



UnB

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
Instituto de Ciências Biológicas - IB
Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - PROFBIO

Uma proposta para o uso da aquaponia no ensino de biologia

**Macroprojeto: Novas práticas e estratégias pedagógicas para o ensino
de biologia**

LUIZ OTÁVIO GUIMARÃES CARDOSO ROSA

BRASÍLIA

2020

Uma proposta para o uso da aquaponia no ensino de biologia

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional- PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientadora: Dr.^a Maria Fernanda Nince Ferreira

BRASÍLIA

2020

APOIO CAPES

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001.

This work was carried out with the support of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) – Brazil – Financing Code 001.

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUIZ OTÁVIO GUIMARÃES CARDOSO ROSA

**“UMA PROPOSTA PARA O USO DA AQUAPONIA NO ENSINO DE
BIOLOGIA”**

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Biologia pelo programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional – PROFBIO, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília -UnB.

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Maria Fernanda Nince Ferreira (Orientadora)



Prof. Dr. Thiago Dias Trombeta (Membro Titular)



Prof.^a Dr.^a Maria Júlia Martins Silva (Membro Titular)



Prof. Dr. Marcos Antônio dos Santos Silva Ferraz (Suplente)

Brasília, outubro de 2020.

RESUMO

A aquaponia é um processo de produção de alimentos em que se associam duas técnicas, a aquicultura e a hidroponia. Em alguns países, essa técnica é bastante difundida e está sendo utilizada como ferramenta didática para o ensino de diversas disciplinas, entre elas a Biologia. O presente projeto visa desenvolver ações pedagógicas com o uso da aquaponia, bem como avaliar seu uso no ensino de biologia no ensino médio. Para isso, foram propostos dois sistemas de aquaponia bem como foram elaboradas duas sequências didáticas com conteúdos de primeiro e segundo anos do ensino médio. Os sistemas propostos foram descritos e analisados de acordo com a literatura específica, enquanto as sequências foram enviadas a professores de biologia do ensino médio de diferentes estados que avaliaram o material através de um questionário realizado através do formulário Google. Ao todo, 13 professores enviaram suas respostas, sendo que os dados foram analisados quantitativamente e qualitativamente. Espera-se que o trabalho ofereça um produto que possa auxiliar na aplicação da sequência, fazendo com que esse recurso didático auxilie na formação dos alunos.

Palavras-chave: sequencias didáticas, ensino médio, ensino por investigação.

ABSTRACT

Aquaponics is a food production process that combines two other techniques, aquaculture and hydroponics. In many countries, this technique is already widespread and is being used as a didactic tool for teaching various subjects, including Biology. The present project aims to develop pedagogical actions with the use of aquaponics, as well as to evaluate its use in the teaching of biology in high school. For this purpose, two basic aquaponics systems were proposed, as well as two didactic sequences with contents from the first and second years of high school. The proposed systems were described and analyzed according to the specific literature, while the sequences were sent to high school biology teachers from different states who evaluated the material through a questionnaire using the Google form. Altogether, 13 teachers sent their answers, and the data were analyzed quantitatively and qualitatively. It is expected that the work can guide a final product that can assist in a future application of the sequence making this didactic resource assist in the training of students.

Keyword: didactical sequences, high school, teaching by inquiry

Relato do Mestrando

Em 2003, egresso dos cursos de bacharelado e licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, ingressei na Secretaria de Estado de Educação por meio da aprovação em concurso público.

Na época, fui trabalhar em São Sebastião, com turmas de ensino fundamental lecionando a disciplina de Ciências Naturais. Apesar da sólida formação adquirida na Universidade, ainda era um professor iniciante e o aprendizado e a experiência no cargo foram fundamentais para o meu processo de desenvolvimento.

Como nos adverte Paulo Freire: “Ninguém começa a ser professor numa certa terça-feira às 4 horas da tarde... Ninguém nasce professor ou marcado para ser professor. A gente se forma como educador permanentemente na prática e na reflexão sobre a prática” (FREIRE, 1991, p. 58).

Foi através da reflexão e na interação com os alunos que consolidei minha prática docente. Em 2007, tomei posse em mais um cargo na Secretaria de Educação, acumulando dois cargos de professor, nos turnos diurnos e noturnos.

Desde essa época, já passei por vários cargos dentro da estrutura da SEDF sempre nas escolas, ou seja, já estive atuando como coordenador pedagógico, supervisor administrativo, vice-diretor e diretor. Entretanto, mesmo em outros cargos, sempre estive em sala de aula em pelo menos um turno.

Em 2013, me mudei com minha família para a cidade satélite de Sobradinho - DF, onde resido atualmente. Trabalho em duas escolas, o CEF Queima Lençol, que é uma escola rural na região administrativa da Fercal e no CED Fercal no turno noturno, que é uma escola que oferta ensino médio regular.

Nesses últimos anos, senti a necessidade de aprimorar meus conhecimentos. Já há mais de 15 anos sem contato com o ambiente acadêmico sentia que estava ficando desatualizado, principalmente no que tange a metodologias de ensino ativas, uso de tecnologias na educação, entre outros aspectos.

Em 2017, um colega de trabalho comentou comigo que tinha saído um processo seletivo para o PROFBIO na UnB. Me lembro que fiquei surpreso, pois já tinha procurado esse curso há uns anos e não sabia que aquela era a primeira turma. No

entanto, quando fui procurar mais informações sobre o processo seletivo, vi que já tinha passado o período de inscrição. Decidi que iria ficar atento ao próximo processo seletivo e quando saiu o edital para a turma de 2018, fiz a inscrição para concorrer a uma vaga.

Ainda nesse ano fiz a prova de seleção e fiquei aguardando o resultado. Me lembro de ter dito para minha esposa que a prova tinha sido bastante “puxada”, mas estava esperançoso. Quando saiu o resultado da aprovação, eu não conseguia conter a minha felicidade, foi um momento ímpar que guardo na memória.

Dentro do curso, pude aprimorar meus conhecimentos teóricos nas disciplinas, bem como tive acesso a novas formas de organizar o trabalho pedagógico, de modo a auxiliar o aluno no seu processo de construção do conhecimento. Ou seja, foi possível uma reciclagem no referencial teórico e metodológico da biologia, no sentido de tornar a disciplina mais acessível e contextualizada a realidade do aluno.

Também tive acesso a novas práticas de ensino, uso de tecnologias e a abordagem investigativa de ensino. O ensino por investigação propõe formar o pensamento científico e investigativo do estudante, através da problematização dos conteúdos e da consolidação das etapas do método científico, ou seja, a construção de uma hipótese, sua testagem (experimento), a análise dos resultados e a conclusão.

Atualmente, me sinto renovado, fiz muitos amigos de profissão que levarei em meu coração mesmo após o término do curso, com a certeza de que os laços construídos não se desatarão com facilidade. Em todo esse percurso tive o apoio afetuoso de minha professora e orientadora Dr.^a Maria Fernanda Nince Ferreira, que sempre me guiou e me aconselhou em todos os momentos.

Por fim, gostaria de agradecer ao ProfBio pela oportunidade de crescimento dentro de minha prática docente que será de grande valia para os estudantes a que eu venha a servir. Tenho a certeza de ter feito um investimento valioso no meu desenvolvimento profissional que se refletirá na qualidade das aulas que eu venha a ofertar.

Agradecimentos

A elaboração desse trabalho de conclusão de mestrado se beneficiou do apoio inestimável de diversos colaboradores, dentre os eu gostaria de deixar a minha gratidão:

A Deus, que me deu saúde e forças para superar meus medos e por sentir a sua presença em todos os momentos da trajetória deste curso;

Aos meus familiares, em especial a minha esposa Jane e aos meus dois filhos, Pedro Henrique e Luiz Fernando, pois sem eles me sinto incompleto e sem rumo no meu percurso de vida;

Ao CED Fercal, que “comprou” minha ideia de fazer um projeto de aquaponia na escola, em especial a Diretora Sandra Harumi, que me disponibilizou espaço e apoio para implementar o sistema na escola. A todos os colegas e funcionários do CED Fercal que se empolgaram com a ideia de “criar peixes” para ensinar os meninos (as);

A SEEDF que me agraciou com o processo de afastamento remunerado para estudos na minha carga horária do diurno;

Aos colegas de turma aos quais me serviram de referência e me apoiaram nos trabalhos e momentos difíceis, bem como me propiciaram momentos de alegria e divertimento nas sextas-feiras;

A todos os professores do ProfBio pela dedicação, compromisso, seriedade e competência, em especial, a professora Dr.^a Maria Julia Martins Silva pelas informações passadas desde de minha banca de qualificação, ao professor, Dr. Marcos Antônio Silva Ferraz e a professora Dr.^a Silviene Fabiana de Oliveira pelos valiosos direcionamentos na banca de pré defesa;

A minha orientadora, Dr.^a Maria Fernanda Nince Ferreira, pela tolerância e empatia dedicadas a mim em todo o decorrer do curso. Também por seu inestimável conhecimento, experiência e engajamento, sem os quais, não seria possível a realização desse trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 01. Representação das Chinampas	13
Figura 02. Esquema simples de sistema de aquicultura em recirculação	14
Figura 03. Unidade básica de hidroponia	15
Figura 04. Processos básicos em aquaponia	16
Figura 05. Sistema de aquaponia NFT	18
Figura 06. Sistema de aquaponia DFT	19
Figura 07. Sistema simples de aquaponia utilizando cama de cultivo	20
Figura 08. Componentes do sistema 1	35
Figura 09. Componentes do sistema 2	36
Figura 10. Curso de graduação	46
Figura 11. Tipo de instituição	46
Figura 12. Tempo de de formação	46
Figura 13. Tempo como docente	47
Figura 14. Você trabalha ou já trabalhou com hortas escolares ou hidroponia na escola?	48
Figura 15. Sua escola possui uma horta escolar?	49
Figura 16. Estado da horta escolar	49
Figura 17. Quais disciplinas poderiam trabalhar utilizando esse tipo de projeto (hortas, hidroponia ou aquaponia) no Ensino Médio?	50
Figura 18. Você acredita que projetos como hortas escolares ou hidroponia são boas ferramentas no ensino de Biologia?	51
Figura 19. Na sua opinião, os estudantes gostam de trabalhar com práticas fora da sala de aula?	53
Figura 20. Na sua opinião, se você optasse por trabalhar com aquaponia, você teria apoio da direção e dos colegas para implementar o projeto?	54
Figura 21. Quanto você acha que sua escola estaria disposta a pagar ou disponibilizar verbas para implementar um projeto de aquaponia?	55
Figura 22. Como você avalia a relevância do conteúdo destas propostas de sequências didáticas para o primeiro e segundos anos incorporada ao projeto de aquaponia escolar?	56

Figura	Página
Figura 23. Na sua opinião, os conteúdos produzidos através destas sequências didáticas podem produzir um conhecimento que seja importante e aplicável para o cotidiano do estudante?	57
Figura 24. Você como professor/ educador utilizaria estas sequências didáticas em um projeto de aquaponia na sua escola?	60
Figura 25. Figura 25. Análise do número de aulas nas sequências didáticas	61
Figura 26. Análise do número de atividades nas sequências didáticas.	62
Figura 27. Análise da profundidade teórica em relação ao conteúdo	64
Figura 28. Análise da linguagem das sequências didáticas.	65

Sumário	Página
1. Introdução	13
2. Justificativa	21
3. Referencial Teórico	23
4. Objetivo Geral	33
5. Objetivo Específico	33
6. Metodologia	34
7. Resultados e Discussões	43
8. Considerações finais	65
9. Referências	67
10. Apêndices	72
11. Apêndice 1 Aprovação pelo Comitê de Ética	72
12. Apêndice 2 Proposta para implementação da aquaponia no ambiente escolar através de duas sequências didáticas para o ensino de biologia	74
13. Apêndice 3 – Questionário completo	134

1. INTRODUÇÃO

1.1 A Aquaponia

O crescimento da população mundial fez com que a demanda de alimentos aumentasse e, associado a isso, torna-se cada vez mais visível um cenário de escassez de água para o atendimento às necessidades agrícolas. Dentro desse contexto, a aquaponia passa a ser uma das possibilidades, visto que, nessa prática, a produção de alimentos é feita com a perda mínima de água e nutrientes (HUNDLEY, 2013).

O termo aquaponia se refere à junção de duas técnicas bastante difundidas: a aquicultura e a hidroponia, processos nos quais a água e os nutrientes ficam em recirculação (HUNDLEY & NAVARRO, 2013). Apesar de ser uma terminologia nova, o conceito da utilização de resíduos e excrementos de peixes para fertilizar plantas existe há milênios, tendo sido implementado por civilizações antigas na Ásia e Américas do Sul (SOMERVILLE *et al*, 2014).

Os povos Astecas desenvolveram uma técnica chamada de *Chinampas* (fig. 1), um tipo de agricultura sobre jangadas produzida com material flutuante sobre os lagos, onde as plantas crescem, retirando do recurso hídrico os seus nutrientes (EMERENCIANO *et al*, 2015).

Figura 1. Representação das *Chinampas*, método de aquaponia rudimentar feita pelos povos Astecas.



Figura adaptada de <https://aztecexplorers.com/>

A aquicultura abrange todos os sistemas de produção de proteína oriundos do cultivo de seres vivos, animais ou vegetais, que possuam total ou parcialmente seu desenvolvimento em ambiente aquático (QUEIROZ *et al.*, 2017; INOUE *et al.*, 2018). Dessa forma, quando se fala em aquicultura, pode-se falar na criação de peixes, crustáceos, moluscos, répteis, anfíbios, plantas e algas.

Na aquicultura se destacam os sistemas de produção em viveiros escavados e tanques-rede, no entanto, existe uma tendência para os sistemas de recirculação ou RAS – *Recirculating aquaculture system* (SOMERVILLE *et al.*, 2014).

Nos sistemas de recirculação, os efluentes¹ produzidos pelos peixes são tratados em filtros mecânicos e biológicos e depois retornam ao tanque de criação (Fig. 2). Racoky e colaboradores (2006) destacam que esses sistemas diferem da aquaponia, pois não possuem plantas para transformar, retirar e utilizar os nutrientes que foram gerados pelos peixes.

Figura 2. Esquema simples de sistema de aquicultura em recirculação. Nesse sistema os efluentes produzidos são tratados em biofiltros e posteriormente retornam ao tanque de criação.

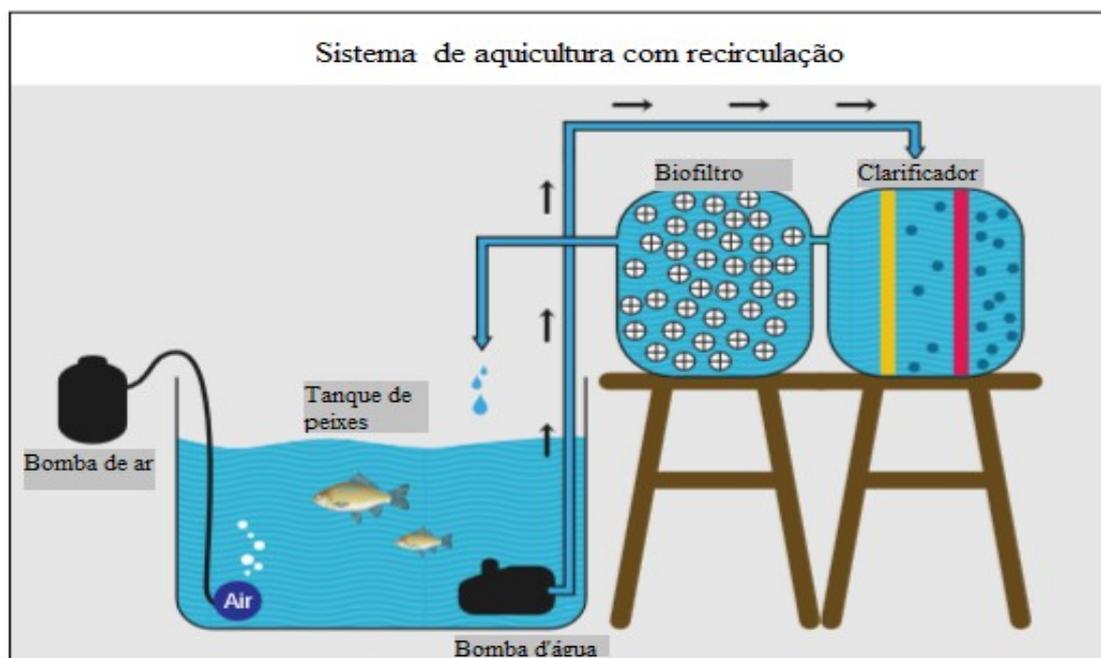


Figura adaptada de Somerville *et al.* 2014.

¹ Efluentes: Fezes e outros metabólitos ricos em nutrientes oriundos do tanque de criação.

De acordo com Simões (2018):

“O termo hidroponia deriva de duas palavras de origem gregas, “hydro” que significa água e “ponos” que significa trabalho. Esta técnica está rapidamente se desenvolvendo como meio de produção vegetal, principalmente de hortaliças sob cultivo protegido em estufas” (Simões, 2018).

