscamos conforme já apontado anteriormente, os cinco aspectos que caracterizam o ensino investigativo segundo Tonidandel (2015) procurando instigar o envolvimento dos alunos, sempre focando o uso de evidências, a formulação das explicações, na avaliação das suas respostas e conclusões a respeito das questões científicas.

Buscamos com o roteiro didático investigativo trabalhar conceitos pertinentes a diversas disciplinas conforme trabalhos já realizados como por exemplo o de Rosa(2020) que traz um roteiro

didático para seu sistema aquapônico. O nosso trabalho difere em vários aspectos por trazer um sistema ainda menor que o do manual, feito de garrafas pet, peixes betas e um sistema de capilaridade em vez de bombas de aquário para o sistema de recirculação de águas, nenhum trabalho como esse foi encontrado em nenhuma plataforma de pesquisa. A particularidade desse modelo permite a reprodução em qualquer espaço escolar, de fácil locomoção para outras unidades, o custo na sua produção é pequeno e o apelo visual pelo resultado da experimentação é digno de muitos elogios.

Esperamos que esse roteiro, além de ampliar os estudos dos conceitos de Ecologia nas escolas, possa também através da experimentação, facilitar o entendimento de alguns processos assim como, contribuir para a autonomia do aluno na busca pelo conhecimento, utilizando os materiais disponíveis e testando suas hipóteses e colaborando com o aumento do engajamento dos discentes nas práticas escolares como facilitando o trabalho do professor, apresentando mais uma atividade a ser replicada em suas turmas.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desse trabalho, foi traçada uma estratégia para a construção de um sistema aquapônico que irá compor um guia voltado para que outros professores possam replicar em suas realidades.

Após fazer um levantamento bibliográfico, elaboramos um roteiro para abordar essa prática de ensino-aprendizagem em turmas de Biologia, trabalhando com um tema “Ecossistemas”, a proposta dessa atividade é fazer com que os alunos montem um mini ecossistema com materiais reaproveitáveis, utilizando um roteiro investigativo que será dividido em três dias, abordando conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, partindo de uma análise dos conhecimentos prévios de cada um sobre o tema e de um planejamento conjunto das atividades, com os alunos atuando como protagonistas no processo ensino aprendizagem desenvolvemos uma metodologia baseada na investigação para discutir os temas de Compreender que cada aluno traz uma vivência própria, uma perspectiva diferente de acordo com a sua história de vida é de grande importância para uma aprendizagem significativa assim como respeitar que essa trajetória trouxe o aluno até esse olhar diferenciado e único.

Esse produto pode atuar na escola com um papel engajador no que diz respeito a despertar o interesse pelo ensino de Biologia e especificamente em Ecologia, resolvendo alguns dos

problemas citados por Scarpa e Campos (2016) quando relatam os desafios de uma aprendizagem significativa e motivadora no ensino da Biologia já que a disciplina pode não despertar o interesse dos alunos.

Um grande desafio que esse trabalho tem, é trazer para as salas de aulas atividades experimentais que conforme relatos de Trivelato e Tonidandel (2015) são difíceis de serem implementados e em nossa casa, envolvendo seres vivos, por exemplo, requer um cuidado ainda maior além da pesquisa que fica ainda mais densa.

Scarpa e Campos(2016) também falam da investigação estruturada, na qual os estudantes têm acesso aos dados para responder determinada pergunta,esses alunos também têm todas as condições para analisar e interpretar os dados para chegarem a uma conclusão. Esse texto foi importante para ajudar a pensar no roteiro didático investigativo que compõe o nosso produto. Tentar ver cada etapa com cuidado e pensar no que o aluno seria capaz de responder, até onde ele iria sozinho e a partir de qual parte haveria a necessidade da intervenção da professora. Isso tudo respeitando e valorizando os conhecimentos prévios dos alunos.

Usamos como referência os estudos de Munford e Lima(2007) para entender as características que deveríamos optar para produzir e desenvolver nosso roteiro de atividades. Isso nos permitiu definir melhor as estratégias que se conectassem com as nossas perspectivas e deixasse todo o processo bem elaborado e sistematizado.

Além da capacidade que esse produto tem em engajar, encorajar e trazer o discente para o ensino de Biologia, esse tema permite aos estudantes um ambiente onde podem livremente fazer parte do processo de aprendizagem ,fazendo com ele possa ser protagonista, questionador,argumentador, ou seja lá a forma que esse aluno possa interagir com esse processo.

Outro indicativo que enfatiza a relevância desse trabalho é trazer o olhar, os saberes populares da comunidade escolar, é criar um maior vínculo, aumentar essas conexões com essas pessoas que necessitam do sentimento de pertencimento para temáticas que fazem todo o sentido com suas experiências de vida, é trazer a discussão da injustiça ou racismo ambiental como tema central e o quanto é importante para essas pessoas compreenderem esses conceitos até para poderem lutar por condições mais justas.Fomentar a articulação desses temas no ensino de Biologia e Ecologia, conectando com outras áreas de saber, possibilitando que essa integração com outras disciplinas possa contribuir para um ensino mais democrático e participativo.

Para reforçar o entendimento sobre o tema,para melhorar abordagem a respeito da justiça

ambiental nas escolas, busquei o relato de vários autores, entre eles:

Para o movimento de justiça ambiental, uma situação de injustiça ambiental caracteriza-se quando na sociedade se destina a maior carga dos danos ambientais a grupos sociais de trabalhadores ou grupos étnicos discriminados, entre outros segmentos em estado de maior vulnerabilidade social e econômica, ameaçando a integridade da saúde ambiental e comprometendo a sua reprodução social (Lourenço e Layrargues 2013, p.63).

Atualizar a forma como se conduz a educação ambiental nas escolas passa também por esse movimento por justiça ambiental, já que traz componentes socioambientais e uma análise mais completa, novos olhares para todas as questões que estão envolvidas e não apenas um recorte. Contribui para que o discente possa refletir para os problemas diários a que estão inseridos em suas comunidades.

A importância do professor nesse trabalho se torna ainda mais impactante e indispensável, já que ele irá conduzir os discentes a caminhos nos quais não estão acostumados o que torna desafiador e complexo, mas que possa permitir e encorajar os participantes a buscar e refletir sobre novos saberes.

9. ASPECTOS ÉTICOS

O projeto foi submetido à comissão de Ética em Pesquisa e foi aprovado pelo Comitê de Ética no Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro/HUCFF-UFRJ em nove de dezembro de 2023.

O documento sobre a aprovação consta no final do documento (Anexo 2).

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, L. F. G. ; NASCIMENTO, D. D. S. ; SANTOS, E. S. D. ; MOREIRA, A. G. L. M. Aquaponia: **Uma Tecnologia Sustentável para o Semi-árido**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia- Morada Nova, IFCE 2019

BARBOSA, VALMIR. **Ciclos biogeoquímicos como subsídio para a sustentabilidade do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar**. 2007. xi, 117 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007.

BARBOSA, E. F. ; MOURA, D. G. **Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica**. 2013. Disponível em: <https://www.bts.senac.br/bts/article/view/349>

BASSIN, J. P. **Nitrificação de Efluentes Salinos em Reatores de Leito Móvel com Biofilme e Biorreatores agitados**. COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Química, 2008.

BIAGIONI, RENATA CASSEMIRO. **Desempenho Produtivo e Qualidade da Água em um Sistema de Aquaponia** Contendo Tilápias em Diferentes Densidades em Diferentes Densidades de Cultivo, Alfaves e E Macrófitas Aquáticas. Universidade Federal de São Carlos- Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade .Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis, 2021.

BORGES, ADALMYR MORAIS. **Criação de tilápias** – 2. ed. – Brasília, DF : Emater-DF, 2009. 44 p. : il. (Coleção Emater, ISSN 167 6-9279 ; n.18). 1. Tilápia. 2. Piscicultura. I. Emater-DF. II. Título. III. Série. Disponível: <https://emater.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/Cria%C3%A7%C3%A3o-de-til%C3%A1pias.pdf>

CARLOS F.B. ; LAYRARGUES, PHILIPPE P. **Ecologia Política, Justiça e Educação Ambiental Crítica: Perspectivas de Aliança Contra- hegemônica** political Ecology, Justice, and Critical Environmental Education: Perspectives of a Counter- Hegemonic Alliance, 2013.

CARNEIRO, P. C. F.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y.; NUNES, M. U. C. **Sistema familiar de aquaponia em canaletas**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. 16 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular técnica, 81). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164256/1/Uso-do-melaco.pdf>

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**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documento, 189). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142630/1/Doc-189.pdf>

CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y.; MOTA, P. S. S. da. **Montagem e operação de um sistema familiar de aquaponia para produção de peixes e hortaliças**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 72). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144938/1/CT-72.pdf>

CARNEIRO, P. C. F.; MARIA, A. N.; NUNES, M. U. C.; FUJIMOTO, R. Y.; TALAMINI, V.; MOTA, P. S. S. da; MEDEIROS, S. dos S.; SILVA, D. N. da; SANTOS, J. R. dos; MELO, L.; SANTOS, T. S.; OLIVEIRA, Y. S. **Produção de peixes e vegetais em aquaponia: pesquisas em andamento na Embrapa** Tabuleiros Costeiros. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130818/1/folder-aquaponia-ONLINE.pdf>.

CARVALHO, ANA MARIA PESSOA. **Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. 2018.

CUNHA, RODRIGO BASTOS. **O que significa alfabetização ou letramento para os pesquisadores da educação científica e qual o impacto desses conceitos no ensino de ciências** Ciênc. Educ., Bauru, v. 24, n. 1, p. 27-41, 2018

DURÉ, R. C.; ANDRADE, M. J. D.; ABÍLIO, F. J. P. **Ensino de Biologia e Contextualização do Conteúdo: Quais temas o aluno de Ensino Médio relaciona com o seu cotidiano?** Departamento de Metodologia da Educação, Centro de Educação, Universidade Federal da Paraíba. Cidade Universitária, Cep:580059-900, João Pessoa- PB – 2018.

FAO. Food AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming.** Rome: FAO, 2014. (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 589).

Disponível em: <http://www.fao.org/3/i4021e/i4021e.pdf>

FAVORETTI, V.; SILVA, V. V.; LIMA, R. A. **O ensino de Ecologia: uma análise de sua abordagem em escolas de Ensino Médio entre 2008-2018.** ACTIO, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 1-18, jan./abr. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>. Acesso em: 01/03/2024

FERNANDES, JOÃO B. K.; RIBEIRO, FELIPE DE AZEVEDO SILVA; NETO, MANUEL R. DA S. **Introdução à criação comercial de peixes ornamentais.** Piscicultura ornamental Jaboticabal: Funep, 2021.

FONSECA, WANDER. **A Experimentação no Ensino de Ciências** : Relação Teoria e Prática, 2016, Volume 2.

GROTTO, B. D. D.; LOPES, L. E.; JUNIOR, O. P. D. A. O., CELSO, M. DE. **Ciências do Ambiente**; fascículo 7: Ecologia de Paisagens. São Carlo, CEDA/UFSCar, 2022.

HUNDLEY, G. C. **Aquaponia, uma experiência com tilápia** (*Oreochromis niloticus*), manjeriço (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2013. 57p.

INTERAMINENSE, Bruna de Kássia Santana. **A Importância das aulas práticas no ensino da Biologia: Uma Metodologia Interativa.** Id on Line Rev. Mult. Psic., 2019, vol.13, n.45 SUPLEMENTO 1, p. 342-354. ISSN: 1981-1179. Recebido: 13/05/2019 Aceito 22/05/2019

KELLER, L. ; BARBOSA, S. ; BAIOTTO, C. R. ; SILVA, V. M. D. **A importância da experimentação no Ensino de Biologia**, 2011. Disponível em: <https://home.unicruz.edu.br/seminario/anais/anais-2011/saude/A%20IMPORT%C3%83%E2%80%9ANCIA%20DA%20EXPERIMENTA%C3%83%E2%80%A1%C3%83%C6%92O%20NO%20ENSINO%20DE%20BIOLOGIA.pdf>

KENT, MICHAEL. **A importância de ser uro: movimentos indígenas, políticas de identidade e pesquisa genética nos andes peruanos** University of Manchester, United Kingdom-2011.

KRIZEK, J. P. O.; MULLER, M. V. D. V. **Desafios e potencialidades no ensino de ecologia na educação básica.** Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 700–720, 2021. DOI: 10.46667/renbio.v14i1.401. Disponível em: <https://renbio.org.br/index.php/sbenbio/article/view/401>. Acesso em: 23 jan. 2024.