A hidroponia (fig. 3) é um método de cultivo de plantas sem solo, usando somente a água e nutrientes químicos (BERNSTEIN, 2011). Na hidroponia, ocorre a recirculação de água, evitando o desperdício se comparado à agricultura tradicional.

Figura 3. Unidade básica de hidroponia. Nesse sistema é preparado um reservatório com água e fertilizantes que ficam em recirculação servindo de nutrientes que crescem sem solo.

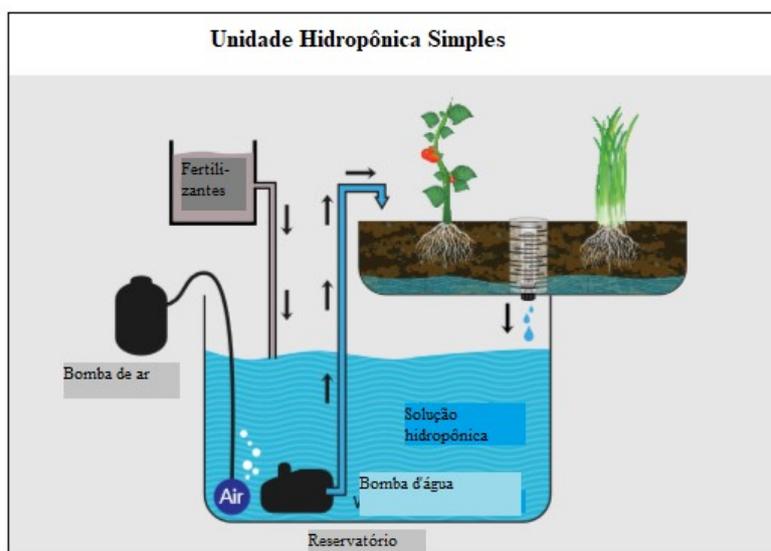


Figura adaptada de Somerville *et al.*, 2014

De acordo com Corrêa (2018):

“O cultivo hidropônico possui diversas vantagens como: a possibilidade de aproveitamento de áreas inaptas ao cultivo convencional, tais como zonas áridas e solos degradados, independência do cultivo às intempéries tais como veranico, geadas, chuvas de granizo, ventos, encharcamentos, e às estações climáticas, permitindo o cultivo durante todo o ano, a redução do uso de mão de obra nas atividades “braçais” tais como, capina e preparo de solo, além das atividades na hidroponia possam ser consideradas mais suaves.”
CORRÊA, 2018.

Dessa forma, a hidroponia tem se mostrado uma técnica bastante interessante e tem ganhado popularidade pelas vantagens apresentadas, de forma que, atualmente, é possível encontrar vegetais produzidos através desse processo em praticamente todos os mercados.

A aquaponia se constitui uma alternativa ao modelo de produção tradicional de alimentos, pois não utiliza o solo. Para isso, é montado um sistema em que os resíduos produzidos pelos peixes são tratados em processos físicos, químicos e biológicos, gerando nutrientes que são aproveitados pelas plantas (LIMA *et. al.* 2015). (Fig.4).

É importante destacar que, nesse sistema, a água fica sempre em um processo de recirculação, economizando o recurso empregado na produção de alimentos. Por todos esses benefícios ambientais, essa técnica tem sido bastante difundida nos países desenvolvidos como modelo de produção de alimentos, tendo em vista sua sustentabilidade (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Figura 4. Processos básicos em aquaponia. Os resíduos produzidos pelos peixes são convertidos por microrganismos em nutrientes para os vegetais que retiram o excesso, “filtrando” a água.



A técnica ainda é pouco difundida no Brasil, tendo pouca literatura sobre o assunto, entretanto há bastante literatura no exterior (HUNDLEY & NAVARRO, 2013). Aos poucos, vem sendo popularizada no Brasil e, atualmente, já é possível encontrar

mais divulgação por meio de cartilhas disponibilizadas pela EMBRAPA (CARNEIRO *et. al.*, 2015; LIMA *et. al.* 2015) e em uma diversidade de vídeos disponibilizados por entusiastas da internet sobre aquaponia de quintal (*Backyard aquaponics*).

É importante ressaltar que a fonte dos vídeos deve ser cuidadosamente analisada, uma vez que o risco da montagem de um sistema com dimensionamentos errados pode gerar mortalidade de peixes, baixa produtividade, além do prejuízo econômico.

1.2 Espécies utilizadas em aquaponia

1.2.1 - Animais

Atualmente, são utilizadas diversas espécies de peixes em cultivos de aquaponia. Hundley (2013) destaca como espécies mais cultivadas: o bagre americano (*Ictalurus punctatus*), achigã (*Micropterus salmoides*), truta (*Oncorhynchus mykiss*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*), carpa comum (*Cyprinus carpio*), perca gigante (*Lates calcarifer*), bacalhau australiano do rio (*Maccullochella peelii*) e tilápia (*Oreochromis sp.*).

No Brasil, Castellani e colaboradores (2009) fizeram um estudo sobre o cultivo de camarão da amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) em aquaponia. Nesse caso, foi realizado um experimento utilizando os efluentes da carcinicultura para o cultivo de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*). Os resultados desse experimento foram bastante promissores, mostrando um ganho na biomassa das plantas se comparado com soluções hidropônicas convencionais.

A espécie de peixe mais utilizada em aquaponia é a tilápia (HUNDLEY & NAVARRO, 2013). Esse peixe é bastante rústico e resistente ao manejo, possui diversas características: suporta variações de temperatura da água; tem alta taxa de crescimento, atingindo seu tamanho comercial (800g a 1,2kg) entre 8 a 12 meses, ausência de espinha em “Y”, além de ser bastante apreciado na culinária (BERNSTEIN, 2011).

1.2.2 - Plantas

Muitas plantas se adaptam bem ao processo de aquaponia. Nos estudos em geral, já foram documentadas mais de 150 espécies de plantas utilizadas em aquaponia (SOMERVILLE *et. al.*, 2014).

Bernstein (2011) destaca que plantas que preferem solos ácidos, ou seja, com pH muito abaixo de 7,0 não crescem bem em aquaponia, visto que a água que recircula nesses sistemas apresenta um pH neutro. Sendo assim, plantas como a azaleas, mirtilos, crisântemos, calêndulas, zinias, entre outras que precisam de solos ácidos, não são recomendadas para cultivo em aquaponia.

Hundley & Navarro (2013) destacam que “o desenho dos sistemas deve observar e relacionar as necessidades e as limitações das plantas escolhidas com o espaço, nutrição, aeração, hidratação, temperatura, radiação solar, dentre outros fatores”. Ou seja, antes da implantação do sistema é importante a pesquisa das características das plantas que se deseja produzir, visando atender todas as suas necessidades, evitando a baixa produtividade ocasionada pelo mau desenvolvimento das plantas.

1.3 As principais técnicas de produção em aquaponia

No Brasil, as principais técnicas de aquaponia utilizadas são:

1.3.1 NFT (Nutrient film technique)

De acordo com a Embrapa (2017), nesta técnica (Figura 5), os tanques de criação são ligados a canaletas de fluxo laminar de hidroponia convencional.

Nesse processo, tanto o volume de água quanto a área de cultivo são relativamente menores que em outros sistemas. Dessa maneira, a área pode ser otimizada usando na forma vertical ou em forma de cascata (SOMERVILLE *et. al.*, 2014).

Figura 05. Sistema de aquaponia NFT.



Fonte: Queiroz, 2017

1.3.2 - DFT (Deep Film Technique)

Nessa técnica (Figura 6), os tanques para criação de peixes encontram-se ligados a tanques retangulares “raceways” providos de placas de isopor para suporte das hortaliças (QUEIROZ, 2017).

Figura 6. Sistema de aquaponia DFT.



Fonte: Queiroz, 2017.

1.3.3 - MBT (Media Bed Technique)

O sistema de produção com substrato é um método mais popular entre os produtores de aquaponia em escala pequena (Figura 7). O substrato utilizado pode ser argila expandida, brita, restos de telhas e tijolos, entre outros.

Por ser um método simples, eficiente no uso do espaço e relativamente de custo baixo, é recomendável para os iniciantes da atividade (SOMERVILLE *et. al.*, 2014).

Figura 7. Sistema simples de aquaponia utilizando cama de cultivo (Media bed technique).



Fonte: Carneiro, 2015.

1.4 - Vantagens e desvantagens da aquaponia

De acordo com Herbert & Hebert, (2008) *apud* Hundley & Navarro (2013), as principais vantagens e desvantagens da aquaponia são:

1.4.1 - Vantagens:

- Utilização de uma quantidade mínima de água;
- Possibilidade de produção em ambientes urbanos, perto dos centros de consumo;
- Aproveitamento integral dos insumos da água e ração;
- Possibilidade de trabalhar com um sistema super intensivo, de alta densidade de peixes e hortaliças;
- Obtenção de produtos de alta qualidade, livres de antibióticos e agrotóxicos;
- Minimização dos riscos de contaminação química e biológica de aquíferos;
- Minimização de introdução de espécies exóticas a aquíferos;

- Licenciamento ambiental facilitado para a produção.

1.4.2 - Desvantagens:

- Dependência contínua de energia elétrica;
- Severas limitações quanto à utilização de agrotóxicos e antibióticos;
- Necessidade de conhecimento em muitas áreas da engenharia, hidráulica, olericultura, veterinária, zootecnia, dentre outras;
- Altos custos de investimento inicial;
- Pouca tecnologia difundida no Brasil;
- Exige mão de obra qualificada e acompanhamento técnico contínuo

2 JUSTIFICATIVA

Nesse contexto, somam-se os grandes desafios dos educadores na educação pública, sendo um deles a busca de novas tecnologias de ensino que motivem os alunos na aquisição de conhecimentos, tornando-se protagonistas no processo de ensino aprendizagem. Ou seja, o cotidiano dos educadores é formado por uma série de questionamentos, tais como: O que pode ser feito para tornar o ensino de Ciências mais estimulante? Como desenvolver um projeto que seja interessante aos alunos e, ao mesmo tempo, contribua para sua formação? Como envolver os alunos no seu processo de aprendizagem? Como contextualizar os conteúdos que estão sendo ensinados? Como tornar o ensino de biologia mais aplicável no dia a dia do aluno?

Enfim, o professor se depara com essas dificuldades no cotidiano, alunos com baixo nível de motivação e conteúdos que estão distantes da realidade de muitos. Aliado a isso, as técnicas de ensino são as mesmas de décadas passadas e, apesar de sua relevância, precisam ter um apoio na prática, principalmente quando se fala em ensino de ciências.

Com isso em mente, a aquaponia surge como uma possibilidade, tanto no processo de produção de alimentos quanto como ferramenta didática para o ensino ativo de diversas disciplinas, bem como instrumento de Educação Ambiental.

Essa técnica pode ser bem-sucedida como um projeto escolar para atividades educacionais, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio (WARDLOW, 2002; HART *et al.*, 2013). Um modelo de sistema e métodos didáticos pode ser útil para desenvolver nos alunos competências a fim de entender a complexidade dos problemas ambientais que enfrentamos, bem como promover senso crítico e humanístico para lidar com essa temática. Também pode ser fonte de experimentos, práticas, sensibilizações, investigações e outros processos que agregam conhecimento aos alunos.

Este trabalho busca na aquaponia essa possibilidade para o ensino de biologia, ou seja, vislumbra a aquaponia como ferramenta didática estabelecendo uma exequibilidade para esse fim, propondo um sistema “simplório” e de baixo custo que possa servir para realização das atividades pedagógicas estabelecidas por duas sequências didáticas com conteúdos de primeiro e segundo anos do Ensino Médio no Distrito Federal.

No Brasil, há escolas trabalhando com aquaponia no Ensino Fundamental, Médio e Superior. Entretanto, é difícil achar trabalhos publicados com relatos, estudos de caso ou descobrir qual metodologia foi aplicada em tais trabalhos. Ou seja, esse trabalho ainda é embrionário e pouco se sabe como está se desenvolvendo.

Dessa forma, há uma lacuna a ser preenchida, ou seja, propiciar mais informação a um arcabouço teórico e metodológico sobre o assunto, a fim de facilitar a divulgação da técnica como instrumento de ensino de biologia a quem busca informação sobre o assunto.

Como será visto no referencial teórico, muitas experiências utilizando a aquaponia como ferramenta didática têm sido publicadas por educadores ao redor do mundo. Professores de diferentes níveis, que vão desde o Ensino Básico, Profissional e Superior têm feito o uso dessa técnica com sucesso, e apesar do desafio encontrado, muitos relatos positivos têm sido feitos a respeito do uso da aquaponia como ferramenta didática.

Dentro desses trabalhos, algumas histórias interessantes sobre as dificuldades apresentadas também são colocadas, por exemplo: O que fazer com o sistema de aquaponia durante os recessos e férias escolares? Quem poderá alimentar os peixes durante os finais de semana?

A maior parte desses desafios já foi relatada na bibliografia e podem orientar um projeto de aquaponia na escola. Também, é difícil pensar como começar um sistema, pois é necessário um nível de *expertise* para iniciar na técnica. Como diria o provérbio, o primeiro passo é sempre o mais difícil, desse modo, é necessário coragem para começar um projeto, no entanto, os resultados têm se mostrado extremamente promissores.

É importante salientar que há dificuldade de recursos financeiros para apoiar projetos na escola. Com a aquaponia não é diferente. Uma vez que se deseja trabalhar com práticas na escola pública, um dos impeditivos é a falta de dinheiro. Com isso em mente, buscou-se simplificar ao máximo, a fim de torná-la viável e que o professor se sinta acolhido em sua dificuldade.

Pelo exposto até aqui, procura-se, através deste projeto, propiciar um recurso didático valioso e elaborar estratégias de ensino que viabilizem o atendimento dos diferentes tipos de alunos na disciplina de biologia, seja em sala de aula, ou de atividades desenvolvidas no próprio sistema de aquaponia, fazendo medições, verificando seu funcionamento, realizando práticas, entre outros.

Ressalta-se que este trabalho não tem a pretensão de colocar um ponto final no assunto. Ao contrário, o intuito é fazer o simples, dando um ponto de partida a um tema relevante que pode apresentar dificuldades e soluções em si mesmo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 - A aquaponia como recurso didático

Nos últimos anos, o uso da aquaponia em sala de aula tem ganhado popularidade em diversos níveis de ensino (WARDLOW, 2002; HART *et al.*, 2013). Seu caráter interdisciplinar desperta interesse, pois para sua implantação são necessários conhecimentos em diversas disciplinas, tais como biologia, física e química.

A utilização de sistemas de aquaponia em sala de aula tem sido referido em trabalhos acadêmicos. Em um estudo realizado por Wardlow e col. (2002), os

professores receberam unidades de aquaponia e atividades a serem desenvolvidas em sala de aula sem custos. Como resultado, os professores tiveram uma percepção extremamente positiva em vários aspectos do projeto de aquaponia e concordaram em sugerir a unidade de aquaponia aos colegas.

Hart e colaboradores (2013) fizeram uma avaliação sobre o uso da aquaponia em sala de aula. Através de entrevistas semiestruturadas com educadores que tinham utilizado a aquaponia em diversos níveis educacionais, foi verificado que a maior parte dos participantes escolheu por flexibilidade, conceitos alimentares, diversão, “aprender fazendo” (*hands on learning*), entre outros motivos.

O estudo também apontou os desafios relacionados ao uso dessa técnica na escola. Por exemplo, os participantes do estudo relataram dificuldades técnicas em desenvolver um sistema que funcionasse bem em diversos aspectos, como no ciclo do nitrogênio, no acesso a financiamento e informação, entre outros.

Outro aspecto relatado pelos participantes foi a preocupação do cuidado com a aquaponia durante as férias ou recessos escolares. Dessa forma, sugeriram desmontar o sistema durante as férias ou encontrar alguém que cuidasse deste durante esse período. As duas soluções apresentariam desvantagens, uma vez que a colheita antecipada de plantas e peixes pode gerar desconforto nos alunos excessivamente ligados. Com relação a custódia do sistema durante as férias, não é garantido que funcionários da escola concordem ou sejam capazes de gerar cuidados adequados ao sistema.

Por fim, desse estudo emergiram algumas diretrizes gerais que podem ser úteis para estabelecer as bases de um projeto educacional de aquaponia: i) Reflita na paixão pela aquaponia em educação e os fatores motivadores da implementação de um sistema de aquaponia educacional; ii) Procure e desenvolva uma comunidade de suporte, incluindo outros educadores, administradores, comerciantes locais, incubadoras de peixes governamentais, universidades e indústria da aquaponia; iii) cultive *expertise* em aquaponia, especialmente através de conexões com a comunidade; iv) Estabeleça um plano e metas para implementação da aquaponia em educação, mas permaneça flexível; v) Explore soluções para férias e recessos no processo de planejamento.

Em outra pesquisa, Genello e colaboradores (2015) fizeram um levantamento online sobre o uso da aquaponia na educação. Os resultados demonstraram que o

público alvo no Ensino Básico (K12²) desses projetos encontraram-se principalmente nas séries finais. Nessas séries, a aquaponia foi utilizada para ensinar uma gama grande de assuntos: aquicultura, agricultura, biologia, química, ciências ambientais, ciências da terra e sistemas alimentares.

Outros resultados importantes foram relatados, como a fonte de assistência técnica. Os participantes relataram que solucionaram seus problemas relacionados à aquaponia utilizando, principalmente, a internet, em fóruns ou comunidades e no YouTube. Os sistemas utilizados foram pequenos, tendo em média 1500 litros de água e ocupando uma área média 19 m². A principal fonte de recurso nessas escolas foi governamental e o valor médio investido foi inferior a 5000 dólares.

Um estudo de caso bastante promissor foi realizado por Sheffield e colaboradores (2015). Nesse estudo, estudantes de 11 a 12 anos tiveram aulas utilizando aquaponia e hidroponia como recursos didáticos e foram comparados com um grupo controle com alunos de 17 anos que não tiveram esse tipo de atividades. Ambos os grupos fizeram um pré-teste e um pós-teste para avaliar seus conhecimentos. Também foram realizadas entrevistas semiestruturadas com pais e professores dos alunos que participaram das aulas com aquaponia e hidroponia.

Os resultados quantitativos foram bastante animadores, mostrando que no pré-teste, tanto os participantes quanto o grupo controle, apresentavam níveis de conhecimento semelhantes. No pós-teste, os participantes apresentaram uma mudança no conhecimento sobre o meio ambiente muito superior aos que não participaram das aulas.

Os achados qualitativos desse estudo revelaram que o grupo de estudantes que participou das atividades mostrou que vários aspectos do currículo foram aprendidos de maneira efetiva. Os alunos também discutiram o currículo com suas famílias e o funcionamento da aquaponia. Esse estudo de caso concluiu que a experiência gerada com o “aprender fazendo” (*hands on learning*) utilizando aquaponia e hidroponia não

² **K-12** (pronuncia-se "k twelve", "k through twelve", or "k to twelve"), é uma expressão norte-americana para designar o intervalo, em anos, abrangido pelo Ensino Primário e Ensino Secundário na educação dos Estados Unidos Glavin, Chris (6 de fevereiro de 2014). «Education in the United States | K12 Academics

teve impacto somente nos estudantes, mas nos professores e nos pais, abrindo espaço para um aprendizado intergeracional.

Mauricieri *et al* (2018) *apud* Junge *et al.* (2019) sugerem quais tipos de aquaponia são adequados para a educação. De acordo com esses autores, qualquer decisão tem que ser feita considerando os limites de orçamento disponíveis, embora seja possível construir um sistema com um baixíssimo custo. Dessa forma, os autores apresentam uma tabela que auxilia no processo de tomada de decisão na hora de montar um sistema de aquaponia na escola (Tabela 1).

Os autores (JUNGE *et al.*, 2019) também apresentam diversos estudos de casos nos ensinos primários, secundários (Médio), vocacional (Técnico) e superior. No ensino secundário, os autores apresentam uma sequência didática realizada na Suíça, onde o professor trabalhou com gramática e aquaponia, tendo como hipótese que a técnica teria influência positiva no pensamento sistêmico nos alunos (*systems thinking*).

Souza (2017) trabalhou em sua tese de mestrado com aquaponia e formação de professores de Ciências no Ensino Fundamental e formação continuada de professores do Ensino Médio.

Em seu trabalho, foi montado um sistema na escola, com o auxílio de alunos do PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência) em uma escola pública no município de Itacoatiara no estado do Amazonas. Os alunos do PIBID desenvolveram atividades de ensino utilizando o sistema de aquaponia na Escola. Por exemplo: Três alunas do PIBID desenvolveram conteúdos de genética, utilizando como exemplo os peixes que estavam no sistema.

Os alunos do PIBID tiveram uma impressão positiva sobre o sistema de aquaponia, pois perceberam a interdisciplinaridade intrínseca ao estudo do sistema. Também vivenciaram como um projeto prático altera positivamente o comportamento dos alunos do Ensino Médio nos momentos de ensino-aprendizagem.

Tabela 1. Diferentes opções de *design* para um aquaponia educacional. A cor verde indica as opções mais adequadas, as opções alaranjadas são menos adequadas, enquanto as opções vermelhas não são adequadas para a maioria dos casos.

Tamanho	Modo operacional do compartimento da aquicultura	Tipo de ciclo de água	Tipo da água	Tipo de sistema hidropônico aplicado	Uso do espaço
Micro sistemas (> 5 m ²)	Extensivo	Sistema de recirculação fechado	Água doce	Camas de cultivo com diferentes mídias	Horizontal
Muito pequeno (5 - 50 m ²)	Intensivo	Sistema de recirculação aberto	Água da chuva	Sistemas <i>Ebb and flow</i>	Vertical
Pequeno (50-200 m ²)			Água salgada	Sacos de cultivo (<i>grow bags</i>)	
Médio (200 - 1000 m ²)				Irrigação drip (<i>drip irrigation</i>)	
Grande (>1000 m ²)				Raft (<i>Deep Water cultivation</i>)	
				NFT (<i>Nutrient Film Technique</i>)	

Fonte: adaptado Mauricieri *et al.* (2018) *apud* Junge *et al.* 2019

Entende-se por sistema intensivo o cultivo de peixes em densidades acima de 10 kg/m³ de água;

Sistemas de recirculação fechados (*closed loop*) depois do componente hidropônico, a água é reciclada para o sistema de aquicultura.

Sistemas de recirculação abertos (*open loop*) após o componente hidropônico, a água não é ou é parcialmente reciclado para o componente de aquicultura

O autor também trabalhou com professores do ensino médio que fizeram propostas de atividades para o uso da aquaponia em sala de aula. Por último, foram implementadas algumas dessas propostas, sendo que os professores avaliaram positivamente a iniciativa de inserir no contexto escolar o uso de projetos para dar suporte à sala de aula. Também ressaltaram o caráter interdisciplinar da aquaponia, uma vez que podem ser trabalhados conteúdos de diferentes disciplinas, como matemática, física, química e biologia.

3.2 - A importância de aulas práticas no Ensino de Biologia e a Metodologia

Investigativa

O ensino de biologia nas escolas públicas no Brasil é, muitas vezes, feito de forma precária. Em boa parte das escolas, não há laboratórios, microscópios, reagentes ou material para a realização de práticas. Além disso, em muitas escolas, esses laboratórios são utilizados por outras disciplinas (BEREZUK & INADA, 2007).

Em termos gerais, privilegia-se o uso de aulas expositivas e a memorização de termos, nomenclaturas e processos pouco contextualizados. Sob esse aspecto, Krasilchik descreve:

“Mesmo com variações, o ensino médio ainda é feito de forma descritiva, com excesso de terminologia sem vinculação com a análise do funcionamento das estruturas. Contribuí bastante para reforçar um ensino teórico, enciclopédico, que estimula a passividade, o exame vestibular que exige conhecimentos fragmentários e irrelevantes.” Krasilchik, 2016

A falta de contextualização e a aprendizagem que privilegia a memorização acaba por tornar a disciplina de Biologia pouco interessante e distante da realidade do aluno. Ressalta-se que essa metodologia tradicional também tem um papel importante no aprendizado do aluno e sua relevância não pode ser descartada a despeito da procura por práticas e outras metodologias.

Dessa forma, Hoftein & Luneta (1982) *apud* Krasilchik (2016) lembra-nos quais as principais funções das aulas práticas, reconhecidas na literatura científica:

- despertar e manter o interesse do aluno;
- envolver os estudantes em investigações científicas;

- desenvolver a capacidade de resolver problemas;
- compreender conceitos básicos;
- desenvolver habilidades.

Não obstante a isso, a experimentação é fonte de contextualização no ensino de biologia, uma vez que motiva a aprendizagem, tornando-a menos enfadonha e promovendo o protagonismo estudantil. Desse modo, a BNCC (2018) traz novidades, ressaltando que é importante “contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas.”

Vários autores destacam a importância das aulas práticas no ensino de ciências (HOFFSTEIN & LUNETTA, 2003). Entretanto, mesmo nas escolas em que é possível ter um laboratório, muitas das práticas são do tipo livros de receitas, no qual o aluno segue um protocolo rígido e o professor dirige a prática indicando como fazer. Ao fim dessas aulas, os resultados obtidos são interpretados pelo professor. De acordo com Gil-Perez (1999), essas práticas automatizadas levam a uma percepção empobrecida da atividade científica.

Portanto, uma atividade experimental precisa buscar mais do que uma prática de laboratório, pois o aluno pode se tornar pouco reflexivo e passivo em um processo pré-determinado. Mais do que isso, é necessário sair desse lugar comum de reprodução de conhecimentos, propiciando aos alunos a capacidade de estabelecer ou resolver problemas, planejar seus métodos, ações e procedimentos, buscar materiais e meios para a coleta de dados e colocar em teste suas hipóteses. Ademais, é necessário que os alunos sejam capazes de reconhecer as variáveis e busquem fontes confiáveis de informação a fim de interpretar seus dados, buscando suas próprias conclusões. De acordo com Valdez (2017), essas condições pedagógicas podem ser alcançadas por meio da realização de atividades experimentais investigativas.

Desse modo, Gil-Perez e Valdes Castro (1996) destacam que as atividades de investigação necessitam apresentar as seguintes características: i) apresentar situações-problema em um nível de dificuldade adequado à zona de desenvolvimento potencial dos educandos; ii) Favorecer a reflexão dos alunos sobre a relevância das situações-

problema; iii) Possibilitar a emissão de hipótese como procedimento indispensável à investigação científica; iv) Proporcionar a elaboração de um planejamento da atividade experimental; v) Contemplar as implicações CTS do estudo realizado; vi) proporcionar momentos para comunicação do debate das atividades desenvolvidas; vii) potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico.

Mais do que um conjunto de ações, a abordagem investigativa não deve ser resumida em um conjunto de passos a serem seguidos, tampouco se deter a experimentação em sala de aula. De acordo com a BNCC (2018):

“A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nessa etapa da escolarização ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental. Dessa maneira, intensificam-se o diálogo com o mundo real e as possibilidades de análises e de intervenções em contextos mais amplos e complexos, como no caso das matrizes energéticas e dos processos industriais, em que são indispensáveis os conhecimentos científicos, tais como os tipos e as transformações de energia, e as propriedades dos materiais. Vale a pena ressaltar que, mais importante do que adquirir as informações em si, é aprender como obtê-las, como produzi-las e como analisá-las” (BRASIL, 2018, p.551).

Um dos aspectos mais importantes em qualquer investigação é a problematização ou a situação que se deseja resolver. Desse modo, Briccia (2013) descreve:

“ A problematização é algo muito importante dentro da Ciência. A existência de um problema é o mote de propulsão do conhecimento. Como explicamos os dias e as noites e as estações do ano? Como funciona nosso corpo? Como podemos fazer para nos proteger de doenças? Como explicamos as marés? São questões que motivam o homem a construir conhecimento há muitos anos!” BRICCIA, 2013, p. 115

Destarte, a partir de um problema a ser resolvido, surge a Ciência, com suas diversas metodologias, gerando uma enormidade de conhecimento numa infinidade de áreas. Ressalta-se que a construção científica não é acabada, ou seja, muitas “verdades” científicas podem ser efêmeras à luz de novas evidências.

Entretanto, não se tem a pretensão de construir conhecimento científico no Ensino Fundamental, mas de trabalhar características epistemológicas ou da construção

do conhecimento científico de modo semelhante, construindo no estudante alguns aspectos de uma cultura científica inserida no cotidiano dele.

A tabela a seguir mostra algumas sugestões para trabalhar cultura científica no Ensino Básico.

Tabela 2. O trabalho implícito com aspectos do conhecimento científico em sala de aula.

Na Ciência	Na Escola
Situação problema aberta, que pode ter sua origem em outras investigações, necessidades pessoais, tecnológicas, etc.	Proposição de uma situação-problema para ser investigada, geralmente já elaborada pelo professor.
Construção de Hipóteses para serem contrastadas. Elaboração de estratégias de contrastação, incluindo, se necessário, planejamento e realização de experimentos.	Construção de hipóteses, teste dessas hipóteses. Reformulação de hipóteses, observação de variáveis.
Interpretação dos resultados, a partir de hipóteses, dos conhecimentos teóricos e dos resultados de outras investigações.	Interpretação dos resultados, discussão do que foi observado, o que pode demandar relações com outros resultados e/ou novas análises e hipóteses.
Lado humano e vivo da Ciência, relacionado a aspectos sociais e políticos e à sociedade e tecnologia.	Estabelecimento de relações entre disciplinas e conhecimentos.
Comunicação do trabalho realizado: encontros, intercâmbios, artigos, congressos.	Comunicação do trabalho em relatórios, discussão entre estudantes e professores. Com uso de argumentação, escrita com destaque para o lado social da construção do conhecimento.

Fonte: Adaptado de Briccia (2013).

Acredita-se que o trabalho do professor de Biologia, assim como a das demais áreas do conhecimento científico, possa impactar na formação do indivíduo reflexivo, relacionando a Ciência com o seu cotidiano. Ainda, o ensino por investigação não deve limitar-se aos conteúdos e temas distintos, presentes nos componentes curriculares, pois pode ser implantado de diversas formas em diferentes áreas do conhecimento, podendo abordar aspectos ligados ao trabalho, questões morais, éticas, entre outros (SASSERON, 2011).

Conforme aponta a literatura, o uso de aulas práticas e da metodologia investigativa tem o potencial de auxiliar os estudantes na construção de uma cultura científica, ampliando sua capacidade de investigar temas, levantar hipóteses e testá-las, compartilhar o conhecimento, abrir-se a críticas, entre outras habilidades.

3.3 - O planejamento pedagógico: O uso de sequências didáticas

Neste trabalho optou-se por trabalhar duas sequências didáticas no contexto da aquaponia, sendo que uma foi elaborada com conteúdo de biologia para o primeiro ano e a outra para o segundo ano do Ensino Médio.

Uma das definições mais utilizadas de sequência didática é a de Zabala (1998). Segundo o autor, “são um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores quanto pelos alunos”.

De modo semelhante, Perrenoud (2000) descreve que “uma situação de aprendizagem se inscreve em um dispositivo que a torna possível e, às vezes, em uma sequência didática na qual cada situação é uma etapa em progressão”.

Em ambas as visões, numa sequência didática, as atividades se inscrevem em uma sequência lógica, linear, com etapas de aprendizagem, de modo que uma atividade é necessária para que se realize a subsequente. Oliveira (2013) apresenta um conceito de sequência didática como “um procedimento simples que compreende um conjunto de atividades conectadas entre si, e prescinde de um planejamento para delimitação de cada etapa e/ou atividade para trabalhar os conteúdos disciplinares de forma integrada para uma melhor dinâmica no processo de ensino-aprendizagem”.

Essa última definição parece adequar-se melhor no caso das sequências didáticas propostas por este trabalho, que tem uma temática e conteúdos de biologia integrados entre si. Entretanto, falar em linearidade é difícil em um projeto que pressupõe a aplicação do conteúdo disciplinar, uma vez que problemas podem surgir a qualquer momento, suscitando novas pesquisas ou a realização de práticas que já foram feitas, com um olhar diferente. Por exemplo, quando falamos em aquaponia, o aluno pode ter feito uma determinada medição em uma aula, tal como o pH e ter que refazer essa

prática em virtude de algum problema no sistema, como um comportamento anormal nos peixes ou a mudança na cor dos vegetais produzidos.

De acordo com Stroqui e Trivelato (2013), as principais características para uma sequência didática com a destinação do ensino de Ciências são: “participação ativa dos alunos, uso de um problema autêntico como ponto de partida, conceitos científicos como foco da aprendizagem, produção de textos escritos, atividades com fechamentos definidos em cada aula e professores atentos aos aspectos da linguagem e do conhecimento científico”.

Dessa forma, em ambas as sequências, o início se deu a partir da problemática ambiental, sendo que na primeira sequência o ponto de partida foi o consumo e desperdício de água, e na segunda a questão das bactérias, que são vitais para a manutenção da vida na Terra. A partir daí, as sequências tomaram forma conforme os objetivos previamente delimitados, tendo como base o currículo em movimento do Distrito Federal, documento que orienta os conteúdos a serem ministrados de acordo com a série/etapa do Ensino Médio no Distrito Federal.

4 OBJETIVO GERAL

O presente projeto visa desenvolver ações pedagógicas com o uso da aquaponia, bem como avaliar seu uso no ensino de biologia no Ensino Médio.

5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar um guia para montagem de um sistema de aquaponia no ambiente escolar;
- Produzir planos de aula na forma de uma sequência didática, envolvendo a aquaponia e os conteúdos do ensino médio em Biologia;
- Submeter às sequências didáticas produzidas para avaliação de professores de Biologia;
- Investigar o uso da aquaponia e de técnicas de horticultura e/ou hidroponia por professores de Biologia em suas aulas.