LEITÃO, ANTÔNIO M. F. L.; VILAR, JANAÍNA L.; ALMEIDA, RENATO DE. *Sistemas Biológicos* - Universidade Estadual do Ceará-Fortaleza, Capes, 2013.

LIMA, V. T. A.; CAMPECHE, D. F. B. ; PAULINO, R. V.; JÚNIOR, D. D. DOS S.; VASCONCELLOS, E. B. DE C. **Efeito da temperatura e do oxigênio dissolvido em água salobra no cultivo de tilápia** Effect of temperature and dissolved oxygen in brackish water in tilapia culture Resumo – PORTAL EMBRAPA, 2011 LOUREIRO,

MATSON, J. **Fisgando peixes e plantas**. Scientific American Brasil, [S.l.], n. 89, primavera 2008. Disponível em: <https://aquaponiabrasil.wordpress.com/breve-historia-da-aquaponia>

TEODORO, NATÁLIA CARRION. **Professores de biologia e dificuldades com os conteúdos de ensino** Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2017. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/150427/teodoro_nc_me_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y

MORAES, D. F.; SOUZA, C. L. D.; FERREIRA, M. L.. **Biofilia e Sustentabilidade no Planejamento Urbano: Interfaces Conceituais e Parâmetros de análise** .Biophilia and sustainability in urban planning: conceptual interfaces and parameters of analysis. Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares, [S. l.], v. 1, p. 1–14, 2020. DOI: 10.24220/2675-7885v1e2020a5174. Disponível em: <https://periodicos.puc-campinas.edu.br/sustentabilidade/article/view/5174>. Acesso em: 1 mar. 2024.

MORO, GIOVANNI V.; REZENDE, FABRÍCIO PEREIRA ; ALVES, ANDERSON L.; HASHIMOTO, DIOGO T.; VARELA, EDUARDO S.; TORATI, LUCAS SIMON. **Espécies de peixe para piscicultura. Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília, DF. Embrapa, 2013.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. E C. **Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?** Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

PAULA, Carla da Silva. **Aquaponia: uma ferramenta didática de ensino no IFPA-Santarém**, Brasil. Castanhal – PA, Universidade Federal do Pará. 2020

QUEIROZ, J. F.; ALVES, J. M. C.; LOSEKANN, M. E.; SCORVO, C. M. D. F.; FILHO, JOÃO D. S.; FERRI, G. H.; ISHIKAWA, M. M. **Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Embrapa- Meio Ambiente Jaguariúna, SP, 2021

QUEIROZ, J. F. D.; ARCHANELO, T. F.; LUIZ, A. J. B.; ISHIKAWA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. S. **Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Meio Ambiente Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Embrapa Meio Ambiente Jaguariúna, SP, 2017.

RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. **Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics: integrating fish and plant culture**. SRAC, Oklahoma, v. 454, 1-16 p,

2006.Disponível em:
http://aquaculture.ca.uky.edu/sites/aquaculture.ca.uky.edu/files/srac_454_recirculating_aquaculture_tank_production_systems_-_aquaponics_-_integrating_fish_and_plant_culture_0.pdf

RODRIGUES, THEÓFILO. **Bases conceituais para uma sociologia da sustentabilidade:capitaloceno, justiça ambiental e racismo ambiental.**O Social em Questão, vol. 1, núm. 55, Enero, pp. 287-314.Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro-Rio De Janeiro, Brasil,2023.

SANTOS, T. S.; MELO. L. dos S.; CARNEIRO, P. C. F. **Produção de mudas de alface dentro de um sistema de aquaponia.** In: Seminário de Iniciação Científica e Pós Graduação da Embrapa Tabuleiros Costeiros,6, Aracaju, 2016.Aracaju:Embrapa Tabuleiros Costeiros,2016.p.1 19.

SANDOVAL,J.R.; LACERDA, D.R; JOTA, M.S.A, SALAZAR-GRANARA A. A, Vieira PPR, Acosta O, et al. (2013) **A História Genética das Populações Indígenas do Altiplano Peruano e Boliviano: O Legado dos Uros.** PLoS UM 8(9): e73006. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073006> Publicado: 11 de setembro de 2013

SANTOS,ALLISON MATHEUS LIMA.**Aquaponia como Recurso Pedagógico e Interdisciplinar no Ensino de Biologia.** Universidade Federal de Sergipe,2022.

SANTOS, H. T. A, O sistema de aquaponia como ferramenta didática crítica para projetos em ensino das ciências ambientais: proposição metodológica / Helen Taynara Araujo Santos; orientadora Rosana de Oliveira Santos Batista. – São Cristóvão, SE,

SANTOS, H. T.A. **O Sistema de Aquaponia como Ferramenta Didática crítica para projetos em Ensino das Ciências Ambientais: Proposição Metodológica.** Universidade Federal de Sergipe.Cidade Universitária, Professor José Aloísio de Campos São Cristóvão/SE Fevereiro de 2021

SCARPA, L. D.,; CAMPOS,F. N. **Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação.** Universidade de São Paulo,2018.

SILVA, D. de J.; CARNEIRO, P. C. F. **Uso do melaço na mineralização do efluente da aquaponia.** In: Seminário de Iniciação Científica e Pós Graduação da Embrapa Tabuleiros Costeiros, 7, 2017, Aracaju. Anais... Brasília, DF: Embrapa,2017.Disponível em:
<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164256/1/Uso-do-melaco.pdf>https://www.idsbrasil.org/wp-content/uploads/2022/07/rl_2022-completoweb-30_06_01.pdf

SILVA,J.W.P.S.; LIMA,L.M.P.; ARAÚJO, V. E. F.M. DE;SILVA, JOSÉ C.R. S.;CERQUEIRA,D. C. O. **Principais Componentes de um Sistema Aquapônico Doméstico e Considerações sobre a Temperatura e Considerações sobre a Temperatura e o pH da Água.** VII Congresso Nacional de Educação- Conedu 2021-

SILVA,MÁRCIO JOSÉ DOS SANTOS.**Efeito Agudo da Amônia e do Nitrito**

em Tilápias : Oreochromis niloticus mantidas em baixa salinidade. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. Programa de Pós- Graduação em Zootecnia.Belo Horizonte,2013.

SILVA, M. D. D .Produção De Peixes E Hortaliças Em Sistema Aquapônico Com Vistas A Sustentabilidade Ambiental. Pontifícia Universidade Católica de Goiás,2020.

SOUZA, J. S, S. de S., BAPTISTA,R.T.Y; SOUZA, L.de O. A aquaponia como ferramenta didático metodológica no ensino de ciências e matemática: experiências e propostas didáticas no contexto amazonense. R. Bras. Ens. Ci. Tecnol., Ponta Grossa, v. 15, p. 1-20, 2022.

SOUZA, M. DE; VERSIEUX, B. H. Nexo entre água, energia e alimento no contexto das mudanças do clima: o caso do Nordeste brasileiro. Estudos Internacionais: revista de relações internacionais da PUC Minas, v. 9, n. 1, p. 112-130, 29 abr. 2021.

SOUZA,M. C. , FRANCO,J. R., JUNIOR,G. D. Cultivo de Vegetais em Sistema de Aquaponia para o pequeno produtor. Curso de Tecnologia em Agronegócio da Faculdade de Tecnologia de Botucatu, Fatec, BT. Faculdade de Ciências Agrônômicas.UNESP,BT. Disponível em:<http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/XIIJTC/XIIJTC/paper/viewFile/2877/3211>

TRIVELATO,SILVIA;L.FRATESCHI;SANDRA,M.RUDELLA.Ensino por Investigação: Eixos Organizadores para Sequências de Ensino de Biologia.Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo,Revista Ensaio.2015.

ROSA,L. O. G. C. C. Uma proposta para o uso da aquaponia no ensino de biologia Macroprojeto: Novas práticas e estratégias pedagógicas para o ensino de biologia. Universidade de Brasília-UNB,2020

11. ANEXOS

Anexo 1

Modelo do roteiro que será entregue para o aluno:

Escola: _____ Aluno: _____ Turma: _____ Roteiro de Atividades

Assunto: Ecossistemas

Texto Adaptado: Por que devemos preservar os ecossistemas?

Assunto: Ecologia

Sabemos que os ambientes naturais e sua biodiversidade vêm sendo rapidamente degradados por ações das comunidades humanas. As principais ameaças a biodiversidade são principalmente a poluição, o uso excessivo dos recursos naturais, a expansão da fronteira agrícola em detrimento dos habitats naturais, a expansão urbana e industrial, pois estão levando muitas espécies vegetais e animais à extinção. Para entendermos melhor o que é a biodiversidade e a importância de conservá-la, devemos considerar também as inter-relações entre os seres vivos e compreender como eles se relacionam entre si e com a natureza. A existência de uma espécie afeta diretamente muitas outras, assim como a extinção de apenas uma espécie pode prejudicar todo o ecossistema. Por tudo isso, o valor da biodiversidade é incalculável e sua redução pode alterar toda a dinâmica ambiental, a disponibilidade de recursos naturais e, assim, a própria vida na Terra. Refletir, pesquisar e desenvolver atividades práticas podem nos ajudar a entender um pouco mais sobre os ecossistemas e para isso, vamos realizar algumas atividades.

Roteiro de Aula:

1ª atividade:

Escreva na cartolina disponibilizada pela professora o que vem a sua cabeça quando vê a palavra Ecossistema?

2ª atividade:

Agora se organizem em 4 grupos de 6 alunos cada e façam:

Desenhos e anotações de ecossistemas que conhecem. Podem utilizar as folhas e/ou cartolinas disponibilizadas pela professora.

3ª atividade:

Faça a leitura das imagens expostas pela professora no projetor e indiquem os fatores essenciais para que os ecossistemas se mantenham em equilíbrio dinâmico. Escrevam a descrição desses elementos de um ecossistema que são essenciais. Sem consulta.

Após terminarem as suas anotações terão a liberação para acessarem o link e reflitam se as descrições feitas anteriormente podem ser confirmadas pelas novas informações.

4ª Atividade: É possível criar um modelo de ecossistema integrando elementos de ambiente <http://brasilescola.uol.com.br/biologia/componentes-ecossistema.htm>

aquáticos e terrestres? A cor do recipiente pode afetar a interação no ambiente? De que jeito? A turma será dividida em 4 grupos com 6 alunos cada. De preferência mantendo os grupos anteriores. Dois grupos construirão o modelo do recipiente transparente e dois grupos construirão o modelo do recipiente colorido. Antes de iniciar a construção, irão elaborar suas hipóteses para a problematização acima e anotar em um papel e deixar registrado.

Material Necessário: garrafas pet (grandes) coloridas e transparentes, mudas de alface, peixes betas, ração para o peixe, tiras de panos ou barbantes, de aquário e água.

Montagem do sistema:

- ✓ Cortar as garrafas 2 cm acima da sua metade e vamos classificar em parte 1 a parte de baixo e 2 na parte de cima, onde fica a tampa;
- ✓ Fazer alguns furos em toda a lateral da parte de cima da parte 1 da garrafa para que o ar possa entrar com maior facilidade no sistema;

- ✓ Na parte debaixo (1) da garrafa colocar pedras de aquário que atinjam no máximo dois cm do fundo do pote. Completar com água até chegar a uma altura aproximadamente 2 cm acima da sua metade;
- ✓ Em seguida, irá preparar a estrutura de cima da garrafa onde ficará o vegetal que irá conter pedras de aquário e argila expandida, juntamente com quatro tiras de pano que irão se comunicar com o aquário;
- ✓ Após a montagem das estruturas, podemos adicionar 1 peixe beta em cada mini aquário. Feito isso, podemos acrescentar a quantidade individual de ração para o peixe e em seguida, encaixar a parte superior do sistema;
- ✓ Após a montagem, os sistemas devem ser colocados em um local da escola que tenha acesso à luz do sol e que ambos tenham as condições ambientais parecidas;
- ✓ e assim ficarão em locais reservados na escola onde cada grupo deverá observar e anotar a Coloração da água, o comportamento dos seres vivos, a temperatura e usar medição de pH (se possível) em alguns dias do experimento à critério de cada grupo durante 15 dias;

5ª Atividade: Após a montagem dos modelos de ecossistemas, os alunos irão em grupo responder ao questionário abaixo podendo acessar as suas anotações das aulas anteriores e consultar algumas páginas na internet relacionadas ao tema:

- 1- O seu modelo pode ser chamado de ecossistema? Por quê?
- 2- A cor do recipiente pode causar alteração nos resultados dos modelos criados? Que evidências podem comprovar isso?
- 3- Esse sistema pode ser considerado sustentável? Por quê?
- 4- Por que você acha que o peixe beta precisa receber um suplemento de ração? Poderia substituir a ração por uma outra fonte natural? Qual?
- 5- Existem fatores que alteram o comportamento do peixe neste sistema? Quais? O que fez chegar a essa hipótese?
- 6- Como o solo que mantém a planta se mantém fértil? Em qual parte, no miniecosistema podem ser encontrados os nutrientes minerais para as plantas?
- 7- Qual o papel de cada organismo no modelo?
- 8- Esse sistema pode ser considerado fechado ou aberto?