6 METODOLOGIA

6.1 O material produzido

O material produzido foi chamado “Proposta para implementação da aquaponia no ambiente escolar através de sequências didáticas para o ensino de biologia”. O produto foi estruturado em duas partes distintas: i) Proposta para construção de dois pequenos sistemas de aquaponia na escola; ii) Proposta de duas sequências didáticas com conteúdos de primeiro e segundo ano adaptados a um projeto de aquaponia escolar (Apêndice 2).

Logo após a produção do material, foi feita a distribuição das sequências didáticas para professores de biologia do ensino médio, a fim de serem submetidas à análise através de questionário utilizando formulários do Google (*google forms*) – Apêndice 3.

6.2 Os sistemas de aquaponia propostos

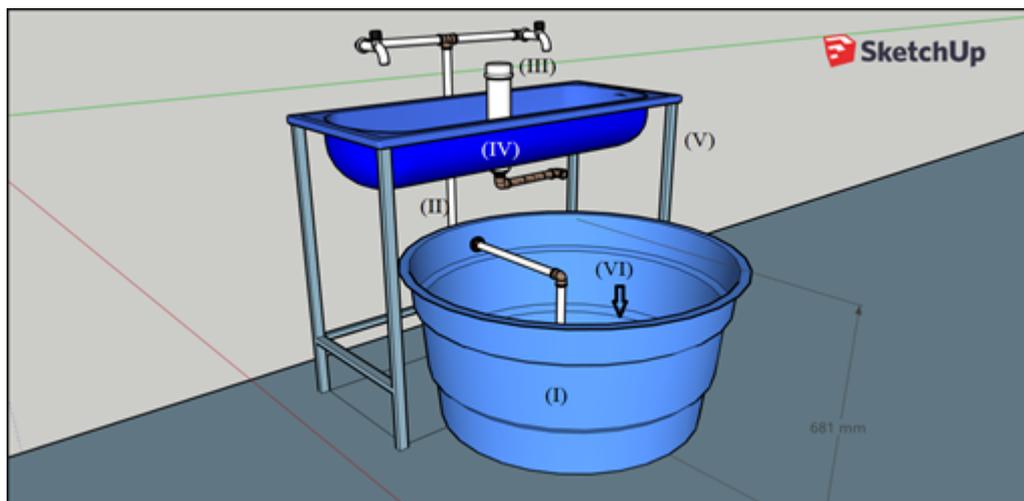
Foram propostos dois sistemas pequenos de aquaponia para o trabalho na escola com as sequências didáticas. Alguns critérios foram estabelecidos para a produção desses sistemas, sendo que a redução do custo inicial para implantação foi fundamental para essa proposta.

Outro critério adotado foi a facilidade de manutenção e manejo dos sistemas. Conforme apresentado anteriormente, a tabela 2 adaptada Mauricieri et al. (2018) *apud* Junge et al. (2019) orientou a proposta desses sistemas, ou seja, pensou-se em algo que qualquer professor de biologia, independentemente de sua experiência com o tema, pudesse implementar em sua escola a fim de trabalhar com esse processo, por isso, considera-se que são sistemas para iniciantes na aquaponia

O primeiro sistema utiliza uma caixa d’água de 250 litros como compartimento para criação dos peixes e uma cama de cultivo utilizando um comedor do tipo coxo para gado de aproximadamente 100 litros (figura 08). Dentro desse sistema, optou-se por fazer o processo de sifonagem utilizando um sifão do tipo “sino” (Sifão Bell). A bomba submersa fica localizada dentro do tanque de peixes e a água flui para a tubulação de entrada até a cama de cultivo de plantas. Uma vez que o compartimento das plantas fica

cheio de água, ocorre o processo automático de descarga através do sifão retornando ao tanque de peixes (caixa d'água). O sistema de hidroponia é de cama de cultivo com diferentes mídias (argila expandida e brita) e o uso do espaço horizontal (Figura 8).

Figura 08. Componentes do sistema 01. Em: (I) Caixa d'água de 250l que servirá como tanque de criação dos peixes; (II) Tubulação de entrada da água; (III) Sifão do tipo “bell” ou sino; (IV) Cama de cultivo das plantas feita com comedouro de gado, (V) Bancada de sustentação feita de tubo metalon; (VI) Bomba submersa localizada no “tanque de peixes”.



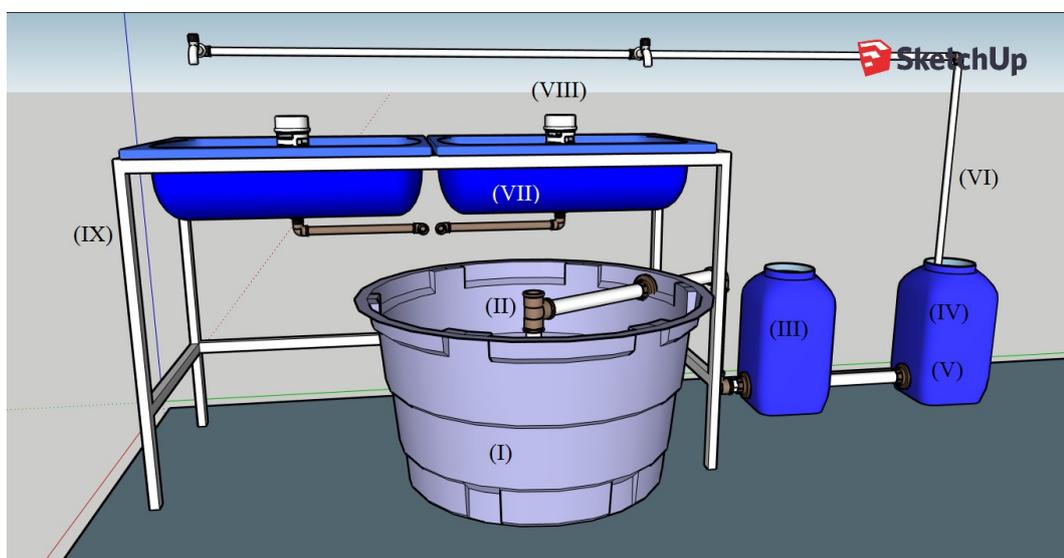
Fonte: André Toledo – Thauon aquaponia

.Outro documento que orientou a implantação desses sistemas é o folheto da Embrapa (2015) - Aquaponia: Uma alternativa de diversificação na aquicultura e horticultura familiar do Amapá. A partir desse folheto, foram propostos os dois sistemas, sendo que um é mais simples que o modelo da Embrapa, uma vez que não apresenta um sistema de decantação.

O segundo sistema é bem parecido com o do folheto, com a diferença da capacidade do tanque de peixes e o número de compartimentos para tratamento e coleta de resíduos sólidos. Dessa forma, foi montado um sistema utilizando a MBT (*media bed technique*) com 2 compartimentos sendo o primeiro um decantador (clarificador) e o segundo um sump. Este foi montado em uma caixa d'água de 500 litros, dois tambores de 75 litros e um comedouro do tipo coxo para gado como cama de cultivo de aproximadamente 90 litros cada um, utilizando argila expandida e brita como substrato. O sistema de sifonagem foi do tipo Bell ou sino. Ressalta-se aqui que os suportes para

as camas de cultivo de plantas em ambos os sistemas foram montados sobre uma estrutura metálica feita por um profissional de serralheria (Figura 9).

Figura 09. Componentes do sistema 02. Em: (I) Caixa d'água de 500l que servirá como tanque de criação dos peixes; (II) *Overflow* para drenagem de resíduos sólidos do fundo do tanque de peixes; (III) Decantador para coleta de resíduos sólidos; (IV) “Sump”, (V) Local onde fica a bomba submersa no interior da bombona; (VI) Tubulação de entrada de água; (VII) Cama de cultivo de plantas; (VIII) Sifão do tipo bell ou sino; (IX) Bancada de sustentação para cama de cultivo.



Fonte: André Toledo – Thauon aquaponia

Uma vez montados os sistemas, as fotos e dimensões foram passadas ao desenhista André Toledo, que fez as ilustrações utilizando o programa *Sketchup*, formando uma modelagem em 3D dos sistemas. Esse trabalho foi de grande importância, pois permite a visualização de todas as partes dos sistemas propostos, o que facilitará a qualquer professor que tenha interesse de replicá-lo para os mesmos fins.

6.3 As sequências didáticas propostas

No Distrito Federal, o documento oficial que norteia os conteúdos a serem vistos no Ensino Médio é o Currículo em Movimento. Apesar de a Base Nacional Curricular já estar em vigor, o documento encontra-se em fase de implementação no Distrito Federal, sendo que a previsão é que ocorra até 2022.

Desse modo, para a construção das duas sequências, tomou-se como referência o documento anterior. Ressalta-se que as sequências não perdem sua validade, uma vez que tenha sido feita a alteração do documento que norteiam os conteúdos, pois essa pequena adaptação influenciará no sucesso do projeto.

Para as sequências de 1º Ano, foram escolhidos os seguintes conteúdos:

- a) Conteúdos Estruturantes: Bioquímica, Ciclos biogeoquímicos, Educação Ambiental;
- b) Conteúdos Básicos: Propriedades da água, pH e tampões, ciclos do nitrogênio e agricultura sustentável.

Conteúdos Específicos:

- Capilaridade;
- Tensão superficial;
- Adesão/Coessão;
- pH e tampões;
- Ciclos Biogeoquímicos – Ciclo do Nitrogênio;
- Educação ambiental – agricultura sustentável.

Uma vez escolhidos os conteúdos, foi o momento de buscar os objetivos a serem alcançados com o desenvolvimento das aulas, de modo a orientar quais atividades, práticas e metodologias seriam mais adequadas para atingi-los. Ressalta-se que não foi escolhida apenas uma metodologia, com algumas aulas teóricas, outras práticas e algumas com uma abordagem mais investigativa. Assim sendo, buscou-se integrar diferentes modalidades, em reconhecimento à importância de todas no dia a dia do professor.

Foram estabelecidos os seguintes objetivos da aprendizagem:

- Relacionar as principais propriedades da água.

- Compreender a importância das propriedades da água para os fenômenos biológicos.
- Identificar as propriedades da água em experimentações práticas.
- Medir o pH em um sistema de aquaponia.
- Discutir a importância do pH para a sobrevivência de peixes e bactérias.
- Ressaltar a importância das bactérias no ciclo do nitrogênio.
- Discutir os parâmetros da água necessários para a sobrevivência dos peixes, plantas e bactérias.
- Identificar práticas sustentáveis de cultivo de plantas e peixes.

Foi avaliado, também, o tempo e as atividades que poderiam ser feitas no projeto. Tomando como base o número de aulas de biologia por semana no Distrito Federal, totalizou-se duas semanas de trabalho exclusivo, ou seja, oito aulas de 50 minutos cada uma. Por fim, a proposta de trabalho da sequência foi montada em um cronograma (Tabela 4).

Em relação à sequência didática para o 2º Ano, foram elencados os seguintes conteúdos:

Conteúdo Estruturante: A diversidade dos seres vivos.

Conteúdo Básico: Os moneras, animais vertebrados (peixes) e plantas.

Conteúdos Específicos:

- Características gerais, reprodução, nutrição e respiração das bactérias;
- As características dos peixes, evolução e classificação desse grupo e modo de vida desses animais (nutrição, fisiologia e reprodução);
- Características gerais das plantas (angiospermas), nutrição das plantas (macro e micronutrientes) e fotossíntese;
- Agricultura sustentável.

Tabela 3. Cronograma da sequência didática para o 1º ano.

	Atividades Propostas	Materiais	Avaliação
Aula 1. O uso da água. Apresentação do sistema de aquaponia	Leitura de Texto Didático; Discussão em sala de aula sobre os usos da água; Apresentação do sistema de aquaponia.	Texto didático; Sistema de aquaponia em funcionamento; Quadro branco; Pincéis para quadro branco.	Participação nas leituras e na discussão em sala de aula
Aulas 2 e 3. Aula prática sobre propriedades da água	Organização da turma em grupos; Leitura e explicação dos protocolos de experimentos; Realização dos experimentos; Discussão dos resultados.	Protocolos dos experimentos; Água, areia, corante de alimentos, copos plásticos, balões de festa, purpurina, detergente, 2 copos de água (vidro) e flor branca (cravo).	Participação nas atividades em grupo e nas discussões da aula.
Aula 4. Definição e Medição do pH no sistema de aquaponia, Abordagem Investigativa	Verificação dos conhecimentos prévios dos alunos; Problematização; Medição do pH e do KH; Análise e discussão dos resultados e conclusão.	Datashow, notebook, Sistema de aquaponia; Kit de medição de pH; Quadro branco e pincéis.	Participação e interação dos alunos nas discussões da aula. Elaboração de relatório sobre a aula por grupo.
Aulas 5 e 6. Ciclo do Nitrogênio, aula teórica e prática	Apresentação de slides em sala de aula; Esclarecimento de dúvidas; Medição dos parâmetros da água (temperatura, pH, amônia, nitrito e nitrato); Análise e discussão dos resultados.	Data show, notebook; Texto didático; Sistema de aquaponia; Termômetro, kits para medição do pH, amônia, nitrito e nitrato .	Participação e interação dos alunos nas discussões da aula.
Aulas 7 e 8. Produção de defensivos agrícolas caseiros (calda de pimenta) * abordagem investigativa	Problematização – Uso de agrotóxicos Entrega de protocolo de experimento e produção de calda de pimenta; Aplicação da calda de pimenta; Discussão e conclusão	Texto didático, Sistema de aquaponia; Ingredientes para elaboração da calda de pimenta (protocolo de aula prática).	Participação e interação dos alunos nas práticas e discussões da aula; Elaboração de relatório em grupo.

Posteriormente, estabeleceu-se os seguintes objetivos da aprendizagem:

- Cultivar e visualizar o desenvolvimento de seres microscópicos;
- Estabelecer relações entre seres vivos microscópicos unicelulares (bactérias) e seres macroscópicos (peixes e plantas);
- Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos;
- Identificar características morfológicas e fisiológicas dos peixes;
- Discutir parâmetros biológicos importantes para a vida dos peixes na água;
- Identificar características gerais das plantas, sua fisiologia e nutrição;
- Observar relações ecológicas entre as espécies observadas no sistema de aquaponia.

Em relação ao tamanho e duração da sequência, também foi proposta uma sequência, com oito aulas de 50 minutos, e posteriormente montado o cronograma (Tabela 5).

6.4 A Análise das sequências didáticas

Uma vez produzidas as sequências, foi elaborado um questionário para ser respondido *on-line* utilizando a plataforma *Google Forms*. Esse questionário apresentava uma pequena caracterização dos participantes, todos professores de biologia, em relação à sua formação, tempo de docência, entre outras.

As perguntas foram elaboradas com base no trabalho de Hill e Hill (1998). Ao todo, foram propostas 16 questões objetivas e 8 questões discursivas, sendo que algumas não eram de respostas obrigatórias. A maior parte teve como proposta investigar o uso de projetos como hortas e hidroponia no Ensino de Biologia pelos participantes e analisar as sequências didáticas produzidas.

As duas sequências didáticas foram submetidas à apreciação por professores de Ensino Médio que trabalham em escolas públicas dos estados de Goiás, Minas Gerais, Tocantins, Maranhão e do Distrito Federal. Ao todo, 13 professores responderam o questionário *on-line*, elaborado e disponibilizado através da ferramenta *Google Forms*. Os questionários continham, em sua maioria, questões objetivas do tipo múltipla escolha de caráter obrigatório e algumas questões discursivas de caráter opcional.

Tabela 04. Cronograma para a sequência didática para o 2º ano.

Aula	Atividades Propostas	Materiais	Avaliação
Aula 1. Reino Monera, aula prática experimental – coleta e cultivo de bactérias	<p>Apresentação oral;</p> <p>Divisão da turma em grupos;</p> <p>Entrega e explicação do protocolo experimental;</p> <p>Coleta de bactérias;</p> <p>Aguardar os resultados e discutir o experimento.</p>	<p>Data show, slides com pequena apresentação Power Point;</p> <p>Sistema de aquaponia;</p> <p>Copos plásticos com tampa, ágar, cotonetes.</p>	<p>Elaboração de relatório da aula prática. O relatório deverá conter: uma introdução breve sobre o Reino Monera, descrição da metodologia utilizada, anotação dos resultados e discussão.</p>
Aula 2. Biologia de peixes – aula dialogada.	<p>Apresentação oral sobre as principais características dos peixes e sua fisiologia;</p> <p>Esclarecer dúvidas de alunos.</p>	<p>Datashow, notebook, livro didático, quadro branco e pincel.</p>	<p>Participação e interação dos alunos nas discussões da aula. Trabalho individual sobre os peixes;</p>
Aula 3. Aula prática – Aclimação de peixes no sistema de aquaponia.	<p>Dividir os alunos em grupos;</p> <p>Entrega, leitura e explicação dos protocolos;</p> <p>Entrega dos materiais;</p> <p>Discussão durante a aula.</p>	<p>Sistema de aquaponia e alevinos de Tilápia no Nilo.</p>	<p>Participação e interação no momento da aula.</p>
Aula 4. Medição do Oxigênio dissolvido na água – aula prática com abordagem investigativa.	<p>Leitura de texto didático;</p> <p>Divisão da turma em grupos;</p> <p>Entrega e explicação do protocolo experimental;</p> <p>Análise e discussão dos resultados.</p>	<p>Sistema de aquaponia, testes de oxigênio dissolvido, termômetro de aquário, texto didático.</p>	<p>Tarefa extraclasse apresentar um relatório em dupla sobre a prática, os resultados obtidos e a discussão feita em sala de aula.</p>
Aulas 5 e 6. Fotossíntese – Abordagem investigativa	<p>Análise dos conhecimentos prévios e problematização;</p> <p>Entrega do protocolo experimental e materiais;</p> <p>Análise dos resultados e discussão.</p>	<p>Data show, pincéis de quadro branco, vidros de maionese, bicarbonato de sódio e mudas de <i>Elodea sp.</i></p>	<p>Participação e interação no momento da aula;</p> <p>Anotações feitas no caderno e apresentação oral dos resultados.</p>

Aula 7. Métodos de plantio – aula prática

Dividir os alunos em grupos;
Distribuição dos materiais aos alunos;
Leitura do texto didático;
Plantio de mudas de manjeriço.

Sistema de aquaponia, estacas de manjeriço, mudas de manjeriço previamente preparadas em solução aquosa com raízes e texto didático.

Participação e interação no momento da aula; Produção do relatório em grupo.

Aula 8. Fertilização do sistema de aquaponia. Aula com abordagem investigativa.

Leitura de texto, análise dos conhecimentos prévios;
Problematização.
Divisão dos alunos em grupo;
Discussão.

Computador com internet, sistema de aquaponia, cascas de ovo, restos de carvão.

Participação e interação no momento da aula; Produção do relatório em grupo.

As respostas objetivas foram analisadas de forma quantitativa enquanto as discursivas foram analisadas de modo qualitativo. Em relação à análise qualitativa, foi realizada uma categorização das respostas a fim de realizar uma “organização de todo material, dividindo em partes, relacionando essas partes e procurando identificar tendências e padrões relevantes” (LUDKE; ANDRÉ, 2018, p.53).

Também, foi levado em conta aspectos como a linguagem, a adequação do conteúdo à série, entre outros. Por último, abriu-se espaço para que os professores em questão fizessem sugestões e críticas à sequência didática. Algumas dessas críticas foram importantes para uma modificação em alguns aspectos da sequência, como a avaliação de algumas atividades.

6.5 Aspectos éticos da pesquisa

A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Brasília, com o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAEE) número 20017919.9.0000.0030. Somente após a aprovação pela entidade, houve a coleta dos dados.

Todos os professores e professoras participantes da pesquisa foram esclarecidos sobre os objetivos e meios de coleta. Aqueles ou aquelas que desistiram de sua participação da pesquisa puderam fazê-lo.

Por último, os professores assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A identidade e confidencialidade das informações foram preservadas para garantir o anonimato.

7 Resultados e Discussão

7.1 Descrição e análise dos sistemas de aquaponia

Conforme citado anteriormente, foram produzidos dois microssistemas de aquaponia que pudessem servir para o desenvolvimento das sequências didáticas com os alunos em

contato direto na escola. A análise dos sistemas produzidos foi realizada com base na literatura específica, ou seja, nos documentos que orientaram sua montagem.

Ambos os sistemas são considerados microssistemas de acordo com a classificação de Mauricieri *et al* (2018) *apud* Junge *et. al.* (2019), pois ocupam uma área menor que 5m². É importante ressaltar que a tabela proposta por esse autor (Tabela 2) serviu de referência para a produção dos microssistemas..

O primeiro sistema é simples e de baixo custo, podendo ser montado com um investimento de aproximadamente quinhentos reais em um pequeno local na escola. Sua montagem e desmontagem é simples, tornando-o de fácil transporte para feiras de ciências.

Os peixes que foram criados são alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e Carpa Koi (*Cyprinus sp.*). Estes peixes são bastante rústicos e sua criação em pequenos ambientes é fonte de muitos estudos na literatura científica.

As plantas cultivadas foram: “cebolinha”, erva cidreira e manjeriço. Todas estão se adaptando ao processo de aquaponia e se desenvolvendo bem. É importante dizer que esse sistema requer manutenção semanal, uma vez que acumula resíduos no fundo pela falta de decantação, o que pode comprometer a qualidade da água.

O sistema é mais complexo que o anterior, ocupa uma maior área e sua montagem e desmontagem é trabalhosa, não sendo indicada para feiras de ciências (Figura 09).Esse sistema encontra-se montado na escola, mas não está produtivo devido à interrupção das aulas presenciais do ano letivo de 2020. Desse modo, não foi ainda testado com alunos, entretanto, já se mostrou funcional em alguns testes realizados.

O custo de montagem de um sistema como esse varia de setecentos a mil reais, dependendo da variação de preços de um local para outro. Apesar desse investimento consideravelmente alto, esse sistema requer uma menor manutenção em relação ao anterior, uma vez que possui drenagem dos resíduos do fundo do tanque de peixes através de um *overflow* e um decantador para resíduos sólidos. Dessa forma, evita-se ter que fazer a sifonagem de modo manual para retirada desses resíduos, tornando mais simples sua manutenção. Uma outra vantagem é a permissão da criação de uma maior quantidade de peixes e plantas, facilitando o trabalho com uma turma de alunos.

Conforme apresentado na figura 9, nesse sistema a água flui do tanque de peixes para um decantador, por meio de um *overflow* que coleta os resíduos do fundo do tanque de peixes que são conduzidos a um clarificador ou decantador, acumulando-se no fundo desse compartimento. Logo após essa água passa para o *sump*, onde flui com o auxílio de uma bomba submersa por um encanamento até as camas de cultivo. Nas camas de cultivo completa-se o ciclo de retirada das impurezas da água, uma vez que ocorre um processo de filtração mecânica e biológica devido ao substrato colocado (argila e brita). As raízes das plantas também participam desse processo aproveitando esses resíduos em seus processos de nutrição.

Todos os detalhes da montagem e dos materiais que foram utilizados, como tubos, conexões, torneiras, bomba de imersão, entre outros encontram-se no material produzido (anexo 2).

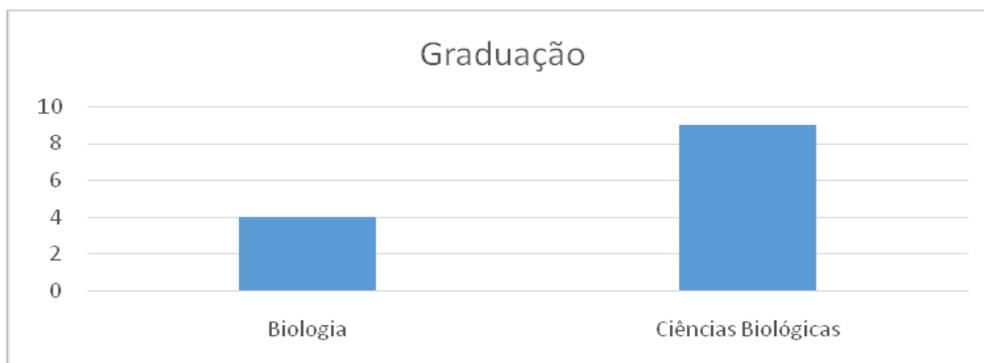
7.2 O questionário

O questionário buscou fazer uma breve caracterização dos professores participantes da pesquisa, investigar o uso de projetos com horta ou hidroponia na escola, o apoio que é dado a esse tipo de trabalho pelas equipes gestoras da escola, entre outras. Também avaliou o potencial das sequências didáticas, para o trabalho com um projeto de aquaponia na escola. Nessa parte, o questionário buscou verificar a adequação dos conteúdos desenvolvidos à série, a linguagem utilizada nos experimentos, a metodologia desenvolvida, entre outras questões pertinentes. Por último, abriu-se, em uma questão discursiva, espaço para críticas e sugestões, sendo que algumas foram utilizadas na versão final das sequências didáticas.

Os dados obtidos foram analisados de forma quantitativa e qualitativa, no caso das questões discursivas.

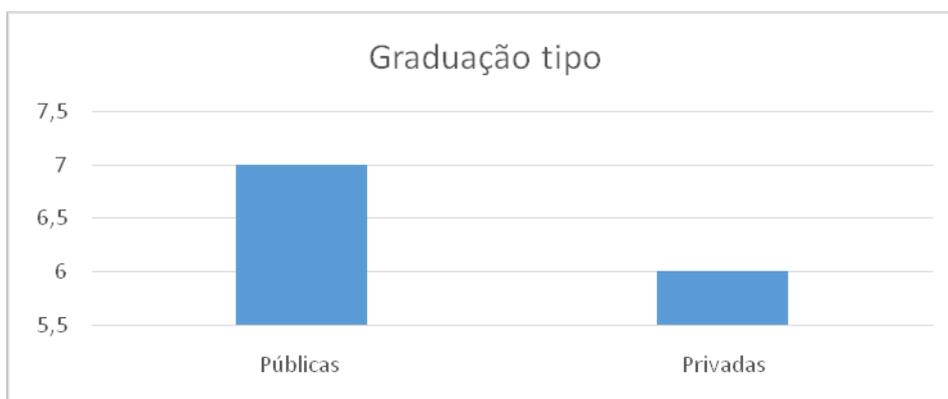
7.3 Caracterização dos participantes do questionário

Todos os participantes do questionário da pesquisa são formados em Biologia ou Ciências Biológicas. Ressalta-se que a nomenclatura define o mesmo curso, que dá direito a lecionar biologia para turmas de ensino médio (Figura 10).

Figura 10. Curso de graduação

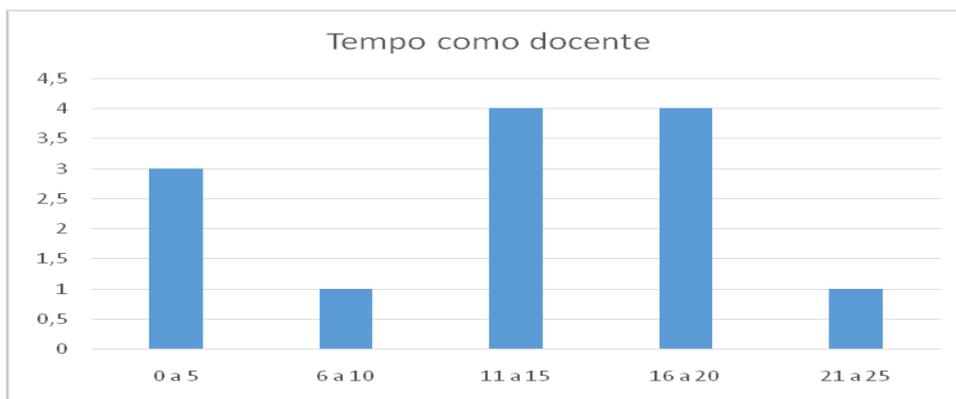
A maior parte dos participantes da pesquisa são egressos de cursos de graduação ofertados por instituições públicas de ensino superior (Figura 11).

Com relação ao tempo de formação, os professores que participaram da pesquisa apresentam um tempo de formação em um espectro que varia de recém formados até professores com uma longa trajetória de tempo de formação (Figura 12).

Figura 11. Tipo de instituição em que ocorreu a graduação**Figura 12. Tempo de conclusão**

Em relação ao tempo como docente, vê-se participantes que possuem pouca experiência até professores com um longo percurso na educação, com mais de 15 anos de trabalhos prestados (Figura 13).

Figura 13. Tempo como docente



Conforme mostram as figuras, todos os participantes são formados em Biologia ou Ciências Biológicas, sendo que a maior parte se formou em instituições públicas de Ensino Superior. O tempo de formação dos professores variou desde os que possuem pouco tempo de formação, até professores que se formaram há bastante tempo, ou seja, mais de 20 anos. Da mesma forma, viu-se um espectro grande com relação ao tempo de atuação como docente, sendo que a maioria dos participantes da pesquisa, nove indivíduos, são bastante experientes, com mais de 10 anos de docência.

7.4 Investigação do uso de projetos como aquaponia, hortas ou hidroponia

A partir dessa caracterização inicial dos participantes da pesquisa, foi realizada uma investigação sobre o uso de projetos com características parecidas, tais como: hortas ou hidroponia.

Na primeira questão foi solicitado aos participantes que informassem se já tinham trabalhado com projetos semelhantes, ou seja, hortas ou hidroponia na escola (Figura 14).

Figura 14. Você trabalha ou já trabalhou com hortas escolares ou hidroponia na escola?



Nessa questão, verificou-se que a maior parte dos participantes (61,5%) não fez uso de projetos com horticultura ou hidroponia na escola. Entretanto, esse tipo de projeto é comum e cumpre um importante papel na formação dos estudantes, seja como ferramenta no ensino de matérias específicas ou como instrumento de Educação Ambiental.

De acordo com Moura e colaboradores (2019):

“A horta escolar, além de fornecer elementos para a discussão de conceitos científicos, é um projeto que: i) favorece o trabalho cooperativo entre estudantes, professores, funcionários da escola e comunidade, ii) promove estudos, pesquisas, debates e atividades sobre questões ambientais, alimentares e nutricionais e iii) estimula o trabalho pedagógico dinâmico, participativo, inter e transdisciplinar, gerando aprendizagens múltiplas” Moura *et. al*, 2019.

É importante investigar qual cenário desmotiva ou desestimula o trabalho com projetos que são fontes de práticas e diversificação das práticas de aprendizado. Para isso, algumas das perguntas posteriores visam entender qual o cenário ocorre dentro das escolas, ou seja, o que leva o pouco uso de recursos que podem ser importantes para que ocorram múltiplas aprendizagens.

Na próxima questão foi solicitado aos participantes que informassem se a escola possui uma horta escolar (Figura 15) e o estado em que se encontra essa horta, ou seja, se está sendo

cuidada ou abandonada e se o seu cuidado está servindo aos alunos enquanto ferramenta de ensino (Figura 16).

Figura 15. Sua escola possui uma horta escolar?



A maioria dos participantes (76.9%) indicou que a escola em que trabalham apresenta uma horta escolar. No entanto, muitas vezes essas hortas não apresentam nenhum projeto pedagógico em curso e são cuidadas por servidores de serviços gerais ou acabam abandonadas. Dessa forma, foi importante perguntar aos participantes qual o estado da horta na escola ou se está sendo utilizada como ferramenta pedagógica.

Figura 16. Estado da horta escolar



Como pode-se ver na figura 16, em poucas escolas (menos de 10%) as hortas escolares encontram-se produtivas com o auxílio dos alunos. Em outras escolas (45,5%), as hortas encontram-se produtivas sem a participação dos alunos. Esse dado é importante, pois mostra que esses projetos deveriam ser trabalhados com a participação efetiva dos alunos, pois são muito úteis como ferramenta de ensino de diversas disciplinas, funcionando como um laboratório vivo.

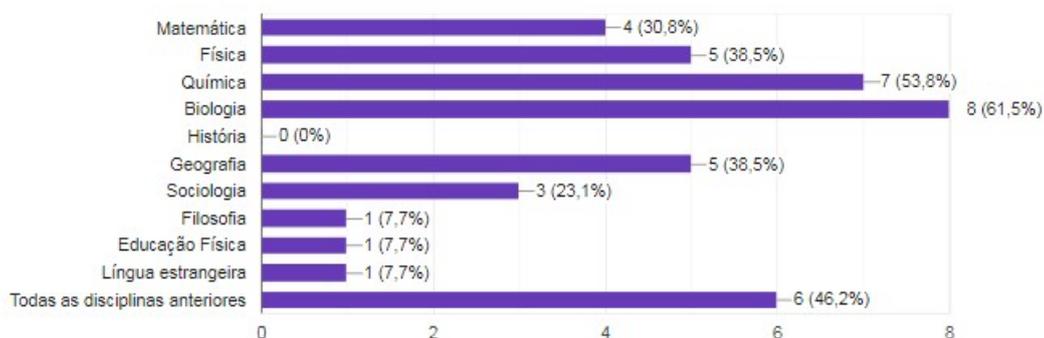
Em outras escolas, as hortas encontram-se improdutivas, sem nenhuma intervenção dos alunos. Esse dado é mais preocupante, uma vez que nos lembra o conceito de cegueira botânica de Wandersee e Schussler (2002). De acordo com os autores, esse conceito se caracteriza por: “a) a incapacidade de reconhecer a importância das plantas na biosfera e no nosso cotidiano; b) a dificuldade em perceber os aspectos estéticos e biológicos exclusivos das plantas; c) achar que as plantas são seres inferiores aos animais, portanto, imerecedores de atenção equivalente”. (WANDERSE & SCHUSSLER, 2002 *apud* SALATINO & BUCKERIDGE, 2016).