6º Atividade

Após 15 dias de observação, os grupos se reunirão novamente, receberão o questionário de volta para comparar o que responderam anteriormente após a montagem com as respostas que darão após a observação dos minissistemas. Em seguida, apresentarão seus resultados, verificando se mudariam as suas respostas ou se manteriam as respostas anteriores e para a discussão a respeito das atividades realizadas.



Anexo 2

UFRJ - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO
FRAGA FILHO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO / HUCFF-
UFRJ

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA AQUAPÔNICO PARA O ENSINO DE ECOLOGIA NO

Pesquisador: RENATA FERREIRA MOTTA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 75470723.2.0000.5257

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Patrocinador Principal: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.566.853

Apresentação do Projeto:

CAAE: 75470723.2.0000.5257

Protocolo CEP HUCFF/FM/UFRJ: 141/2023

Justificativa de Ausência	Dispensa.pdf	12/08/2023 17:04:31	RENATA FERREIRA MOTTA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Dispensa.pdf	12/08/2023 17:04:31	RENATA FERREIRA MOTTA	Postado
Orçamento	orcamento.pdf	12/08/2023 16:47:18	RENATA FERREIRA MOTTA	Aceito
Orçamento	orcamento.pdf	12/08/2023 16:47:18	RENATA FERREIRA MOTTA	Postado
Cronograma	cronograma.pdf	12/08/2023 16:46:05	RENATA FERREIRA MOTTA	Aceito
Cronograma	cronograma.pdf	12/08/2023 16:46:05	RENATA FERREIRA MOTTA	Postado
Folha de Rosto	Folhaderosto.pdf	30/05/2023 09:42:20	RENATA FERREIRA MOTTA	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto.pdf	30/05/2023 09:42:20	RENATA FERREIRA MOTTA	Postado

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 09 de Dezembro de 2023

Assinado por:
Marta Guimarães Cavalcanti
(Coordenador(a))

Justificativa de Ausência	Dispensa.pdf	12/08/2023 17:04:31	RENATA FERREIRA MOTTA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Dispensa.pdf	12/08/2023 17:04:31	RENATA FERREIRA MOTTA	Postado
Orçamento	orcamento.pdf	12/08/2023 16:47:18	RENATA FERREIRA MOTTA	Aceito
Orçamento	orcamento.pdf	12/08/2023 16:47:18	RENATA FERREIRA MOTTA	Postado
Cronograma	cronograma.pdf	12/08/2023 16:46:05	RENATA FERREIRA MOTTA	Aceito
Cronograma	cronograma.pdf	12/08/2023 16:46:05	RENATA FERREIRA MOTTA	Postado
Folha de Rosto	Folhaderosto.pdf	30/05/2023 09:42:20	RENATA FERREIRA MOTTA	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto.pdf	30/05/2023 09:42:20	RENATA FERREIRA MOTTA	Postado

Situação do Parecer:

Aprovado

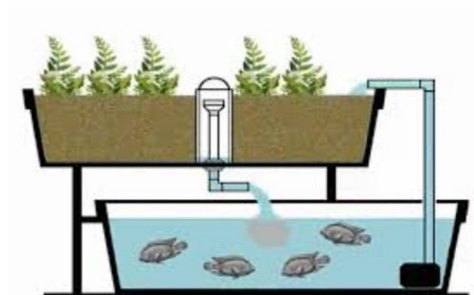
Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 09 de Dezembro de 2023

Assinado por:
Marta Guimarães Cavalcanti
(Coordenador(a))

12. APÊNDICE



CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA
AQUAPÔNICO PARA O ENSINO DE ECOLOGIA
NO ENSINO MÉDIO



MANUAL TÉCNICO PARA A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA AQUAPÔNICO PARA O PROFESSOR

Mestranda: Renata Ferreira Motta

Orientadora: Juliana Marsico Correia da Silva

PASSO A PASSO PARA A CONSTRUÇÃO DO SISTEMA AQUAPÔNICO PARA O PROFESSOR

Mestranda: Renata Ferreira Motta
Orientadora: Juliana Marsico Correia da Silva



ROTEIRO DE AULAS PARA O ENSINO DE ECOLOGIA





SUMÁRIO



1. Introdução	6
2. Manual técnico para o professor.....	7
I. Local de Instalação do Sistema.....	8
II. Ambiente para a criação dos peixes ou demais animais aquáticos.....	9
III. Peixes para o sistema aquapônico.....	9
IV. Ambiente de cultivo de vegetais.....	11
V. Vegetais a serem utilizados.....	16
VI. Filtração.....	18
VII. Decantadores.....	21
VIII. Filtro Biológico.....	24
IX. Parâmetros essenciais.....	27
X. Sistema de Aeração.....	33
3. Passo a passo para a construção do sistema aquapônico para o professor.....	35
4- Roteiro de aulas para o Ensino de Ecologia a partir da construção de um sistema aquapônico.....	44
5- Referências.....	74

INTRODUÇÃO



O ensino de Biologia pode ser para alguns discentes, enfadonho, desinteressante e distante de suas realidades. Ao trazer para este contexto, a Ecologia, o aluno pode até demonstrar interesse, porém muitas vezes não compreende tão bem esses conceitos, ficando as aulas muito restritas aos métodos antigos onde o aluno escreve no quadro e explica, cabendo ao aluno apenas copiar e ouvir o professor, sem muita reflexão ou interação.

Para tornar a aprendizagem mais significativa, aumentar o engajamento dos discentes nas aulas de Biologia, este presente trabalho visa acrescentar ao cotidiano do professores uma proposta onde os alunos poderão participar ativamente, um manual de construção de um modelo aquapônico de baixo custo e de fácil construção com instruções técnicas detalhadas, um passo a passo simplificado com dicas e um roteiro didático completo que tornará mais prático e dinâmico o trabalho do professor.

Manual técnico para o professor

Este manual foi pensando e produzido para os professores terem um produto completo com informações precisas e simplificadas, que possam facilitar as suas práticas no dia a dia.

Vamos iniciar, relacionando os elementos fundamentais para a escolha dos materiais para a construção do sistema aquapônico, assim como as principais informações que devem ser levadas em conta para a sua montagem e funcionamento: local de instalação do sistema ambiente para a criação dos animais, peixes para o sistema aquapônico; ambientes de cultivo de vegetais; filtração; Correção de Ph. A leitura ajudará a compreender o processo e a seguir posteriormente o passo a passo.

7

I- A escolha do local para a instalação do sistema é de real importância:



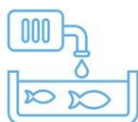
Não deve ser um local muito ensolarado nem muito sombreado;



O espaço deve ser suficiente para a instalação do sistema e deve ser adequado para que possamos nos deslocar em torno dele, fazer o manejo que esse sistema necessita;



verificação da qualidade da água com medição de pH e controle de volume de água que pode ser alterado em decorrência da evaporação, observar a coloração da água e se os componentes do sistema estão em perfeito funcionamento;



Para o nosso projeto, precisaremos de um espaço com metragem a partir de 2 m² para atender às demandas.

8

II. Ambiente para a criação de peixes ou animais aquáticos:

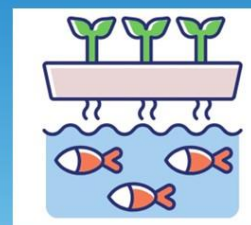
Ambiente para a criação dos peixes ou demais animais aquáticos



Um sistema aquapônico pode ser formado por um ou mais tanques de diversos tamanhos e formas, podendo variar de volume e ser feito de vários tipos de materiais, desde que sejam resistentes e duráveis.



De acordo com estudos de Queiroz et al (2017), é fundamental que verifique se esses materiais podem liberar alguma substância que seja prejudicial e que possa causar algum dano ao meio ambiente e respectivamente aos seres inseridos naquele local e como se trata de uma provável produção de alimentos, poderia causar problemas ainda.



9

III. Peixes para o sistema aquapônico

➡ Os animais que serão escolhidos para o nosso trabalho serão filhotes de tilápia, seguimos o critério do tamanho do tanque para a definição da quantidade de peixes, da capacidade de adaptação a esse tipo de sistema e serão provenientes de uma criação próxima à escola para facilitar o deslocamento. Os peixes mais adequados para serem produzidos em aquaponia são os tolerantes a altas densidades e a manejos frequentes e espécies já avaliadas em sistemas intensivos. Além disso, cita algumas espécies como o bagre italiano, a tilápia, a truta, o bacalhau australiano e o tambaqui.

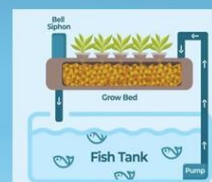


➡ Segundo informações do Portal Aquaponia Brasil, uma espécie muito utilizada que se adaptou bem ao clima do Brasil é a tilápia do Nilo (*Sarotherodon niloticus*), trata-se de um peixe africano (figura 10) trazido para o Brasil em 1971 que adaptou-se bem na piscicultura, possuindo um ciclo de desenvolvimento curto geralmente em torno de 6 meses, responde bem a 20 à 30 graus Celsius, com teor de OD em até 4ppm e se alimenta muito bem com ração convencional.

10

IV. Ambientes de cultivo de vegetais

Os ambientes utilizados para o cultivo de vegetais também podem ser chamados de substrato, existem diversos modelos e se ajustam de acordo com o sistema que se deseja construir.



11

IV. Ambientes de cultivo de vegetais

Vamos listar os tipos mais comuns citados pela literatura pesquisada:



Fonte: trees.com

O NFT (nutrient film technique) ou ambiente de cultivo em canaletas conforme estudo de Carneiro et al(2015) é o método mais utilizado mundialmente na produção onde as raízes das plantas são cultivadas tendo o seu sistema radicular dentro de um canal ou canaleta com água circulante, sistema que foi originado no sistema hidropônico.

- ✓ Canos de pvc ou outras estruturas adaptadas e preenchidas por água complementadas com nutrientes que são imprescindíveis para a sobrevivência e desenvolvimento dos vegetais caracterizam esse tipo de ambiente.
- ✓ Para fazer a complementação nutricional é necessário medições mais específicas e um maior conhecimento sobre o cultivo específico de cada espécie e por isso em um sistema doméstico ou escolar, não fará parte da nossa escolha.

12

IV. Ambientes de cultivo de vegetais



Fonte: <https://www.ksba.co.za/>

O método wicking bed ou ambiente de cultivo em areia é menos comum segundo Carneiro et al (2015) e pode conter areia e o pó de coco, sendo esse substrato muito propício para o cultivo de raízes como cenoura, beterraba, rabanete, cebola, formação de mudas de alface, tomate entre outros. A água entra nesse ambiente pela base através de canos de PVC perfurados que, com auxílio de um dreno, mantém uma lâmina d'água de aproximadamente 5 cm de altura. Essa água pode subir pela areia por cerca de 20 cm até a superfície, através da capilaridade, distribuindo os nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais que ali se encontram. ambientes descritos acima. Esse filtro foi utilizado no primeiro modelo menor de aquaponia feito na garrafa pet e foi testado em nossa pesquisa.

13

IV. Ambientes de cultivo de vegetais



Fonte: <https://www.aquaponicsforbeginners.com/component-of-aquaponics-systems%E2%82%AC%A1%E2%82%AC%A1/>

Outro tipo de filtro utilizado é chamado de media-filled bed, gravel bed ou ambiente de cultivo em cascalho. Segundo Carneiro et al (2015), esse é o ambiente mais utilizado em sistemas aquapônicos por ser prático e funcional e quanto maior for a relação superfície: volume do substrato maior será a proliferação das colônias de bactérias, tornando mais eficiente o processo de nitrificação da amônia produzida pelos peixes. Tornando uma boa escolha para baixas densidades de estocagem de peixes, sendo importante usar substrato levando em consideração a relação superfície: volume. Além da argila expandida, podem ser utilizados como substrato que darão sustentação para as plantas, sólidos como pedra brita, pedras de leito de rio, areia grossa, perlita, entre outros. Esse substrato que dá suporte aos vegetais é colonizado por bactérias nitrificantes, que irá fazer a conversão da amônia em substâncias apropriadas para as plantas.