Posteriormente, foi questionado quais disciplinas poderiam se utilizar de práticas envolvendo projetos como hortas, hidroponia ou aquaponia no Ensino Médio (Figura 17).

Figura 17. Quais disciplinas poderiam trabalhar utilizando esse tipo de projeto (hortas, hidroponia ou aquaponia) no Ensino Médio?

5 – Em sua opinião, quais disciplinas poderiam trabalhar utilizando esse tipo de projeto (hortas, hidroponia ou aquaponia) no Ensino Médio?

13 respostas



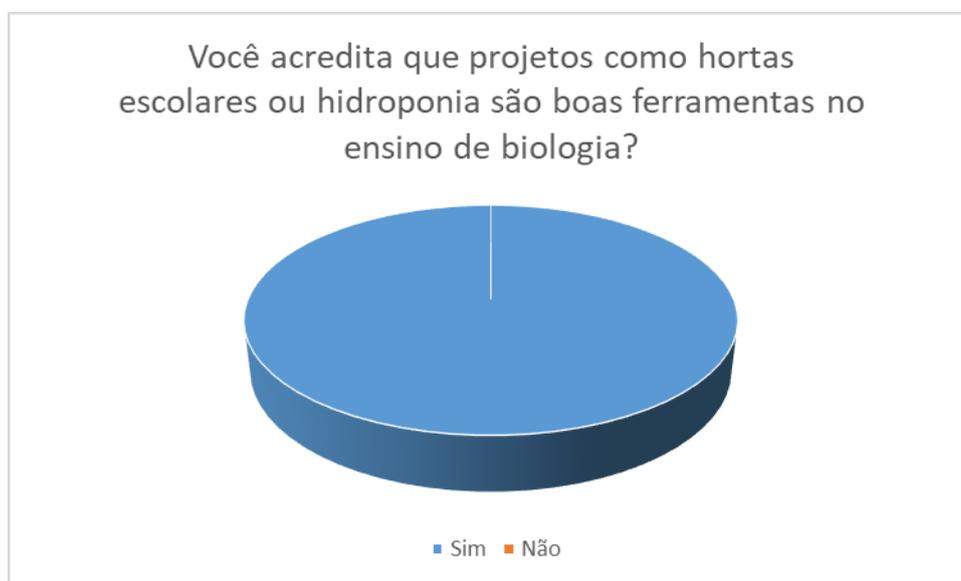
Vê-se que a maior parte dos participantes considera que a Biologia tem um maior interesse nesse tipo de projeto. Entretanto, como instrumento de Educação Ambiental, todas

as disciplinas podem trabalhar com projetos com essa temática. Ressalta-se que a aquaponia apresenta um caráter extremamente interdisciplinar, uma vez que são necessários conhecimentos de diversas disciplinas, tais como: biologia, química e física. Dessa forma, ter um projeto em funcionamento na escola pode ser de grande relevância para o ensino dessas disciplinas.

Genello e colaboradores (2015) ressaltam que aprendizado experimental através da jardinagem (*gardening*) tem sido amplamente documentado por causar uma variedade de impactos positivos nos estudantes, incluindo resultados acadêmicos diretos, como, por exemplo, melhorar a performance em ciências, matemática ou linguagem; e não acadêmicos, como uma dieta com preferência por frutas e vegetais, desenvolvimento pessoal, cooperação e preocupação com o meio ambiente.

Houve ainda, a preocupação em questionar se os professores acreditavam que esses projetos escolares são boas ferramentas no ensino de Biologia (Figura 18).

Figura 18. Você acredita que projetos como hortas escolares ou hidroponia são boas ferramentas no Ensino de Biologia?



Esse dado é importante e mostra que os professores, de forma unânime (100%), consideram que projetos com hortas são boas ferramentas para o Ensino de Biologia. Dessa

forma, pediu-se aos participantes que justificassem sua resposta na questão anterior. Sendo assim, coube perguntar o que justifica essa crença ou quais as utilidades desse tipo de projeto.

As justificativas foram categorizadas em 4 grupos: contextualização, aulas práticas, interdisciplinaridade e motivação. Cada uma dessas categorias está contemplada seguir.

Contextualização:

Alguns participantes acreditam que trabalhos com hortas e hidroponia podem ser meios eficientes de contextualizar o conteúdo de biologia, ou seja, de aproximar o conteúdo de sua vivência. É importante ressaltar que aproximar o contexto do conteúdo aprendido é desejável para responder alguns questionamentos dos alunos em relação ao conteúdo, como, por exemplo: Por que estou aprendendo isto, ou, para que estou aprendendo isto? Dessa forma, esse tipo de projeto, quando associado ao ensino de biologia, dá sentido e aplicabilidade ao aprendizado dos alunos.

Evidencia-se essa preocupação em alguns relatos que apontam nessa direção, por exemplo: *“Acredito que é uma boa maneira para trabalhar determinados conteúdos da Biologia e outras disciplinas de forma contextualizada”* ou *“No desenvolvimento do projeto podemos relacionar o conteúdo com o dia a dia dos estudantes”*.

Aulas práticas:

Os participantes também apontaram que o trabalho com hortas e hidroponia pode ser fonte de associação entre teoria e prática. Dessa forma, alguns participantes relataram: *“Algumas práticas envolvidas na manutenção de horta comunitária escolar, promove ações que vão além do simples abordar conteúdos, respeito ao serviço e cuidado do outro, noções econômicas e nutricionais dos produtos, dentre outros...”* ou *“através da horta ou hidroponia é possível realizar associações entre a teoria e a prática das relações fisiológicas e ecológicas dos seres vivos.”*

Interdisciplinaridade:

Foi bastante evidente que muitos participantes relataram o caráter interdisciplinar desse tipo de atividade na escola. Sendo assim, os participantes relataram: *“...também possibilita um planejamento envolvendo diferentes áreas do conhecimento, um trabalho mais interdisciplinar o que contribui para a aprendizagem dos estudantes.”*, ou *“...por oferecer um*

espaço pedagógico diferenciado que pode envolver a interdisciplinaridade e uma abordagem profunda de vários temas da Biologia.”.

Interesse ou motivação:

Foi comum encontrar respostas que associaram o uso desse tipo de projeto com fatores que podem motivar ou despertar o interesse do aluno pelos conteúdos. Por exemplo, um dos participantes relatou que: *“Seria uma prática transversal e que saindo de sala aula os alunos teria mais interesse”.*

Outro participante justificou que o caráter interdisciplinar desse tipo de projeto escolar pode ser útil, uma vez que relaciona diferentes disciplinas, por exemplo: *“...fazendo links com outras disciplinas e despertar no estudante a "curiosidade" por determinadas áreas”.*

Um dos benefícios de se trabalhar com projetos é a oportunidade de interagir com os alunos fora do ambiente da sala de aula. A saída proporciona uma maior interação com os espaços escolares e, quando há uma interação com plantas e animais, o ensino de biologia se torna mais interessante, menos abstrato, trazendo para o concreto as experiências realizadas.

Dessa forma foi solicitado aos participantes que relatassem sua percepção sobre o trabalho com práticas fora do ambiente de sala de aula, ou seja, se os alunos gostam, ou não (Figura 19). A maioria dos participantes indicou que sim (92,3%).

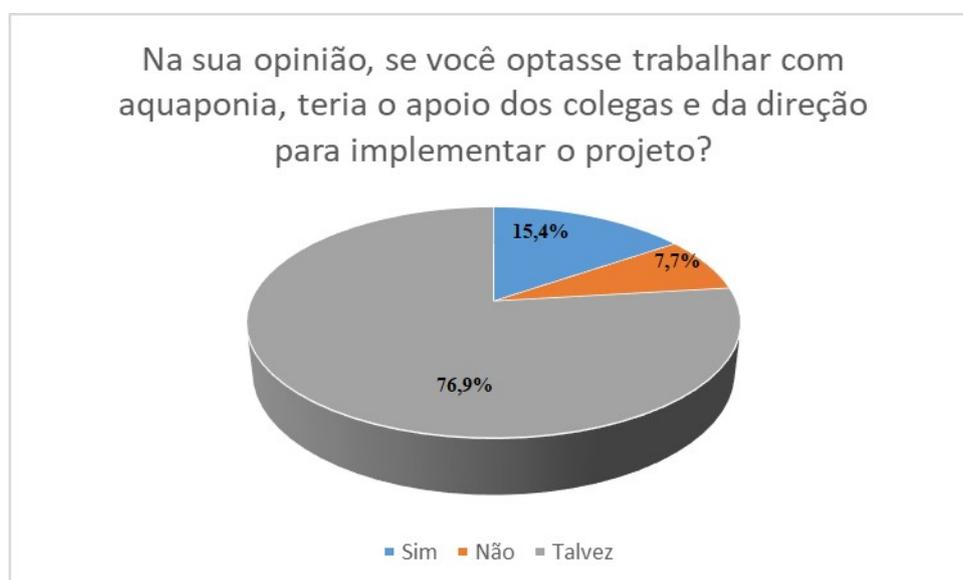
Figura 19. Na sua opinião, os estudantes gostam de trabalhar com práticas fora da sala de aula?



É comum que os professores prefiram trabalhar apenas em sala de aula, uma vez que fora desse ambiente fica mais difícil o controle da disciplina, bem como expõe os alunos a outros desafios, como prestar atenção no conteúdo em confronto com outros estímulos do novo ambiente.

Foi solicitado também que os professores partilhassem sua percepção em relação ao apoio com esse tipo de projeto, pois uma vez que se deseja iniciar, é necessária toda uma logística na escola para que as atividades tenham êxito (Figura 20).

Figura 20. Na sua opinião, se você optasse por trabalhar com aquaponia, teria apoio da direção e dos colegas para implementar o projeto?



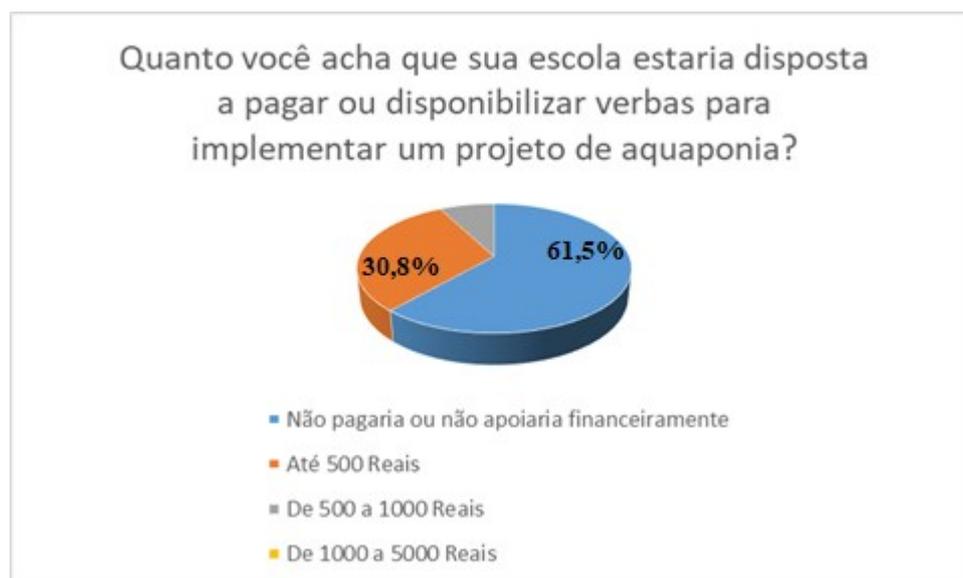
Como pode-se ver, a maior parte dos professores (76,9%) não tem certeza se teria apoio da direção para implementar um projeto de aquaponia na escola. Esse dado é extremamente preocupante, entretanto mostra uma realidade dos professores nas escolas públicas, ou seja, nem sempre as ideias são implementadas por falta de apoio da direção das escolas.

Por exemplo, para manter um projeto de aquaponia, é necessário um espaço na escola, bem como o apoio financeiro da equipe gestora a fim de comprar materiais, insumos, rações, entre outros. Diante da recusa da direção escolar de apoiar financeiramente ou da cessão de um espaço permanente para a instalação de um sistema de aquaponia, o projeto fica inexecutável.

É preciso que os recursos escolares sejam destinados para o apoio e desenvolvimento de novas práticas pedagógicas e tecnologias, uma vez que o ganho na formação dos estudantes justifica e reforça o investimento. Entretanto, nem sempre a realidade contempla pessoas nos cargos de direção com essa visão e há um prejuízo enorme no processo de ensino-aprendizagem.

Uma das desvantagens da aquaponia é o seu alto custo de instalação, mesmo em um projeto pequeno com fins pedagógicos, é necessário o gasto de recursos financeiros para sua implementação. Dessa forma, foi solicitado aos participantes qual seria a verba ou a disposição da escola em pagar por um projeto de aquaponia (Figura 21).

Figura 21. Quanto você acha que sua escola estaria disposta a pagar ou disponibilizar verbas para implementar um projeto de aquaponia?



Conforme apresentado (Fig. 21), a maioria dos professores participantes (61,5%) apontou que as direções das escolas não pagariam nada ou não apoiariam financeiramente um projeto de aquaponia na escola. É importante ressaltar que essa é uma realidade encontrada pelos professores de escolas públicas, ou seja, a falta de apoio para a implantação de projetos pedagógicos, principalmente se esses projetos gerarem dispêndio para as finanças das escolas.

Evidencia-se a necessidade de um maior investimento de recursos a serem aplicados na escola, de modo que projetos possam ser realizados com maior facilidade. Dessa forma, podem-se promover melhores meios de despertar o interesse dos alunos, bem como facilitar o processo de ensino e aprendizagem.

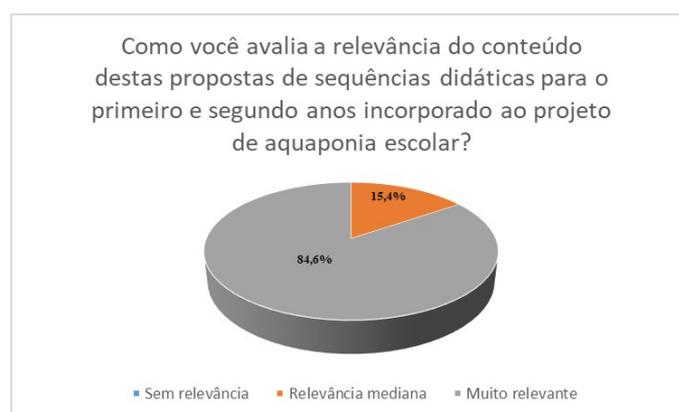
Outro dado interessante que foi apontado na Figura 21, foi que na experiência de uma parte dos professores (30,8%) mostra que um projeto de aquaponia poderia receber um aporte de até quinhentos reais. Dessa forma, é importante o desenvolvimento de sistemas de pequeno porte para o ambiente escolar, principalmente em escolas públicas, tendo em vista que mesmo um sistema simples utilizando um montante recursos aproximado a esse valor, viabiliza a aplicação das sequências didáticas propostas.

Outro dado que chama bastante atenção, ainda na Figura 21, é que nenhum dos participantes apontou que as direções estariam dispostas a pagar mais de mil reais em um sistema de aquaponia. Dessa forma, deve-se tomar bastante cuidado ao propor a instalação de um sistema de aquaponia escolar, pois um sistema de grandes dimensões corre grande risco de não receber o apoio financeiro da direção das escolas para sua implementação.

7.5 A análise das sequências didáticas

Por último, trabalhou-se com a avaliação das sequências didáticas. Ressalta-se que a participação dos professores foi fundamental para o processo de entendimento das práticas, uma vez que os professores ficaram livres para tecer comentários ou considerações. A primeira questão pediu uma avaliação do conteúdo das propostas de sequências didáticas (Figura 22)

Figura 22. Como você avalia a relevância do conteúdo destas propostas de sequências didáticas para o primeiro e segundo anos incorporada ao projeto de aquaponia escolar?



Todos os conteúdos propostos pelas duas sequências didáticas foram retirados do Currículo em Movimento que é o documento que orienta as diretrizes curriculares no Distrito Federal. Apesar do documento precisar de readequação à Base Nacional Comum Curricular, ainda se mostra bastante relevante na seleção de conteúdos para o ensino de biologia no

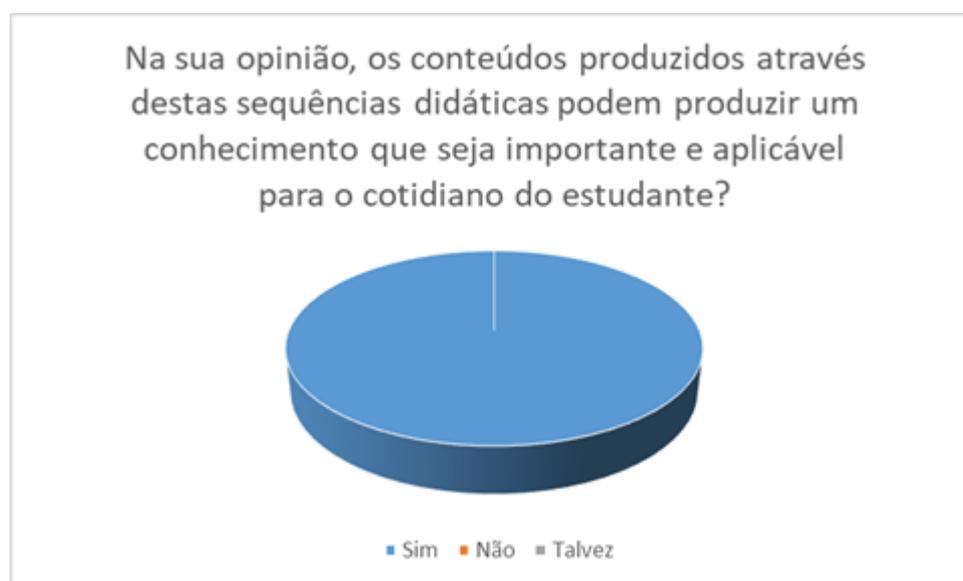
Ensino Médio. Desse modo, mesmo professores que lecionam em outros estados aprovaram a seleção dos conteúdos em biologia, tratados nesse trabalho.

A maioria dos participantes (84,6%) apontou que o conteúdo das sequências didáticas é muito relevante. Dessa forma, infere-se através dessa questão que os conteúdos selecionados são trabalhados dentro do contexto do Ensino de Biologia para o primeiro e segundo ano do Ensino Médio,

Dessa forma, tem-se a pretensão de despertar o interesse dos alunos para esses conteúdos através de um projeto de aquaponia escolar. Apesar de ser um desafio para os professores de biologia, espera-se que os resultados se mostrem efetivos na prática.

Também foi solicitado aos participantes que avaliassem se os conteúdos são importantes ou aplicáveis ao cotidiano do aluno (Figura 23).

Figura 23. Na sua opinião, os conteúdos produzidos através destas sequências didáticas podem produzir um conhecimento que seja importante e aplicável para o cotidiano do estudante?



A questão evidencia que os professores aprovaram, em unanimidade (100%), os conteúdos selecionados para as sequências didáticas. Ressalta-se que um projeto de aquaponia escolar pode facilitar a contextualização desses conteúdos, através da realização de práticas e de uma abordagem investigativa. Essa foi uma das grandes preocupações quando, ao propor

este trabalho, o professor pudesse utilizá-lo com seus alunos, propondo uma metodologia diferenciada para se afastar do cotidiano de uma prática exclusivamente verbal.

O processo de contextualização dos conteúdos em um projeto de aquaponia é muito grande. Mesmo que o aluno não tenha interesse nos conteúdos de biologia, espera-se que ele busque entender e se aprofundar nos diversos processos biológicos que estão ocorrendo simultaneamente a fim de garantir a sobrevivência dos seres. Esse é o grande desafio: que o aluno se sinta protagonista no seu processo de conhecimento, que ele se sinta “dono” dos peixes e das plantas que estão vivendo em uma relação de interdependência. Uma vez que isso ocorra, o conteúdo passa a ser interessante por sua aplicabilidade, ou seja, o conteúdo gera subsídios para a gestão do seu sistema de aquaponia e proporciona um melhor entendimento da interdependência dos seres envolvidos.

Foi solicitado nessa questão que os professores participantes justificassem sua resposta, ou seja, dessem informações de como a sequência pode auxiliar na produção de um conhecimento aplicável ou relevante para sua vida. As respostas foram categorizadas em 3 grupos: educação ambiental, preparação para o trabalho e facilitação para o aprendizado de outras disciplinas. A seguir, serão apresentadas as análises dessas justificativas.

Educação Ambiental:

Uma parte dos participantes apontou que as sequências didáticas podem ser importantes para trabalhar conceitos de Educação Ambiental, despertando os alunos para um melhor relacionamento com o meio ambiente, a preocupação com a sustentabilidade, bem como a compreensão dos processos biológicos ou químicos que ocorrem no meio natural. Por exemplo, um dos participantes relatou: *“Acredito que pode estimular o aluno a cuidar do meio...”*. Sobre a sustentabilidade, um dos professores relatou: *“Auxilia na construção de hábitos alimentares mais saudáveis, noção de desenvolvimento sustentável, responsabilidade ambiental e social, trabalho colaborativo...”*.

Preparação para o trabalho e geração de renda:

Esse resultado foi inesperado para a pesquisa, uma vez que as duas sequências não tinham esse objetivo. Entretanto, algumas respostas apontaram essa direção: a aquaponia trabalhada nas sequências didáticas poderia se tornar importante não só no entendimento de

conceitos científicos, mas no desenvolvimento de atitudes e hábitos que contribuíssem para a formação para o trabalho ou geração de renda.

Como ilustração desse tipo de resposta, temos a seguinte resposta: “... *os conteúdos fornecerão aos estudantes conhecimentos para uma boa alimentação, preparo para o trabalho e boa relação humana.*”. Um outro participante apontou no mesmo sentido: “...*os conceitos podem auxiliar os estudantes no entendimento sobre empreendedorismo, geração de empregos e renda a partir do uso responsável dos recursos naturais.*” Ainda nesse sentido, um outro participante relata: “Acredito que alguns podem influenciar mais a vida cotidiana do estudante, principalmente se futuramente vier a tornar uma fonte de renda ou ajudar apenas com uma horta familiar.”

Facilitação do aprendizado:

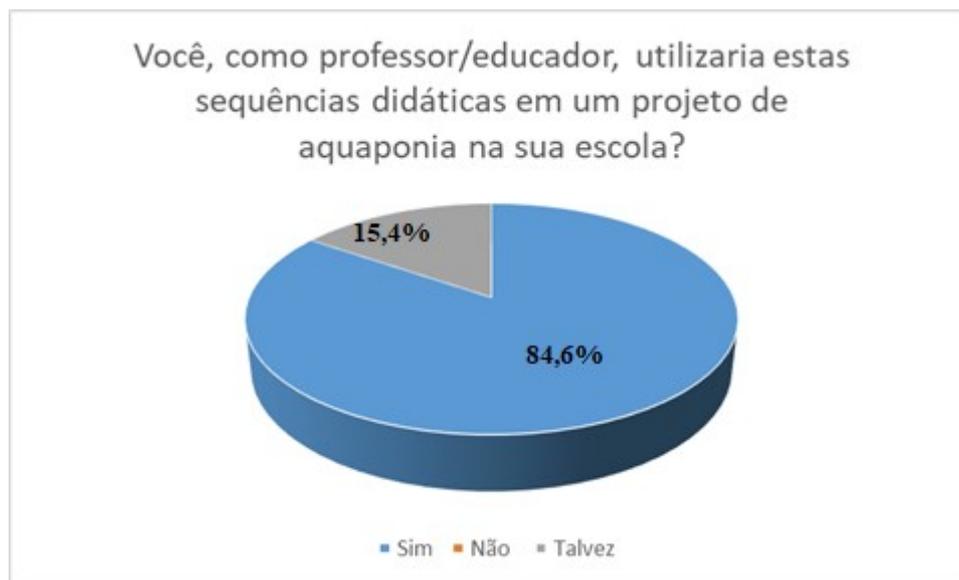
Devido ao seu caráter interdisciplinar, a aquaponia dialoga com diferentes disciplinas. Dessa forma, seria muito difícil fazer uma sequência abordando estritamente conteúdos de biologia, portanto, outros conteúdos de Ciências Naturais foram abordados, como a questão do pH, tensão superficial, ciclo do nitrogênio, entre outros. Apesar desses conteúdos terem sido abordados de forma superficial, ou seja, com a profundidade adequada ao ensino de biologia no ensino médio, os professores participantes apontaram que esse diálogo com outras áreas das ciências da natureza, a abordagem investigativa, a contextualização e a aplicabilidade dos conteúdos podem ser facilitadoras do aprendizado.

Por exemplo, um dos participantes cita: “...*os conteúdos foram abordados de forma bem contextualizada e com uma abordagem investigativa, o que facilita a aprendizagem dos estudantes.*”. Um outro participante aponta na mesma direção, quando relata que esses conceitos abstratos são abordados nas sequências de forma prática: “...*conceitos vistos em ecologia, fisiologia animal e química seriam interessantes de serem vistos na prática pelos estudantes.*”. Um outro relato também reforça essa tendência quando afirma: “*atividade com horta, hidroponia e ou aquaponia são metodologias que fogem das atividades didáticas comumente utilizada e isso por si só já é uma forma de chamar a atenção do aluno, além disso pode ser uma ótima ferramenta didática para fixar conceitos.*”

A maioria dos professores que participou da pesquisa (84,6%) afirmou que fariam uso dessas sequências didáticas em um projeto da aquaponia (Figura 24). Esse dado é um alento,

pois evidencia que o trabalho caminhou em uma orientação correta. Uma análise futura da aplicação dessas sequências associada ao projeto de aquaponia pode ser útil, ressaltando a relevância e praticidade delas para os educandos. Espera-se que o trabalho possa ser continuado e que esses resultados possam se mostrar animadores.

Figura 24. Você como professor/educador utilizaria estas sequências didáticas em um projeto de aquaponia na sua escola?



Nessa questão, foi solicitado aos participantes que, em caso de resposta “não”, justificassem sua resposta. Apenas um dos participantes justificou, apesar de não aparecer nenhum “não” no questionário. Sendo assim, o participante respondeu que “*A principal barreira seria a financeira. Hoje a escola já trabalha com a verba bastante limitada.*”

Portanto, vê-se que é comum que projetos escolares não saiam do papel ou do campo das ideias devido a essa barreira financeira, ou seja, devido à falta de apoio financeiro ou de verbas que possam viabilizá-lo

A maior parte dos participantes da pesquisa (69,2%) indicou que o número de aulas na sequência didática está adequado. Ressalta-se que 30,8% dos participantes apontou que o número de aulas está inadequado ou se mostraram indiferentes em relação a esse número (Figura 25). Destaca-se, aqui, que o documento e a sequência que foram gerados neste trabalho servem de base ou de orientação geral para um trabalho com aquaponia no ensino de biologia. Dessa forma, o uso dessas sequências pode ser entendido como uma sugestão ou uma proposta de trabalho, passível de adaptação.

Figura 25. Análise do número de aulas nas sequências didáticas



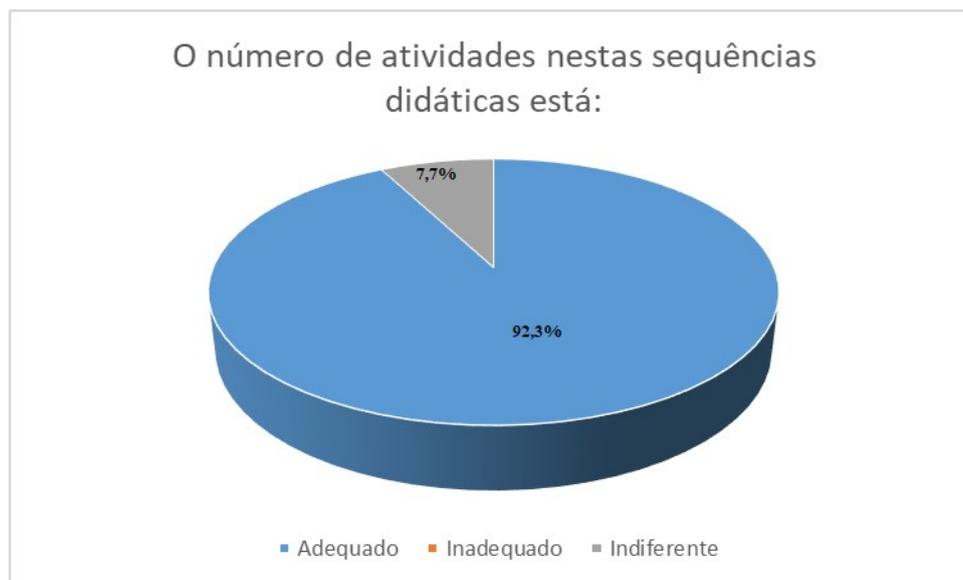
Reconhece-se que cada professor conhece suas particularidades e dificuldades, sendo imprescindível que escolha autonomamente a melhor forma de trabalhar as sequências, seja com mais ou menos aulas, acrescentando ou retirando determinados planejamentos ou conteúdos. Essa autonomia é imprescindível no trabalho pedagógico e deve ser valorizada.

No processo de elaboração dessas sequências, as circunstâncias vivenciadas foram determinantes para que o trabalho contasse com 8 aulas em ambas as séries, uma vez que a escola onde seriam aplicadas só destinou o tempo de duas semanas dentro de seu planejamento para que as sequências ocorressem. Como em cada semana seriam 4 aulas de biologia, em um trabalho de duas semanas, planejou-se duas sequências com 8 aulas.

Para os participantes que responderam ao número de aulas como inadequado, foi solicitado que justificassem sua resposta. Dois participantes relataram que acharam a sequência extensa com 8 aulas. Dessa forma, um deles apontou: *“Acho que 8 aulas seria muito, levando em consideração que temos um conteúdo extenso e a quantidade de aulas restritas. Então, acho que daria pra organizar em 6 aulas.”*. Outro participante questionou um conteúdo que foi trabalhado em 2 aulas, entretanto, não apontou qual seria esse conteúdo, sendo difícil sua identificação. Dessa forma ele relatou: *“...duas aulas achei muito extensa para um só conteúdo.”*

De acordo com a análise dos professores que participaram da pesquisa (92,3%), o número de atividades das sequências didáticas está adequado. Evitou-se colocar um número exagerado de atividades a serem realizadas em cada aula, de forma que o aluno pudesse ter o tempo adequado para realizar cada uma das atividades, de acordo com o número de aulas disponíveis.

Figura 26. Análise do número de atividades nas sequências didáticas.



Nos conteúdos que privilegiaram a abordagem investigativa, foi previsto um maior número de aulas, geralmente duas aulas ou aulas duplas. Esse método requer um maior número de atividades, como a análise do conhecimento prévio do aluno, uma introdução ao assunto, a proposta de uma problematização, a observação do fenômeno, entre outras. Todos esses passos demandam tempo, por isso evitou-se colocar aulas com essa metodologia em um tempo referente a apenas uma aula. Apesar de não estar sendo proposta uma sequência com aulas totalmente investigativas, a abordagem em questão pode ser considerada dentro dessa metodologia, uma vez que conta com vários conteúdos sendo trabalhados nessa perspectiva.

Acredita-se que o trabalho dentro desses passos pode ser enriquecedor, propiciando ao aluno não só a contextualização através da aquaponia, mas a capacidade de investigar, questionar, buscar soluções, analisar e representar dados, entre outras habilidades.

Nessa questão, foi solicitado aos participantes que responderam como inadequado que justificassem sua resposta. Em geral, os participantes relataram que as duas sequências apresentam muitas aulas. Um dos participantes relata que isso é um facilitador para sua implementação em sala de aula. Dessa forma, ele relata: *“Apesar de ter marcado adequado, gostaria de ressaltar que o interessante de uma quantidade alta de aulas pois assim adapto ao meu conteúdo ministrado.”*. Um outro participante relata que a quantidade alta de aulas é interessante para sua realidade, pois trabalha em uma escola integral, entretanto, questiona se seria adequada para uma escola que não dispõe de horário integral. Sendo assim, ele justifica: *“Considero adequada, pois trabalho em escola integral, e acredito que teria como desenvolver o projeto, com auxílio das aulas de laboratório. Se fosse uma escola regular, tenho minhas dúvidas, pois a carga horária é muito restrita e o conteúdo extenso.”*

O resultado foi que a maior parte dos participantes da pesquisa (92,3%) analisou que os conteúdos estão colocados dentro de uma profundidade adequada para o trabalho no primeiro e segundo anos do ensino médio (Figura 27).

Uma das grandes preocupações ao se falar em ensino de biologia para o ensino médio é a profundidade dos conteúdos, uma vez que não podem ser abordados de uma maneira muito simplista como no ensino fundamental, porém também não é necessário formar biólogos nessa modalidade. Dessa forma, privilegiou-se experimentos já consagrados no ensino médio na elaboração dessas sequências. Por exemplo, na aula sobre fotossíntese, trabalhou-se em uma perspectiva investigativa o experimento da *Elodeae* sp. com bicarbonato. Esse experimento pode ser considerado corriqueiro no Ensino Médio, já tendo sido utilizado em diferentes circunstâncias. Entretanto, verifica-se que é um modo de ilustrar o processo de fotossíntese para os alunos dentro da profundidade necessária e prevista em currículo.

Figura 27. Análise da profundidade teórica em relação ao conteúdo.



De outra forma, também se buscou verificar a maneira como esses conteúdos são trabalhados nos livros didáticos para as séries propostas, o que é bastante útil no processo de direcionamento do que é necessário ou não para determinada série. Dessa maneira, os livros didáticos em uso pela escola forneceram um norteador da profundidade que se desejou trabalhar os conteúdos em cada uma das sequências didáticas.