14

IV. Ambientes de cultivo de vegetais

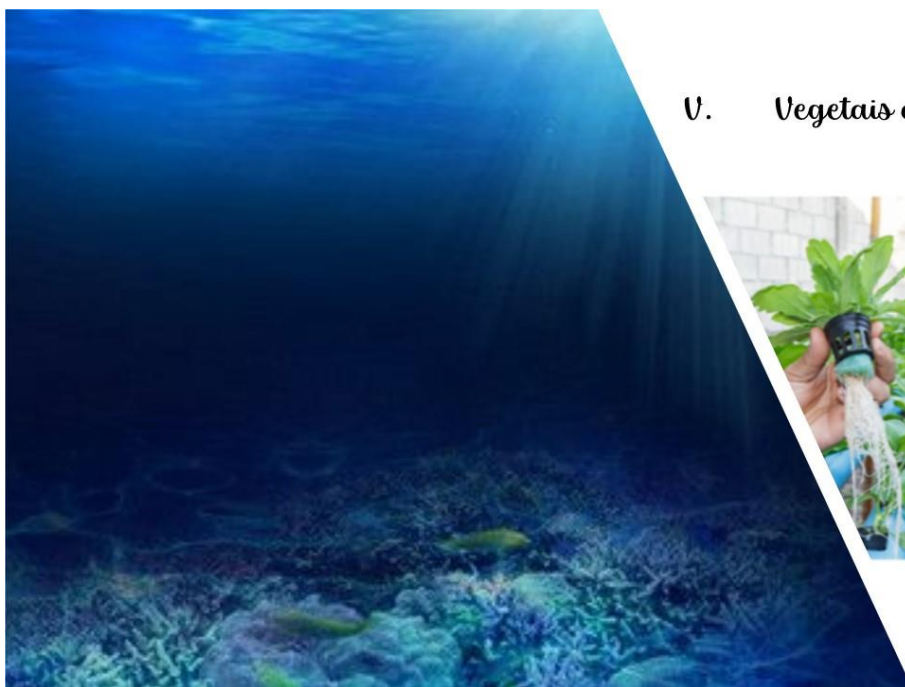


Fonte: trees.com

DWC (deep water culture), floating, raft ou ambiente flutuante: Conforme estudos de Souza(2023), neste ambiente, as plantas são cultivadas em uma estrutura flutuante, feita de material como poliestireno(material termoplástico) expandido ou espuma rígida. As plantas são posicionadas em pequenos orifícios feitos na estrutura, permitindo que as raízes entrem em contato com a solução nutritiva abaixo.

Segundo Carneiro (2015), esse sistema por conter grande volume de água, possui maior estabilidade aos parâmetros físico-químicos como a temperatura e o pH e geralmente apresenta canais longos com dezenas de metros, estreitos (0,5 m – 1,5 m) e rasos (0,2 m - 0,4 m), utilizado na maioria das vezes na produção de folhosas como alface, rúcula, entre outras tendo sendo a aeração muito importante para as raízes, para as bactérias nitrificantes e para os animais aquáticos.

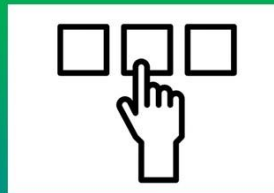
Em sistemas de produção em pequena e média escala como o nosso há a necessidade de instalação de um filtro biológico à parte pois o sistema não teria a nitrificação suficiente para a manutenção dos parâmetros de funcionamento ideal do sistema.



V. Vegetais a serem utilizados



Para utilização nas escolas, pode-se optar por :



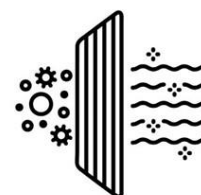
- ✓ Vegetais de ciclo curto para ter uma a observação de todo o seu ciclo de vida;
- ✓ Vegetais da preferência dos estudantes, como uma forma de engajamento da turma ;
- ✓ Uma escolha pela cultura local, levando em conta outros saberes regionais a serem investigados.

17

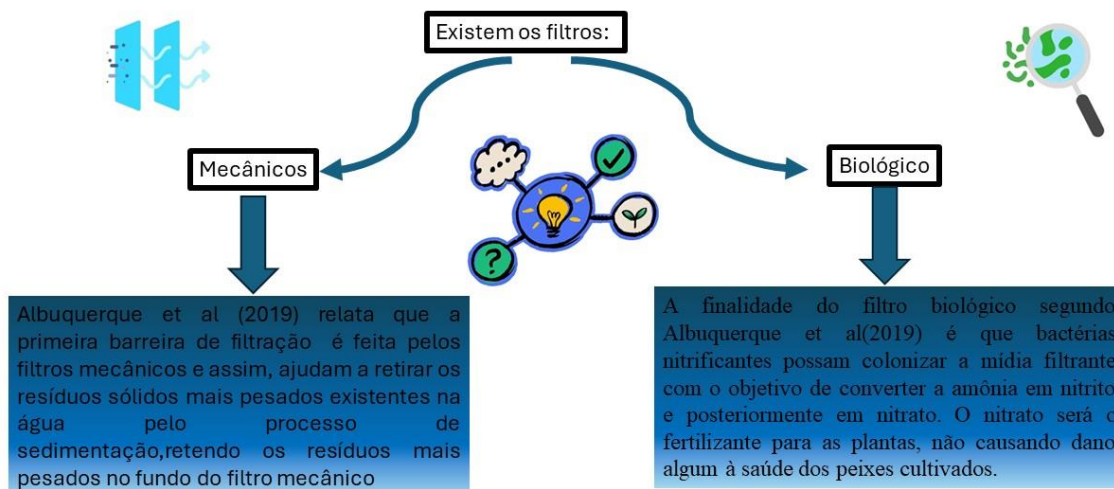


VI. Filtração

A filtração é fase da separação e retirada dos resíduos sólidos suspensos e pela conversão da amônia proveniente dos peixes



18



19



Para averiguar se o filtro biológico encontra-se funcionando adequadamente é necessário que seja monitorado mensalmente dos níveis de amônia e nitrito. Quando esses níveis estão elevados, é um indicativo de valores de biomassa de peixes e quantidade ração no sistema. Quando isso acontece, a sobrevivência dos seres vivos do sistema fica ameaçada..



Materiais filtrantes como a brita, argila expandida, areia, restos de construção como cacos de telha entre outros irão compor os filtros biológicos. Existem também materiais plásticos que podem ser encontrados em lojas especializadas para essa mesma função o filtro mecânico, que também é indispensável no sistema



A remoção de carbono e a produção de nitrato (nitrificação) ocorrem na zona aeróbia. O nitrato formado entra na zona anóxica, sendo reduzido a nitrogênio gasoso durante a desnitrificação. Assim, não se fazem necessárias as recirculações internas, como no caso da pré- desnitrificação Conforme informações do Portal Aquaculture Brasil .



Os RAS que significam sistemas de recirculação para aquicultura, a amônia é removida através do processo de nitrificação, bactérias nitrificantes, oxidam a amônia até sua forma menos tóxica, o nitrato principalmente, por bactérias dos gêneros Nitrosomonas que oxidam amônia a nitrito e Nitrobacter que oxidam nitrito a nitrato.



20





VII. Decantadores

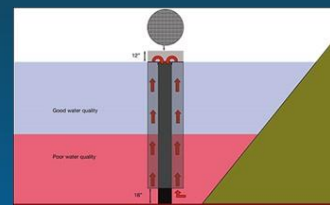
Segundo a página Aquaponia Brasil, o decantador separa os sólidos da água, no momento que a água passa pela parte superior da cisterna, com a parte interna direcionada para o fundo da caixa. Resíduos mais pesados se aglomeram no fundo, facilitando a limpeza já que teria nesse local uma válvula para retirar esses resíduos.



21

→ Overflow

Consiste em um sistema usado para absorver as sujeiras que ficam no fundo do reservatório dos peixes. a sujeira é sifonada por gravidade para um outro recipiente que tem um pré-filtro para separação de pedaços de folhagens e outros resíduos. É uma estratégia que pode ajudar na boa conservação do sistema aquapônico e na manutenção dos parâmetros ideais de funcionamento.



Sistema Overflow, usado para absorver sujeiras- Fonte: Aquaponia Brasil

→ Vortex

Esse filtro consiste em drenar as impurezas, por exemplo quando a água entra na cisterna, ela já é direcionada para o fundo da caixa, mas entre essa etapa, há um filtro redemoinho, ou seja, um filtro giratório que impulsiona essa separação de resíduos segundo o site Howto aquaponic15 que não deixa os detritos mais pesados sifonarem para a saída de água. Essa técnica é muito utilizada onde há maior fluxo de água e contribui para a maior transparência da água.

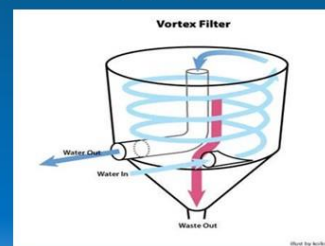


Ilustração do filtro vórtex, tipo de filtro redemoinho.
Fonte: <https://www.howtoaquaponic.com/de-signs/swirl-filter/>

22



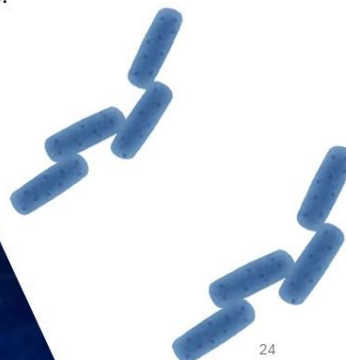
De acordo com estudos de Carneiro et al (2016), os decantadores não são suficientes para separar todos os resíduos sólidos, pois a maioria são de baixa densidade ficando suspensos no tanque. Pedacos de redes, telas, peneiras podem ajudar nesse tipo de filtragem, retirando as partículas suspensas. Recomenda-se a limpeza do decantador e filtro biológico, uma vez por semana. Ao iniciar o procedimento, é aconselhável desligar a bomba d'água para que o material em suspensão seja decantado e que se faça uma limpeza no próprio motor para retirar partículas grudadas.

23



VIII. Filtro Biológico

Esse processo é considerado por muitos a parte com maior eficiência do sistema, pois é onde ocorre a nitrificação da água, ou seja, onde ocorre o "ciclo do nitrogênio", a transformação da amônia em nitrato para as plantas.

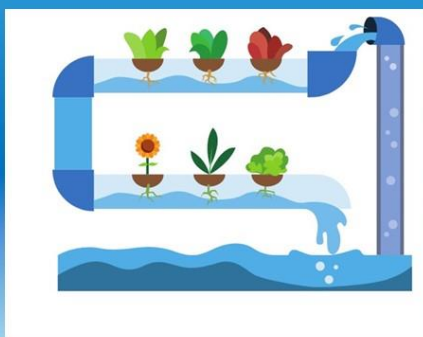


24

Filtro com Plantas

O site Aquaponia Brasil indica para complemento filtrante plantas como papiros, aguapés, alface da água, taioba, taboa, lentilha d'água, entre outros, podem ajudar a oxigenar a água e ainda servem de complemento alimentar para os peixes.

Segundo informações de Rakocy et al., 2006 (apud Biagione, 2022) a eliminação dos resíduos na aquaponia, pode ser realizado parcialmente pelos vegetais cultivados, uma vez que os nutrientes acumulados na água são por eles absorvidos porém, pela rápida circulação da água nos sistemas integrados, a remoção desses nutrientes pode ser potencializada com a introdução de macrófitas aquáticas no sistema aquapônico (Biagione, 2022).



25

O Filtro Biológico é considerado por muitos a parte com maior eficiência do sistema, pois é onde ocorre a nitrificação da água, ou seja, onde ocorre o “ciclo do nitrogênio”, a transformação da amônia em nitrato para as plantas. conforme esquema abaixo:



Professor, anote essas dicas!

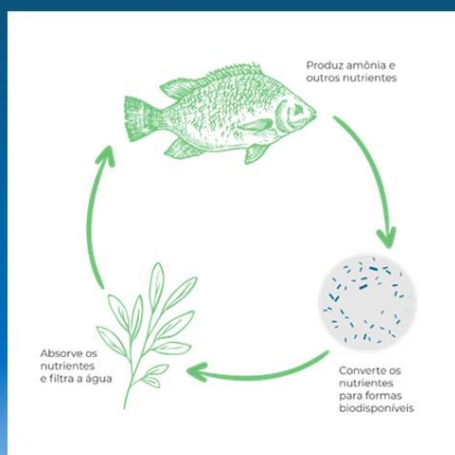
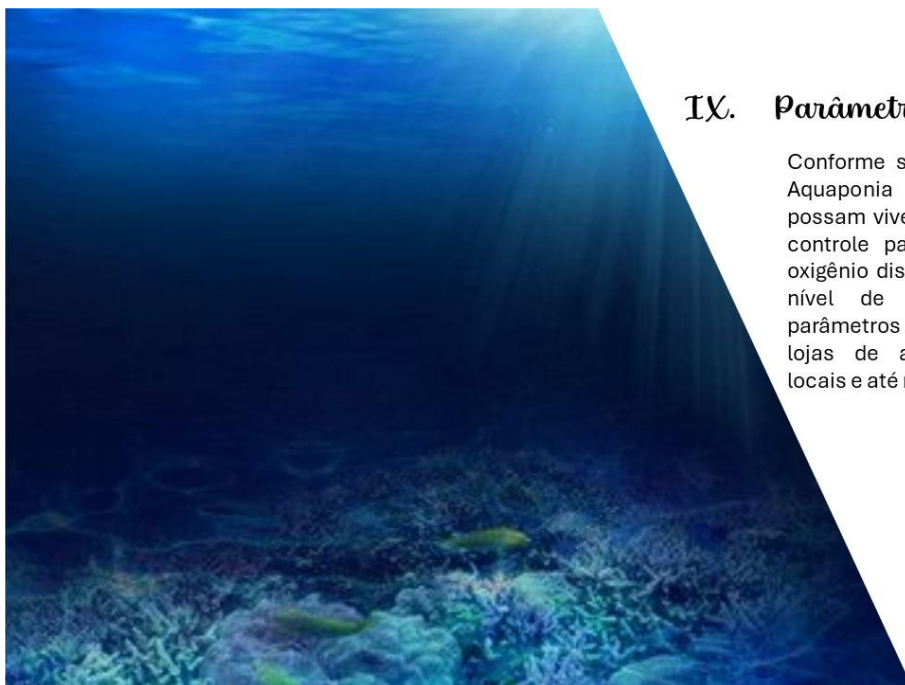


Ilustração do processo de nitrificação da amônia. Fonte: <https://verdeacqua.eco.br>

- Dentro desse sistema de produção utilizando plantas e animais, os parâmetros diversos devem se encontrar em equilíbrio, para não comprometer todo o ecossistema.
- Para evitar os efeitos nocivos da amônia acumulada, torna-se necessário a escolha de um filtro biológico.
- Segundo Carneiro et al (2015), o processo de colonização das bactérias neste sistema dá de forma natural num ambiente chamado de filtro biológico e que normalmente são necessários 20 a 40 dias após a introdução dos peixes.

26



IX. Parâmetros essenciais

Conforme sugerido no site especializado Aquaponia Brasil para que os peixes possam viver saudáveis, devemos ter sob controle parâmetros como temperatura, oxigênio dissolvido, ph, nível de amônia e nível de nitrito, monitorando esses parâmetros com testes adquiridos em lojas de aquarismo ou agropecuárias locais e até mesmo pela internet.

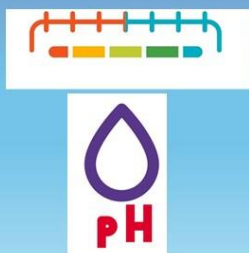


27

Potencial hidrogeniônico ou pH da água

É importante conhecer as necessidades de cada um dos seres envolvidos neste sistema integrado:

- ✓ As bactérias nitrificantes são predominantemente aeróbicas e têm o pH ótimo no intervalo entre 7,0 e 8,0.
- ✓ A maioria das plantas cultivadas em hidroponia cresce melhor em pH entre 5,5 e 6,5.
- ✓ Já para a maioria das espécies peixes de água doce de interesse econômico e que podem ser utilizados num sistema aquapônico, o pH ideal encontra-se entre 7,0 e 9,0. Com isso, recomenda-se que o pH da água seja mantido entre 6,5 e 7,0 para atender satisfatoriamente a todos os componentes biológicos presentes num sistema aquapônico.



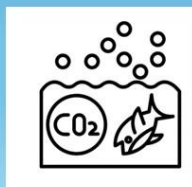
28

Tome Nota!



Segundo Carneiro et al(2015) Após a colonização do filtro biológico pelas bactérias e o estabelecimento do equilíbrio de do sistema é normal observar contínua tendência de redução dos valores de pH. Isso é relevante por confirmar o bom funcionamento do filtro biológico. Mesmo assim é importante a contínua correção do pH para atender às necessidades dos três tipos de organismos envolvidos.

Para fazer a medição de pH e poder confirmar esses números, podemos utilizar alguns instrumentos que serão facilmente encontrados nas plataformas digitais ou em farmácias.



29

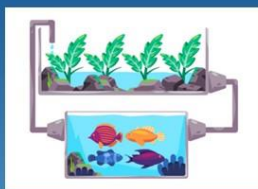
Como fazer a correção do pH?



✓ Dentre as substâncias tamponantes que podem ser utilizadas para a correção e estabilização do pH em aquaponia, aquelas à base de potássio (K) e cálcio 14 Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia (Ca) são as mais indicadas uma vez que se trata de nutrientes normalmente presentes em sistemas de aquaponia em quantidades inferiores às exigidas por muitos vegetais seguindo as orientações nos rótulos e checando a qualidade da água(Carneiro et al(2015);

✓ importante compreender o manejo adequado das colônias de bactérias formando um filtro biológico natural , podendo também estimular introduzindo no sistema aquapônico água de outro local onde é conhecida sua presença,aguardando de 20 a 40 dias para que apresente o ciclo completo de nitrificação, já que o nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelos organismos (Carneiro et al, 2015).

30



A alimentação dos peixes

A ração é a principal fonte de alimento nesse tipo de criação;

Três aspectos fundamentais devem ser levados em consideração referentes à:

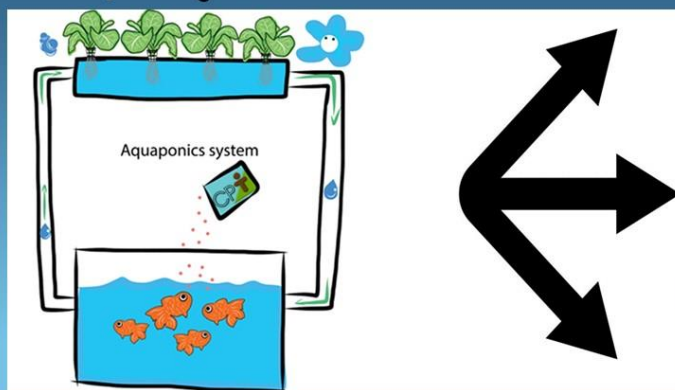
distribuição da ração aos animais (quantidade de ração, frequência de arrafaçoamento e métodos de distribuição da ração); Queiroz et al(2021);

qualidade da ração (métodos de fabricação, composição, digestibilidade, estabilidade na água e flutuabilidade, quantidade de materiais finos, níveis de nutrientes adequados à espécie cultivada, percentuais de fósforo e nitrogênio);

armazenamento (formas e local de armazenamento, para permitir a manutenção da qualidade do produto);

31

Atenção professor!



Para realizar a compra de ração, é importante especificar o tamanho do peixe, o percentual de proteína bruta e a fase de desenvolvimento dos peixes.

Tente usar rações de boa qualidade para evitar a eutrofização dos ecossistemas aquáticos e o surgimento de patógenos e doenças que podem levar a morte do peixe. de resíduos nos viveiros e reservatórios. Por isso, é bom monitorar a turbidez da água, fazendo a limpeza dos tanques quando necessário.

Segundo o site da EMATER/DF é de extrema importância observar constantemente as temperaturas das águas no sistema aquapônico pois baixas temperaturas influenciam o apetite do peixe, fazendo com que ele coma menos ração.



X. Sistema de aeração



33



A aeração do sistema aquapônico



A aeração é importante não apenas para os peixes, ela é extremamente necessária para as raízes das plantas e para as bactérias nitrificantes do filtro biológico. Encontramos no texto de Carneiro et al (2016) que em lugares de clima tropical, a quantidade ideal de oxigênio dissolvido na água deve ser sempre superior a 3 mg/L. Situação tranquilamente resolvida com o uso por compressores ou sopradores de ar como por exemplo bombas de aquário.



Passo a passo para construção do sistema aquapônico

O modelo escolhido para este trabalho é a caixa de 100 L para poder conter 2 tilápias de tamanho intermediário. O sistema é composto basicamente por um tanque no qual são produzidos os peixes que, alimentados por ração, produzem excretas ricas em nutrientes

Ao passar pelo filtro biológico, esses nutrientes são transformados em compostos capazes de serem assimilados pelas plantas que, bombeados para a bancada hidropônica, nutrem então os vegetais.

As raízes das plantas, ao absorverem os nutrientes que necessitam para se desenvolver, filtram a água que irá retornar ao local onde são produzidos os peixes, reiniciando assim o ciclo dentro do sistema (Carneiro et al, 2015)

Para Kochenborger(2021), o tamanho ideal do tanque de cultivo de animais, depende da espécie, do número de animais e da fase de criação. Para espécies de ciclídeos que formam casais, por exemplo, podemos usar aquários de 60 a 100 L. No caso de alevinos (filhotes), é possível, inicialmente, serem estocados 200 peixes num aquário de 100 litros.

Nós indicamos a utilização de apenas 8 alevinos no máximo pois nas fases de crescimento distribuiremos cada 2 filhotes mais crescidos para cada outra caixa de 100 L. Baseado no Portal Embrapa, a produção de juvenis de tilápia em viveiros demanda entre 50 e 100 litros por quilo de carne.



Isso possibilita a produção também em locais com limitações no uso da água. Assim, faremos essa observação sobre o que será mais viável e saudável de acordo com o desenvolvimento dos animais.

35

3. Passo a passo para construção do sistema aquapônico



36



A nossa escolha a princípio será dos machos pois segundo Borges(2009), os machos de tilápia possuem um crescimento maior e melhor desempenho na engorda, devido às atividades reprodutivas das fêmeas. Além disso, o nosso espaço é pequeno e não queremos produzir alevinos nesse primeiro momento.

COMO
fazer

O modelo sugerido pelo manual será de um tamanho médio e os componentes escolhidos estão descritos abaixo:

- 1- Ambiente para a criação de peixes -Caixa organizadora de 100l com a capacidade
- 2- Ambiente de Cultivo de Vegetais -Bandeja reutilizada de feiras para constituir o berçário das plantas;
- 3- Filtro biológico e mecânico . Balde reutilizado de margarina;
- 4- Composição dos filtros: Pedras de argila ou cacos de telha para as bactérias colonizarem;
- 5- Sistema de Aeração - Motor de aquário de 110v e extensão elétrica;
- 6- Pedacos de canos e mangueiras para a água transitar entre os ambientes;
- 7- Um kit de medição de pH



Principais componentes do sistema aquapônico:



Filtro Biológico
onde se fixarão as
bactérias.

Esse sistema de
filtração/biofiltração
é
montado no balde de
margarina reaproveitado e
limpo;

Bandeja onde se
encaixará uma
placade isopor para
fixaros vegetais.

Tanque dos peixes

O tanque para criação dos peixes
ou outros animais aquáticos foi
escolhido sem transparência e
com a capacidade de 100L.

O ambiente de cultivo
para plantar as mudas foi
feito a partir de uma
bandeja reaproveitada e
higienizada;



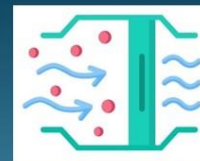
Sistema de Filtragem



Parte inferior do balde com o furo e adaptador usando flange de 20mm.



Detalhando os Componentes:



Sistema de Filtragem: você deve fazer um furo na parte inferior do balde, sendo um pequeno adaptador, para encaixar a mangueira por onde a água vai transitar, de um ambiente para o outro. Você pode colocar, como na imagem, um pedaço de garrafa pet para facilitar esse encaixe. Os pedaços de telha ou argila expandida devem completar o balde até sobraarem 4(quatro) centímetros de sua parte superior. Adaptamos o sistema chamado media-filled bed, gravel bed ou ambiente de cultivo em cascalho que nos possibilita reaproveitar as telhas quebradas, servindo tanto como filtro mecânico quanto biológico, podendo também servir como suporte de vegetais se preferir.

39



O ambiente para a criação dos peixes deve ficar na parte mais baixa do sistema aquapônico para que a água que já passou pelo ambiente de vegetais chegue ao tanque pela gravidade e não deve ser transparente para não propiciar a proliferação de algas. Nesse ambiente vai ser colocado a bomba de aquário que vai estar ligada a uma mangueira, jogando a água para a região do filtro.

Além disso, sua produção no sistema bioflocos, que é um sistema intensivo baseado no conceito de sustentabilidade pois nele não é necessário fazer a renovação da água. está em expansão, pois possibilita o aumento da produção de proteína animal de alta qualidade e de forma mais sustentável.



O animal escolhido foi a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), pois segundo o Portal EMBRAPA, é a espécie de peixe mais produzida no Brasil. Sua rusticidade, rápido crescimento e qualidade da carne atraem os seus produtores.

40

Outras características nos fizeram escolher essa espécie:

O conforto térmico para esses animais fica entre as temperaturas de 14 a 33°C em ambientes de água doce, mas sabemos que algumas tenham se adaptado aos ambientes salinos.

Possui uma boa aceitação a rações, a plantas aquáticas em sua dieta. Iremos futuramente pesquisar vegetais para que possamos complementar essa dieta

Conforme as instruções descritas por Moro et al(2013), a tilápia-do-nilo possui coloração acizentada e apresenta corpo comprimido lateralmente e com linha lateral dividida em dois segmentos.

Todos os artigos e livros utilizados nesse texto confirmam que o modelo que iremos utilizar é o ideal, para em altas densidades nos tanques de crescimento, desde que respeitados os níveis ideais de qualidade de água.



Através dos relatos de Somerville et al(2014) confirmamos as informações que as tilápias são peixes onívoros, pelo que já sabemos são seres que se alimentam de plantas e outros animais.

A densidade de cultivo alta desta espécie pode ser benéfica ao cultivo, sabendo que a espécie pode ser agressiva, especialmente em baixas densidades, uma vez que os machos são extremamente territorialistas.

Para calcular a quantidade ideal Carneiro et al(2015), sugerem a proporção do uso de ração na proporção de aproximadamente 25 g/dia/m² a 40 g/dia/m². Para esse experimento iremos usar a regra que é bastante usada por aquaristas que é de 20 plantas para 1 kg de peixe.

41



No ambiente para a vegetação, escolhemos o ambiente de cultivo de vegetais DWC (deep water culture), floating, raft ou ambiente flutuante pois neste ambiente, poderemos reaproveitar placas de isopor que iriam para o lixo, fazer pequenos buracos e encaixar as mudas das plantas que ficam flutuando sobre o líquido de maneira individualizada, dentro da bandeja reaproveitada que antes era usada em peixarias ou na própria cozinha da escola, fazendo um furo em uma das laterais e por onde vai passar uma mangueira, levando a água por meio da gravidade, poupando assim o gasto de energia.

Segundo informações de Carneiro et al (2015) é aconselhável que se utilize espécies vegetais já adaptadas à hidroponia, no cultivo em aquaponia. Como esses sistemas possuem um ambiente semelhante, o cultivo desses vegetais será de mais fácil adaptação. Pensando no nosso modelo escolar, é importante levar em consideração as necessidades das plantas escolhidas e acompanhar atentamente o seu desenvolvimento para o pleno sucesso do sistema.

42

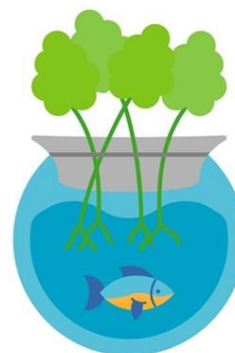
Conforme relatos de Carvalho et al(2005) no Brasil, a alface é a hortaliça mais produzida, tanto em solo como em sistemas hidropônicos, seu fácil manejo, aliado ao seu ciclo curto e rápido permite a nossa experimentação no sistema aquapônico com muitas indicações de sucesso.



Nós sugerimos a alface lisa, manga, e outras hortaliças que receberemos como doação. Todas com ciclo de vida curto e que poderemos utilizar na escola como complementação na alimentação.



Roteiro Didático



Roteiro de aulas para o Ensino de Ecologia a partir da construção de um sistema aquapônico

I. Roteiro de atividade:



Conteúdo(s) a ser(em) abordado(s): Ecossistemas aquáticos e terrestres:



Objetivo(s) relacionados ao aprendizado dos alunos:

Compreender os conceitos de biosfera e ecossistema;

Descobrir os fatores que podem interferir nos ecossistemas;

Ciclos Biogeoquímicos, dando um destaque primeiro ao ciclo do nitrogênio e carbono respectivamente.

Construir e observar um modelo de ecossistema;

45



Justificativa e relevância:

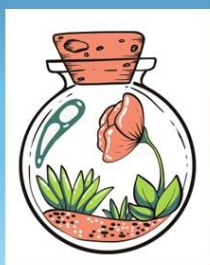
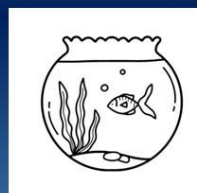
A conservação de ecossistemas está sendo amplamente relacionada com a redução da pobreza, ou seja, esses esforços de conservação não são apenas para a manutenção do ambiente, mas podem influenciar diretamente na vida da população, principalmente na dos mais vulneráveis. A qualidade da água tem sido afetada duramente por décadas de práticas destrutivas do agronegócio, das atividades mineradoras, da industrialização e de diversas outras situações que afetam o meio ambiente. Conforme retratado pelo Portal Nações Unidas Brasil, através dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14 que trata da Vida Aquática e 15 que trata da vida terrestre, acordos globais têm sido feitos na expectativa de reverter os efeitos nocivos ao nosso planeta, ressaltando ainda mais a relevância deste tema para as salas de aulas por todo o mundo.

Podemos conceituar ecossistema como um conjunto formado pelas interações entre componentes bióticos, como os organismos vivos: plantas, animais e microrganismos, e os componentes abióticos, elementos químicos e físicos, como o ar, a água, o solo, a luminosidade e minerais. Estes componentes interagem através das transferências de energia e ciclagem de nutrientes que envolvem os organismos vivos entre si e entre estes e os demais elementos de seu ambiente.



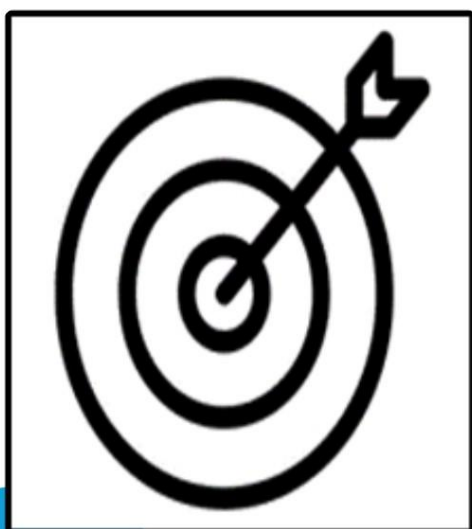
46

Para facilitar a compreensão e o ensino dos ecossistemas na educação básica, frequentemente construímos mini ecossistemas, como terrários, que simulam a interação entre fatores abióticos e bióticos típicos de um ecossistema encontrado no mundo. A prática em si costuma ser muito estimulante para os alunos que se interessam por atividades que fogem a rotina de cópia do quadro.



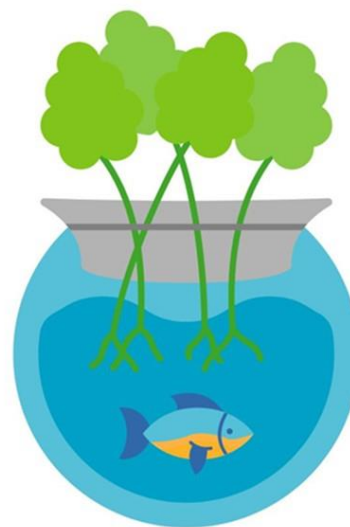
Entender esses conceitos e aplicar em situações práticas são fundamentais para que os conhecimentos sobre os ecossistemas não estejam fragmentados e sim, numa sequência didática que priorize um estudo que integra vários conceitos e mobiliza os alunos para um aprendizado significativo.

47



- PÚBLICO-ALVO
- Alunos do Primeiro ano do ensino médio
- TEMPO DE DURAÇÃO PREVISTO
- Serão 3 aulas com 2 tempos de 50 minutos cada (totalizando 6 tempos).
- MATERIAL PRODUZIDO
- Roteiro didático
- Modelo de Ecossistema (miniecossistema)
- MATERIAL UTILIZADO
- Quadro, caneta, material impresso, data show, internet e materiais para o modelo

48



1º DIA:

1ª atividade : 15 min

- ✓ Pedir que os alunos escrevam na cartolina disponibilizada pelo professor o que vem a sua cabeça quando vê a palavra Ecossistema;

Nesse primeiro momento, a turma deverá responder de maneira coletiva, todos serão ouvidos e as informações que forem faladas serão anotadas pela professora e/ou um aluno ajudante. Uma outra maneira de fazer esta atividade seria pedir para os alunos escreverem em um pedaço de papel previamente cortado pela professora que depois pode colar em uma cartolina.

2ª atividade: 35 min

Neste momento solicite que se organizem em 4 grupos de 6 alunos e que façam:

- ✓ Desenhos e anotações de ecossistemas que conhecem enumerando organismos que ocorrem no ecossistema escolhido.
- ✓ Em um segundo momento solicitarei que identifiquem as funções dos organismos citados, como produtor, consumidor, etc.



3ª atividade - Tempo estimado: 15 min.

- ✓ Pedir que os alunos indiquem os fatores essenciais para que os ecossistemas se mantenham - Podemos mostrar fotos de alguns ecossistemas sem colocar os nomes, essas imagens foram selecionadas de lugares distintos e estarão projetadas na sala de aula para que faça, a leitura de imagem e perguntar se eles conhecem ou se já viram;
- ✓ Pode optar entre as fotos sugeridas aqui ou de ecossistemas mais próximos da realidade deles como fotos da horta da escola, dos vasos de plantas, da comunidade em que vivem e que podem fazer mais sentido para os alunos.
- ✓ Eles escreverão em grupo uma descrição desses elementos de um ecossistema.



51

Os comentários serão feitos com a leitura das imagens mediada pelo professor(a);

Importante!

➡ Após terminarem as suas anotações, entregaremos aos grupos o acesso ao link abaixo para que o aluno reflita se as descrições feitas anteriormente podem ser confirmadas pelas novas informações. Assim eles terão a oportunidade de checarem em fontes confiáveis mas que não dão as respostas para essas perguntas, mas os ajudam em suas elaborações de hipóteses;

<https://brasilescola.uol.com.br/biologia/componentes-ecossistema.htm>

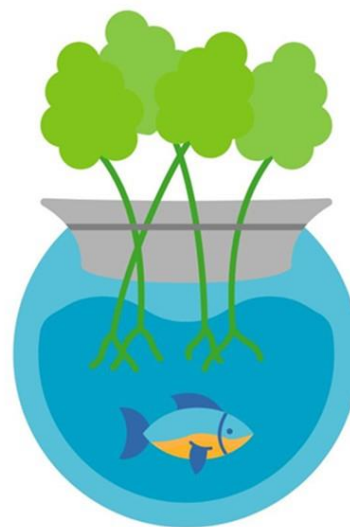
Comentar com eles sobre cada uma das fotos. Esse tipo de indagação busca ressaltar o conhecimento prévio dos alunos, que é extremamente importante no letramento científico. Essa atividade será fundamental para que os alunos descrevam os elementos de um ecossistema antes de fazerem o modelo do minissistema;

➡ Após a identificação dos elementos dos ecossistemas avaliados nas fotos, eles deverão listar os elementos essenciais para a montagem do miniecosistema;



Esperamos neste momento contribuir para novas percepções dos alunos em relação ao que podemos classificar como ecossistema.

52



4ª Atividade: Tempo estimado de 50 min.



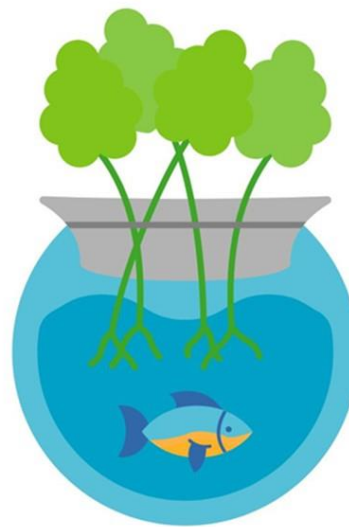
- ➔ É possível criar um modelo de ecossistema integrando elementos de ambiente aquáticos e terrestres?
- ➔ A cor do recipiente pode afetar a interação no ambiente? De que jeito?
- ➔ A turma será dividida em 4 grupos com 6 alunos cada. Dois grupos construirão o modelo do recipiente transparente e dois grupos construirão o modelo do recipiente colorido. Antes de iniciar a construção, irão elaborar suas hipóteses para a problematização acima e anotar em um papel e deixar registrado.



ATENÇÃO, PROFESSOR!

Estes questionamentos trazem diversos conceitos que são eixos importantes no estudo de Ecologia na educação básica .

II. Passo a passo da montagem do minissistema aquapônico



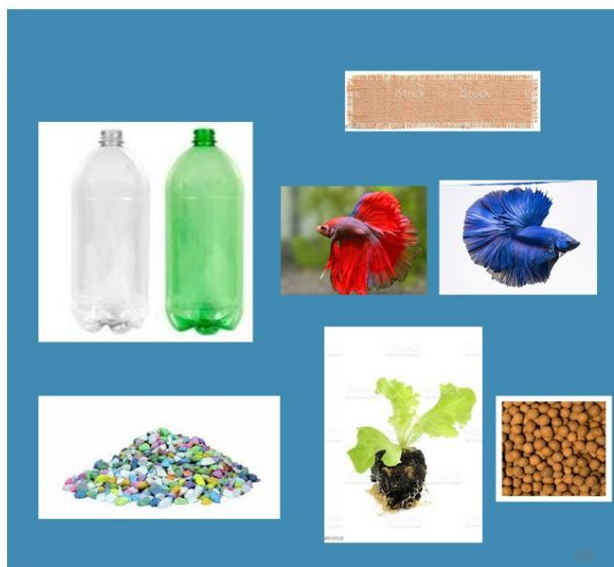
Os alunos seguirão dois parâmetros diferentes. Um terá um recipiente transparente e o outro colorido, a ponto de reduzir a luminosidade. Deverão separar os materiais necessários e iniciar a montagem:

Material Necessário:

garrafas pet (grandes) coloridas e transparentes,
mudas de alface, manjerição ou outra de sua preferência
peixes betas
ração para o peixe beta
tiras de panos ou barbantes
pedras de aquário e água.



Professor, o ideal é testar previamente, montando o sistema!



Montagem do sistema:

- ✓ Cortar as garrafas 2 cm acima da sua metade e vamos classificar em parte 1 a parte de baixo e 2 na parte de cima, onde fica a tampa;
- ✓ Na parte de baixo (1) da garrafa (figura 24), colocar pedras de aquário que atinjam no máximo dois cm do fundo do pote. Completar com água até chegar a uma altura aproximadamente 2 cm acima da sua metade;
- ✓ Fazer alguns furos em toda a lateral da parte de cima da parte 1 da garrafa para que o ar possa entrar com maior facilidade no sistema;

Parte 1



Parte 2



57

✓ Em seguida, irá preparar a estrutura de cima da garrafa onde ficará o vegetal (figura 25) que irá conter pedras de aquário e argila expandida, juntamente com quatro tiras de pano que irão se comunicar com o aquário;

✓ Após a montagem das estruturas, podemos adicionar 1 peixe beta em cada mini aquário. Feito isso, podemos acrescentar a quantidade individual de ração para o peixe e em seguida, encaixar a parte superior do sistema;

✓ Após a montagem dos sistemas, eles devem ser colocados em um local da escola que tenha acesso à luz do sol e que ambos tenham as condições ambientais parecidas;

✓ Assim ficarão em locais reservados na escola onde cada grupo deverá observar e anotar a Coloração da água, o comportamento dos seres vivos, a temperatura e usar medição de ph (se possível) em alguns dias do experimento à critério de cada grupo durante 15 dias;

✓ Devem responder ainda em grupo logo após a montagem a um questionário;



58

Questionário que deverá ser entregue ao aluno junto com o roteiro didático:

Agora, responda:

- 1- O seu modelo pode ser chamado de ecossistema? Por quê?
- 2- Qual o papel de cada organismo no modelo?
- 3- A cor do recipiente pode causar alteração nos resultados dos modelos criados? Que evidências podem comprovar isso?
- 4- Esse sistema pode ser considerado sustentável? Por quê?
- 5- Por que você acha que o peixe beta precisa receber um suplemento de ração? Poderia substituir a ração por uma outra fonte natural? Qual?
- 6- Existem fatores que alteram o comportamento do peixe neste sistema? Quais? O que te fez chegar a essa hipótese?

59



- 7- Como o solo que mantém a planta se mantém fértil?
- 8- Em qual parte, no miniecosistema podem ser encontrados os nutrientes minerais para as plantas?
- 9- Esse sistema pode ser considerado fechado ou aberto?

60

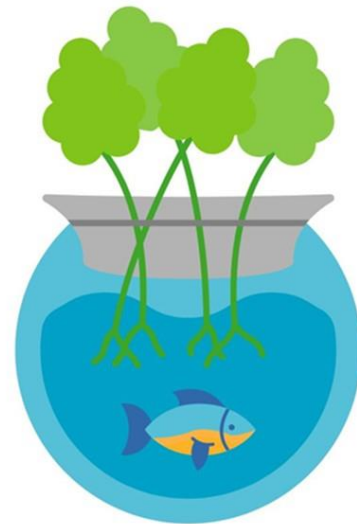
Observação dos sistemas e apresentação dos resultados.

Cada equipe se reunirá para observar o seu mini ecossistema e após um período de 15 dias, mostrarão seus sistemas montados e seus resultados preliminares (as respostas das perguntas iniciais para a montagem). 8 min para cada grupo falar, totalizando 32 minutos.



61

3º dia de Aula



6ª atividade – Tempo estimado: entre 18 e 25 min.

Observação dos sistemas e apresentação dos resultados:

✓ Cada equipe se reunirá para observar o seu miniecosistema e após um período de 15 dias, mostrarão seus sistemas montados e seus resultados preliminares (as respostas das perguntas iniciais para a montagem). 8 min para cada grupo falar, totalizando 32 minutos



✓ Retornaremos com o questionário preenchido por eles na segunda aula e perguntaremos se eles fariam alguma alteração em suas respostas.

7ª atividade – Tempo estimado: 50 min.

Após deixá-los por um período analisando suas respostas, faremos uma roda de conversas para a qual cada grupo apresente seus argumentos e faremos discussão geral dos assuntos com a participação de todos os alunos e a mediação da professora. 50 minutos



63

Como poderão verificar suas hipóteses?

- ✓ Fazendo as pesquisas de maneira autônoma observando e comparando os experimentos e suas respostas às perguntas feitas pelo professor
- ✓ Eles terão links sugeridos mas nada os impede de buscarem suas próprias fontes e da forma que for mais eficiente para os discentes.
- ✓ São várias hipóteses a serem testadas porém a mais evidente a princípio é sobre a cor do recipiente alterando os resultados, pois supomos que não é mais claro, haja um aumento no processo de eutrofização e no aumento de nutrientes, mudando a coloração da água e interferindo nos demais parâmetros.



Os alunos terão links de sites confiáveis onde poderão consultar para ajudar na interpretação dos resultados da experiência com a montagem dos ecossistemas. Seguem sugestões de pesquisas nos seguintes sites:



<https://oeco.org.br/dicionario-ambiental/28516-o-que-e-um-ecossistema-e-um-bioma/#:~:text=Um%20ecossistema%20%C3%A9%20um%20conjunto,%C3%A1gua%2C%20o%20solo%20e%20minerais.>



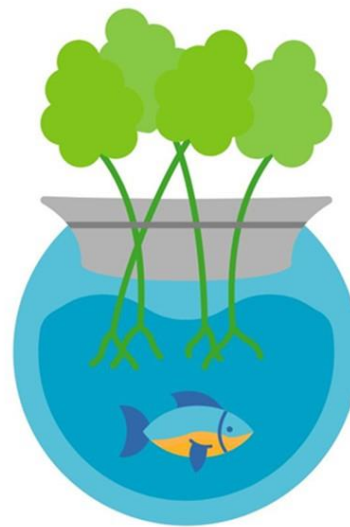
<https://ilsabril.com.br/ciclo-do-nitrogenio-e-suas-reacoes/#:~:text=O%20ciclo%20do%20nitrog%C3%AAnio%20permite,que%20ser%C3%A3o%20descritas%20a%20seguir.>



<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/6298/aquaponia-residencial#:~:text=Produ%C3%A7%C3%A3o%20integrada%20de%20peixes%20e,%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20no%20mesmo%20local.>

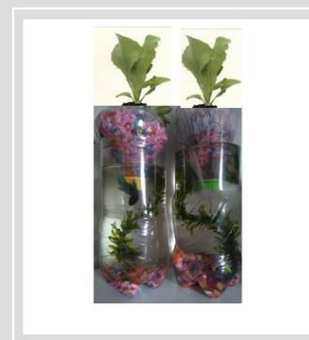
64

III. Proposta de discussão dos resultados com os estudantes



Formas de avaliação (forma de coleta e análise de dados que permitam avaliar se a aula alcançou os objetivos esperados):

Os alunos serão avaliados pela forma que relacionam os assuntos trabalhados, pela resposta do questionário além da dedicação no desenvolvimento das atividades e caso demonstrem que compreenderam que o equilíbrio de um ecossistema depende de vários fatores e que existem diversos tipos de ecossistemas e que estão interligados formando os biomas.



Modelo do roteiro que pode ser entregue ao aluno:



Escola: _____
Aluno: _____
Turma: _____
Roteiro de Atividades

Assunto: Ecossistemas

Texto Adaptado: Por que devemos preservar os ecossistemas?

Assunto: Ecologia

Sabemos que os ambientes naturais e sua biodiversidade vêm sendo rapidamente degradados por ações das comunidades humanas. As principais ameaças a biodiversidade são principalmente a poluição, o uso excessivo dos recursos naturais, a expansão da fronteira agrícola em detrimento dos habitats naturais, a expansão urbana e industrial, pois estão levando muitas espécies vegetais e animais à extinção. Para entendermos melhor o que é a biodiversidade e a importância de conservá-la, devemos considerar também as inter-relações entre os seres vivos e compreender como eles se relacionam entre si e com a natureza.

A existência de uma espécie afeta diretamente muitas outras, assim como a extinção de apenas uma espécie pode prejudicar todo o ecossistema.

Por tudo isso, o valor da biodiversidade é incalculável e sua redução pode alterar toda a dinâmica ambiental, a disponibilidade de recursos naturais e, assim, a própria vida na Terra. Refletir, pesquisar e desenvolver atividades práticas podem nos ajudar a entender um pouco mais sobre os ecossistemas e para isso, vamos realizar algumas atividades.

67

Modelo do roteiro que pode ser entregue ao aluno:



Escola: _____
Aluno: _____
Turma: _____
Roteiro de Atividades

Roteiro de Aula:

1ª atividade:

Escreva na cartolina disponibilizada pelo professor(a) o que vem a sua cabeça quando vê a palavra Ecossistema?

2ª atividade:

Agora se organizem em 4 grupos de 6 alunos cada e façam:

Desenhos e anotações de ecossistemas que conhecem. Podem utilizar as folhas e/ou cartolinas disponibilizadas pela professora.

3ª atividade:

Faça a leitura das imagens expostas pela professora no projetor e indique os fatores essenciais para que os ecossistemas se mantenham em equilíbrio dinâmico. Escreva a descrição desses elementos de um ecossistema que são essenciais. Sem consulta.

68

Modelo do roteiro que pode ser entregue ao aluno:



Escola: _____
Aluno: _____
Turma: _____
Roteiro de Atividades

Após terminarem as suas anotações terão a liberação para acessarem o link projetado pelo professor e reflitam se as descrições feitas anteriormente podem ser confirmadas pelas novas informações.

4ª Atividade:

É possível criar um modelo de ecossistema integrando elementos de ambiente aquáticos e terrestres?

A cor do recipiente pode afetar a interação no ambiente?

De que jeito?

Dividam-se em 4 grupos com 6 alunos cada. De preferência mantendo os grupos anteriores. Dois grupos construirão o modelo do recipiente transparente e dois grupos construirão o modelo do recipiente colorido. Antes de iniciar a construção, irão elaborar suas hipóteses para a problematização acima e anotar em um papel e deixar registrado.

Material Necessário: garrafas pet (grandes) coloridas e transparentes, mudas de alface, peixes betas, ração para o peixe, tiras de panos ou barbantes, de aquário e água.

69

Modelo do roteiro que pode ser entregue ao aluno:



Escola: _____
Aluno: _____
Turma: _____
Roteiro de Atividades

Montagem do sistema:

✓ Cortar as garrafas 2 cm acima da sua metade e vamos classificar em parte 1 a parte de baixo e 2 na parte de cima, onde fica a tampa;

✓ Fazer alguns furos em toda a lateral da parte de cima da parte 1 da garrafa para que o ar possa entrar com maior facilidade no sistema;

✓ Na parte de baixo (1) da garrafa colocar pedras de aquário que atinjam no máximo dois cm do fundo do pote. Completar com água até chegar a uma altura aproximadamente 2 cm acima da sua metade;

✓ Em seguida, irá preparar a estrutura de cima da garrafa onde ficará o vegetal que irá conter pedras de aquário e argila expandida, juntamente com quatro tiras de pano que irão se comunicar com o aquário;

✓ Após a montagem das estruturas, podemos adicionar 1 peixe beta em cada mini aquário. Feito isso, podemos acrescentar a quantidade individual de ração para o peixe e em seguida, encaixar a parte superior do sistema;

✓ Após a montagem, os sistemas devem ser colocados em um local da escola que tenha acesso à luz do sol e que ambos tenham as condições ambientais parecidas;

✓ e assim ficarão em locais reservados na escola onde cada grupo deverá observar e anotar a Coloração da água, o comportamento dos seres vivos, a temperatura e usar medição de ph (se possível) em alguns dias do experimento à critério de cada grupo durante 15 dias;

70

O que esperamos:



É importante na discussão dos resultados com os alunos que sejam levados em consideração toda a trajetória dos grupos.



Espera-se que este roteiro didático possa permitir que no decorrer de cada fase nesse processo os alunos possam demonstrar em primeiro momento seus conhecimentos prévios, que possa fazer a leitura de imagens, que possa se expressar através de desenhos e da oralidade sobre esses conhecimentos que possam conectar com suas realidades e que possa facilitar o trabalho do docente.



No segundo momento espera-se que sejam suas impressões e seus argumentos, e que os discentes possam ser a parte central desse processo de aprendizagem. Capazes de seguir o passo a passo demonstrando suas habilidades em seguir instruções com atenção e que preencham o questionário solicitado assim como cuidem desses minissistemas com cuidado por se tratarem de seres vivos e que os docentes estejam atentos às diversas variáveis que possam surgir no decorrer do roteiro de aulas. Além disso, que no momento da roda de conversa, possam se sentir seguros para relatar.



Professor,
Esperamos que estes materiais possam agilizar e tornar mais prazeroso o trabalho e de vocês. Caso venham a utilizar, compartilhe conosco seus resultados!

ALBUQUERQUE, L. F. G. ; NASCIMENTO, D. D. S. ; SANTOS, E. S. D.; MOREIRA, A. G. L. M. Aquaponia: Uma Tecnologia Sustentável para o Semi-árido. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia- Morada Nova, IFCE 2019

BARBOSA, VALMIR. Ciclos biogeoquímicos como subsídio para a sustentabilidade do sistema agroindustrial da cana-de açúcar. 2007. xi, 117 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, FKRIZEK, J. P. O.; MULLER, M. V. D. V. Desafios e potencialidades no ensino de ecologia na educação básica. Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 700–720, 2021. DOI: 10.46667/renbio.v14i1.401. Disponível em: <https://renbio.org.br/index.php/sbenbio/article/view/401>. Acesso em: 23 jan. 2024.

LEITÃO, ANTÔNIO M. F. L.; VILAR, JANAÍNA L.; ALMEIDA, RENATO DE. Sistemas Biológicos -Universidade Estadual do Ceará-Fortaleza, Capes, 2013.

LIMA, V. T. A.; CAMPECHE, D. F. B. ; PAULINO, R. V.; JÚNIOR, D. D. DOS S.; VASCONCELLOS, E. B. DE C. Efeito da temperatura e do oxigênio dissolvido em água salobra no cultivo de tilápia Effect of temperature and dissolved oxygen in brackish water in tilapia culture Resumo – PORTAL EMBRAPA, 2011 LOUREIRO,

MATSON, J. Fregando peixes e plantas. Scientific American Brasil, [S. l.], n. 89, primavera 2008. Disponível em: <https://aquaponiabrasil.wordpress.com/breve-historia-da-aquaponia> Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007.

ALBUQUERQUE, L. F. G. ; NASCIMENTO, D. D. S. ; SANTOS, E. S. D.; MOREIRA, A. G. L. M. Aquaponia: Uma Tecnologia Sustentável para o Semi-árido. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia- Morada Nova, IFCE 2019

BARBOSA, VALMIR. Ciclos biogeoquímicos como subsídio para a sustentabilidade do sistema agroindustrial da cana-de açúcar. 2007. xi, 117 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, FKRIZEK, J. P. O.; MULLER, M. V. D. V. Desafios e potencialidades no ensino de ecologia na educação básica. Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 700–720, 2021. DOI: 10.46667/renbio.v14i1.401. Disponível em: <https://renbio.org.br/index.php/sbenbio/article/view/401>. Acesso em: 23 jan. 2024.

LEITÃO, ANTÔNIO M. F. L.; VILAR, JANAÍNA L.; ALMEIDA, RENATO DE. Sistemas Biológicos -Universidade Estadual do Ceará-Fortaleza, Capes, 2013.

LIMA, V. T. A.; CAMPECHE, D. F. B. ; PAULINO, R. V.; JÚNIOR, D. D. DOS S.; VASCONCELLOS, E. B. DE C. Efeito da temperatura e do oxigênio dissolvido em água salobra no cultivo de tilápia Effect of temperature and dissolved oxygen in brackish water in tilapia culture Resumo – PORTAL EMBRAPA, 2011 LOUREIRO,

MATSON, J. Fregando peixes e plantas. Scientific American Brasil, [S. l.], n. 89, primavera 2008. Disponível em: <https://aquaponiabrasil.wordpress.com/breve-historia-da-aquaponia> Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007.

- 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. Aracaju:Embrapa TabuleirosCosteiros,2015. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documento, 189). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142630/1/Doc-189.pdf>
- CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R.Y.; MOTA, P. S. S. da. Montagem e operação de um sistema familiar de aquaponia para produção de peixes e hortaliças. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. (Embrapa Tabuleiros Costeiros.CircularTécnica,72). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144938/1/CT-72.pdf>
- CARNEIRO, P. C. F.; MARIA, A. N.; NUNES, M. U. C.; FUJIMOTO, R. Y.; TALAMINI, V.; MOTA, P. S. S. da; MEDEIROS, S. dos S.; SILVA, D. N. da; SANTOS, J.R. dos; MELO, L.; SANTOS, T. S.; OLIVEIRA, Y. S. Produção de peixes e vegetais em aquaponia: pesquisas em andamento na Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130818/1/folder-aquaponia-ONLINE.pdf>.
- CARVALHO, ANA MARIA PESSOA. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação.Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.2018.
- CUNHA,RODRIGO BASTOS.O que significa alfabetização ou letramento para os pesquisadores da educação científica e qual o impacto desses conceitos no ensino de ciências Ciênc. Educ., Bauru, v. 24, n. 1, p. 27-41, 2018
- LIMA, V. T. A.; CAMPECHE, D. F. B. ; PAULINO,R.V.; JÚNIOR,D. D. DOS S.; VASCONCELLOS,E. B.DE C. Efeito da temperatura e do oxigênio dissolvido em água salobra no cultivo de tilápia Effect of temperature and dissolved oxygen in brackish water in tilapia culture Resumo – PORTAL EMBRAPA,2011 LOUREIRO,
- MATSON, J. Fisingando peixes e plantas. Scientific American Brasil, [S.l.], n. 89, primavera 2008. Disponível em: <https://aquaponiabrazil.wordpress.com/breve-historia-da-aquaponia>
- MORO, GIOVANNI V.; REZENDE, FABRÍCIO PEREIRA ;ALVES,ANDERSON L.; HASHIMOTO, DIOGO T.;VARELA, EDUARDO S.; TORATI, LUCAS SIMON. Espécies de peixe para piscicultura.Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos.Brasília, DF.Embrapa,2013.
- MUNFORD ,D.;LIMA,M. E. C. E C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais,2007.
- PAULA,Carla da Silva. Aquaponia: uma ferramenta didática de ensino no IFPA-Santarém, Brasil.Castanhal – PA , Universidade Federal do Pará.2020
- QUEIROZ,J. F.;ALVES,J. M. C.; LOSEKANN, M. E.; SCORVO,C. M. D. F.;FILHO,JOÃO D. S.; FERRI, G. H.;ISHIKAWA,M. M. Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nilo (Oreochromis niloticus).Embrapa- Meio Ambiente Jaguariúna, SP,2021

QUEIROZ, J. F. D.; ARCHANELO, T. F.; LUIZ, A. J. B.; ISHIKAWA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. S. Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Meio Ambiente Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-Embrapa Meio Ambiente Jaguariúna, SP, 2017.

RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics: integrating fish and plant culture. SRAC, Oklahoma, v. 454, 1-16 p, 2006. Disponível em: http://aquaculture.ca.uky.edu/sites/aquaculture.ca.uky.edu/files/srac_454_recirculating_aquaculture_tank_production_systems_-_aquaponics_-_integrating_fish_and_plant_culture_0.pdf

RODRIGUES, THEÓFILO. Bases conceituais para uma sociologia da sustentabilidade: capitaloceno, justiça ambiental e racismo ambiental. O Social em Questão, vol. 1, núm. 55, Enero, pp. 287-314. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro-Rio De Janeiro, Brasil, 2023.

ROSA, L. O. G. C. C. Uma proposta para o uso da aquaponia no ensino de biologia Macroprojeto: Novas práticas e estratégias pedagógicas para o ensino de biologia. Universidade de Brasília-UNB, 2020

SANTOS, T. S.; MELO, L. dos S.; CARNEIRO, P. C. F. Produção de mudas de alface dentro de um sistema de aquaponia. In: Seminário de Iniciação Científica e Pós Graduação da Embrapa Tabuleiros Costeiros, 6, Aracaju, 2016. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. p. 1 19.

SANTOS, ALLISON MATHEUS LIMA. Aquaponia como Recurso Pedagógico e Interdisciplinar no Ensino de Biologia. Universidade Federal de Sergipe, 2022.

SANTOS, H. T. A. O Sistema de Aquaponia como Ferramenta Didática crítica para projetos em Ensino das Ciências Ambientais: Proposição Metodológica. Universidade Federal de Sergipe. Cidade Universitária, Professor José Aloísio de Campos São Cristóvão/SE Fevereiro de 2021

SILVA, M. D. D. Produção De Peixes E Hortaliças Em Sistema Aquapônico Com Vistas A Sustentabilidade Ambiental. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2020.

SILVA, D. de J.; CARNEIRO, P. C. F. Uso do melaço na mineralização do efluente da aquaponia. In: Seminário de Iniciação Científica e Pós Graduação da Embrapa Tabuleiros Costeiros, 7, 2017, Aracaju. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164256/1/Uso-do-melaco.pdf> https://www.idsbrasil.org/wp-content/uploads/2022/07/rl_2022-completoweb-30_06_01.pdf

SILVA, J. W. P. S.; LIMA, L. M. P.; ARAÚJO, V. E. F. M. DE; SILVA, JOSÉ C. R. S.; CERQUEIRA, D. C. O. Principais Componentes de um Sistema Aquapônico Doméstico e Considerações sobre a Temperatura e Considerações sobre a Temperatura e o pH da Água. VII Congresso Nacional de Educação- Conedu 2021-

SILVA, MÁRCIO JOSÉ DOS SANTOS. Efeito Agudo da Amônia e do Nitrito em Tilápias: *Oreochromis niloticus* mantidas em baixa salinidade. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. Programa de Pós- Graduação em Zootecnia. Belo Horizonte, 2013.

SILVA, M. D. D. Produção De Peixes E Hortaliças Em Sistema Aquapônico Com Vistas A Sustentabilidade Ambiental. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2020.

SILVA, MÁRCIO JOSÉ DOS SANTOS. Efeito Agudo da Amônia e do Nitrito em Tilápias: *Oreochromis niloticus* mantidas em baixa salinidade. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Belo Horizonte, 2013.

SOUZA, J. S. S. de S., BAPTISTA, R.T.Y; SOUZA, L. de O. A aquaponia como ferramenta didático metodológica no ensino de ciências e matemática: experiências e propostas didáticas no contexto amazonense. R. Bras. Ens. Ci. Tecnol., Ponta Grossa, v. 15, p. 1-20, 2022.

SOUZA, M. C. , FRANCO, J. R., JUNIOR, G. D. Cultivo de Vegetais em Sistema de Aquaponia para o pequeno produtor. Curso de Tecnologia em Agronegócio da Faculdade de Tecnologia de Botucatu, Fatec, BT. Faculdade de Ciências Agrônomicas. UNESP, BT. Disponível em: <http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/XIIJTC/XIIJTC/paper/viewFile/2877/3211>

TEODORO, NATÁLIA CARRION. Professores de biologia e dificuldades com os conteúdos de ensino Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2017. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/150427/teodoro_nc_me_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y



Agradecimentos



Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001, pois o presente trabalho foi realizado com o seu apoio.

Agradecimentos também à UFMG e UFRJ.