Os professores participantes (100%) apontaram que o nível da linguagem está adequado, ou seja, está compreensível aos participantes da pesquisa. Esse dado é muito relevante, pois houve a preocupação de tornar a abordagem o mais simples possível de modo que o professor pudesse utilizá-la, bem como o material didático pudesse ser de fácil acesso e compreensão do aluno (Figura 28).

Figura 28. Análise da linguagem das sequências didáticas.



Ressalta-se que não foi feita uma abordagem dialogada, pois a sequência previa a participação efetiva do professor realizando o trabalho pedagógico, de modo a esclarecer quaisquer dúvidas dos alunos. Entretanto, após a crítica apresentada por alguns professores, a sequência passou por algumas modificações com uma abordagem mais dialogada com os professores e alunos.

8 Considerações Finais

O presente trabalho apresentou dois modelos simples de aquaponia que puderam ser construídos com um baixo custo e materiais de fácil acesso. Associado a esses protótipos foram apresentadas duas propostas de sequências didáticas para o Ensino de Biologia no primeiro e segundo anos do Ensino Médio.

Pode-se afirmar que os modelos apresentados associados a essa metodologia de ensino pode contextualizar os processos biológicos, tornando-os mais acessíveis aos alunos. Desse modo, espera-se que a aquaponia como ferramenta de Ensino de Biologia desperte o interesse para a disciplina, dialogue com outras disciplinas, promova o desenvolvimento de competências para o trabalho cooperativo e o respeito com o meio ambiente. Também,

contemplou a possibilidade de apresentação em feiras pedagógicas de ciências buscando a divulgação da prática para demais interessados.

Trabalhou-se com a análise de professores de biologia do ensino médio como avaliadores das atividades pedagógicas que seriam realizadas, ou seja, as sequências didáticas. O processo foi enriquecedor, uma vez que os olhares críticos dos participantes revelaram novas possibilidades para as aulas e ajudaram a melhorar o produto deste trabalho.

Acredita-se que, uma vez que as atividades presenciais sejam retomadas, as sequências serão aplicadas de forma revisada, gerando um ganho para os alunos envolvidos com esse projeto.

Um dado que se mostrou preocupante em relação ao estudo e que merece destaque é a falta de apoio financeiro aos projetos escolares. Muitos professores que responderam ao formulário colocaram essa questão como impeditivo para realização de um projeto como este. É preocupante saber que muitas ideias e práticas estão sendo perdidas pela falta de recursos na ponta, ou seja, nos projetos pedagógicos. Essa reflexão deve ser feita, uma vez que pode orientar políticas públicas a fim de melhorar a qualidade do ensino. O professor e a escola conhecem sua realidade, sabem o que é exequível e precisam de apoio para realizar suas práticas.

Algumas das práticas envolvidas nas sequências didáticas são compatíveis com uma abordagem investigativa. É esperado que essas atividades sejam importantes no processo de formação dos alunos como protagonistas do seu aprendizado, uma vez que, ao estabelecerem práticas que visem replicar um processo de construção do conhecimento científico, com o auxílio do professor, passam a ser mais questionadores da realidade objetiva e buscam respostas aos seus questionamentos.

Ressalta-se, ainda, que muitas atividades são feitas em grupo a fim de desenvolver o respeito mútuo e o trabalho cooperativo. Esses valores são fundamentais e necessitam de ser aprimorados no processo de formação dos estudantes.

A maior parte das avaliações contempla uma produção feita pelos alunos, seja através de relatório, desenho, entre outros. Espera-se que os alunos melhorem também suas habilidades nessas áreas, ou seja, no registro de suas conclusões e descobertas.

Assim, tem-se a esperança que o trabalho seja útil e possa contribuir para a formação dos alunos. Por último, espera-se de que o produto oferecido, ou seja, a proposta para implementação dos protótipos de aquaponia e das sequências, possa auxiliar outros professores que desejem trabalhar com a mesma temática no Ensino de Biologia.

9 REFERÊNCIAS

BERNSTEIN, S. (2011). *Aquaponic Gardening: A step-by-step guide to raising vegetables and fish together*. Gabriola Island, Canada: New Society Publishers Gomes, S.M. (2010).

BRICCIA V. Sobre a Natureza da Ciência e o ensino 2013 in CARVALHO, A. M. P. C. et al. Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula, 4ª Ed. Cengage Learning, São Paulo 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Secretária da Educação Básica. Base Nacional Comum Curricular. Brasília –DF; MEC; CONSED; UNDIME, 2015. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>> (Acesso em: julho de 2019)

CASTELLANI, D. C., A. F.; ABIMORAD, E. G. Aquaponia: aproveitamento do efluente do berçário secundário do Camarão-da-Amazônia para produção de alface e agrião hidropônicos. *Bioikos*, v. 23, n. 2, p. 67-75, 2009

CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R.Y. (2015)- Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/33891281.pdf> > (Acesso em 17/02/2018)

CAVERO, B. A. S.; Pereira-Filho, M.; BORDINHON, A. M.; FONSECA, F. A. L. da; ITUASSÚ, D. R.; ROUBACH, R.; ONO, E. A. Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.39, n.5, p.513-516, 2004

CORRÊA, Bernardo R.S. Aquaponia rural. 2018. xii, 70 f., il. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural)—Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

EMERENCIANO, M. G. C. et al. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aqüicultura. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, v. 147, p. 24–35, jan./fev. 2015. Disponível em: <<https://panoramadaaquicultura.com.br/aquaponia-uma-alternativa-de-diversificacao-na-aquicultura/>> (Acesso em 7/2019).

EMERENCIANO, M. G. C. (2018) Aquaponia nas escolas: educação com alimentos saudáveis! *Revista Aquaculture*, ed.13 - Julho/18, p. 56. Disponível em: <<http://www.aquaculturebrasil.com/2018/10/25/13-edicao-2018-revista-aquaculture-brasil/>> (Acesso em 5/12/2018).

GDF, Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal- Currículo em Movimento da Educação Básica – Ensino Médio. Disponível em: <http://www.cre.se.df.gov.br/ascom/documentos/subeb/cur_mov/5_ensino_medio.pdf> (Acesso em 7/11/2018).

GIL-PÉREZ, D.; FURIO, M.C.; VALDES, P.; SALINAS, J.; MARTINEZ-TORREGROSA, J.; GUIASOLA, J.; GONZALEZ, E.; DUMAS-CARRE, A.; GOFFARD, M. e CARVALHO, A.M.P. (1999) Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolucion de problemas de lapis y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 2, p. 311-320.

HILL, M. M., HILL, A. A construção de um questionário. *Dinâmica*. 54p. Lisboa. 1998

HART, Emily R.; WEBB, James B.; DANYLCHUK, Andy J. (2013) Implementation of aquaponics in education: An assessment of challenges and solutions. *Science Education International*, v.24, n. 4, p. 460–480.

- HOFSTEIN, A.P. e LUNETTA, V. (2003) The laboratory science education: Foundation for the twenty-first century. *Science Education*, v. 88, p. 28-54.. Disponível em: <<http://gpquae.iqm.unicamp.br/gtexperimentacao.pdf>>
- 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
- HUNDLEY, G. C., & NAVARRO, R. D. (2013). AQUAPONIA: A INTEGRAÇÃO ENTRE PISCICULTURA E A HIDROPONIA. *Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável*, 3(2). <<https://doi.org/10.21206/rbas.v3i2.218>> Acesso: fevereiro de 2020
- INOUE, L. A. K. A.; Silva, T. S. de C.; Lima Filho, O. F. de. (2018) Aquaponia. EMBRAPA, 2018. Disponível em : <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/183076/1/158-161.pdf> . Acesso em: julho, 2018
- KRASILCHIK,, M. Prática de Ensino de Biologia. 4. ed. São Paulo: Harbra, 2004.
- JUNGE R., BULC T. G., ANSEEW D., YILDIZ H. Y. & MILLIKEN, S., Aquaponics as an Educational Tool in S.Goddek et al. (eds.) 2019, Aquaponics Food Production Systems.
- LIMA, J. de F.; Bastos, A. M.; MONTAGNER, D.; BORGES, W. L. (2017) Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura e horticultura familiar do Amapá .EMBRAPA, 2015. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139166/1/CPAF-AP-2015-Folder-aquaponia.pdf>> Acesso: julho, 2019.
- LOPES, Sônia. Bio: Volume 1 / Sônia Lopes; Sérgio Rosso – 3. Ed. – São Paulo Saraiva, 2016.

MAURICIERI C, FORCHINO AA, NICOLETTO C, Junge R, Pastres R, Sambo P, Borin M (2018) Life cycle assessment of an aquaponic system built using recovered material for learning purposes. *J Clean Prod* 172:3119–3127.

MOURA, K. F. A de; Durães, J. A. S; Silva, F. C (2019) Investigação no Ensino Médio: sistemas de hidroponia em horta escolar para a discussão de conceitos químicos. *Ver. Experiências em Ensino de Ciências*, V.14, No. 2 p 582 a 292; Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID631/v14_n2_a2019.pdf> Acesso em janeiro 2020.

OLIVEIRA, C. M. A, O que se fala e se escreve nas aulas de ciências? (2013) in Carvalho, A. M. P. C. et al. *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*, 4ª Ed. Cengage Learning, São Paulo 2018.

PEREIRA, L. P. F. & MERCANTE, C. T. J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água: uma revisão. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 31, n. 1, p. 81-85. 2005.

PERRENOUD, P. et al. *As competências para ensinar no século XXI: as competências para ensinar no século XXI*. Porto Alegre: Artmed, 2007.

QUEIROZ, J. F. de; FREATO T. A.; LUIZ, A. J. B.; ISHIKAWA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. S. (2017) *Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia*. EMBRAPA, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178041/1/2018DC01.pdf>>. Acesso em junho 2019

RAKOCY, J. E.; MASSOR, M. P.; LOSORDO, T. M. (2006) *Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics – Integrating fish and plant culture*. Southern Regional Aquaculture Center Publication, n. 454, 16p. 2006.

SASSERON, L. H.; Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v.17, n. especial, p 49-67, 2015

SCHNELLER, A. J., CASEY A. , SCHOFIELD, J. F, HOLLISTER, E. & MAMUZKA L. (2015) A Case Study of Indoor Garden-Based Learning With Hydroponics and Aquaponics: Evaluating Pro-Environmental Knowledge, Perception, and Behavior Change, *Applied Environmental Education & Communication*, 14:4, 256-265

SOMERVILLE, C., Cohen, M., PANTANELLA, E., STANKUS, A. & LOVATELLI, A. 2014. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. Rome, FAO. 262 pp

STOQUI, M. V., TRIVELATO, S. L Características de sequências didáticas promotoras da alfabetização científica no ensino de biologia. IX Congresso internacional sobre investigación em didáctica de las ciências. Girona, 2013, p. 2421-2424. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/38988601.pdf>> Acesso em janeiro de 2020.

SOUZA, Rondon Tatsuta Yamane Baptista de. (2018). *Aquaponia: uma ferramenta didática para a formação inicial e continuada de professores de ciências*. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Amazonas

VALDEZ, V. R. Desenvolvimento de uma matriz de competências e habilidades para repensar o ensino de ciências pela perspectiva do ensino por investigação. Dissertação, Universidade de Brasília, 2017.164p.

VINATEA, L. A. Qualidade da água em aquicultura – princípios e práticas. 3.ed. Editora da UFSC. 2010. Florianópolis - SC. 238p.

WARDLOW, George W. et al (2002). Enhancing student interest in the agricultural sciences through aquaponics. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*, v. 31, p. 55.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICES

Apêndice 1. Parecer consubstanciado do CEP

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>UNB - FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>												
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP												
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA												
Título da Pesquisa: A utilização da aquaponia como recurso didático no ensino de biologia												
Pesquisador: LUIZ OTAVIO GUIMARAES CARDOSO ROSA												
Área Temática:												
Versão: 3												
CAAE: 20017919.9.0000.0030												
Instituição Proponente: Instituto de Ciências Biológicas - UnB												
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio												
DADOS DO PARECER												
Número do Parecer: 3.794.328												
Apresentação do Projeto:												
<p>Resumo: "A aquaponia é um processo de produção de alimentos onde se associam duas outras técnicas, a aquicultura e a hidroponia. Em muitos países, essa técnica já é bastante difundida e está sendo utilizada como ferramenta didática para o ensino de diversas disciplinas, entre elas, a Biologia. O presente trabalho tem como objetivo criar um projeto utilizando essa técnica na escola, como ferramenta didática para o ensino de Biologia. Também, objetivará analisar como essa técnica poderá contribuir para o processo de aprendizagem na escola. Também avaliará a viabilidade desse tipo de recurso didático no letramento científico dos alunos."</p>												
<p>Metodologia: " Há a necessidade de desenvolver um sistema dentro da escola, para que os alunos possam participar e se envolver com o tema, bem como executar os planos de aula e avaliar a utilização no processo de ensino aprendizagem de conteúdos em Biologia. Para que isso seja realizado, precisa primeiramente organizar um espaço dentro da escola que possa receber esse sistema. Com esse intuito, o tema será inserido no Projeto Político Pedagógico da unidade escolar, a fim de buscar o apoio dessa comunidade, bem como de recursos que viabilizem as ações específicas do projeto.</p> <p>A fim de utilizar o sistema aquapônico nas aulas, serão produzidos planos de aula com ações pedagógicas envolvendo os alunos e os conteúdos previamente selecionados nos documentos</p>												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="3">Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro</td> </tr> <tr> <td>Bairro: Asa Norte</td> <td colspan="2">CEP: 70.910-900</td> </tr> <tr> <td>UF: DF</td> <td colspan="2">Município: BRASÍLIA</td> </tr> <tr> <td>Telefone: (61)3107-1947</td> <td colspan="2">E-mail: cepfsunb@gmail.com</td> </tr> </table>	Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro			Bairro: Asa Norte	CEP: 70.910-900		UF: DF	Município: BRASÍLIA		Telefone: (61)3107-1947	E-mail: cepfsunb@gmail.com	
Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro												
Bairro: Asa Norte	CEP: 70.910-900											
UF: DF	Município: BRASÍLIA											
Telefone: (61)3107-1947	E-mail: cepfsunb@gmail.com											
<small>Página 01 de 11</small>												

UNB - FACULDADE DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Continuação do Parecer: 3.794.328

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BRASÍLIA, 06 de Janeiro de 2020

Assinado por:
Marie Togashi
(Coordenador(a))



Apêndice 2. Proposta para implementação da aquaponia no ambiente escolar através de duas sequências didáticas para o ensino de biologia



Proposta para implementação da aquaponia no ambiente escolar através de duas sequências didáticas para o ensino de biologia

Luiz Otávio Guimarães Cardoso Rosa

Orientação: Dra. Maria Fernanda Nince Ferreira

Julho 2020



Apresentação

Prezado colega,

O presente trabalho foi idealizado pensando nas dificuldades vividas por nós, professores de Biologia, que atuamos no Ensino Médio. O intuito maior é de investigar a técnica de aquaponia enquanto instrumento de ensino que possa incentivar a realização de aulas experimentais, sensibilizações, educação ambiental, entre outras práticas no contexto escolar.

Este é o produto do meu Trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM), desenvolvido sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Maria Fernanda Nince Ferreira, no âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (ProfBio), pela Universidade de Brasília (UnB). Consciente da importância da realização de novas metodologias e práticas que despertem a curiosidade e o interesse dos alunos pelos conteúdos, surgiu a ideia de produzir um material que desse subsídio aos professores da área para as possibilidades da aquaponia enquanto ferramenta de ensino.

Dessa forma, foram apresentados, com detalhes, dois sistemas simples de aquaponia, que podem ser utilizados na escola. Algumas premissas orientaram este trabalho: o custo de implementação e a facilidade de construção de um sistema na escola. Um outro norteador foi a escolha dos conteúdos que orientaram a montagem de duas sequências didáticas para alunos de primeiro e segundo anos, respectivamente.

Finalizo, caro colega professor, com a firme expectativa de que essa proposta, que foi idealizada e elaborada com esmero por mim e minha orientadora, ofereça-lhe suporte para trabalhar com a aquaponia enquanto ferramenta de ensino de biologia, facilitando seu trabalho. Mais ainda, que isso tenha reflexos positivos tanto no seu desempenho quanto no aprendizado dos estudantes.

De professor para professor,

Luiz Otávio Guimarães Cardoso Rosa

Professor de Biologia do Ensino Médio

Manual para montagem dos sistemas de aquaponia para fins didáticos

Introdução:

O que é aquaponia?

De acordo com Lima e colaboradores, a aquaponia é “a modalidade de produção de alimento que resulta da interligação entre a aquicultura e a hidroponia, através de um sistema intensivo de cultivo com recirculação de água, resultando em um baixo consumo de água e alto aproveitamento de resíduo orgânico gerado.” Dessa forma, constitui-se uma opção para produção de proteína animal em ambiente aquático e vegetais de uma maneira menos agressiva ao meio ambiente.

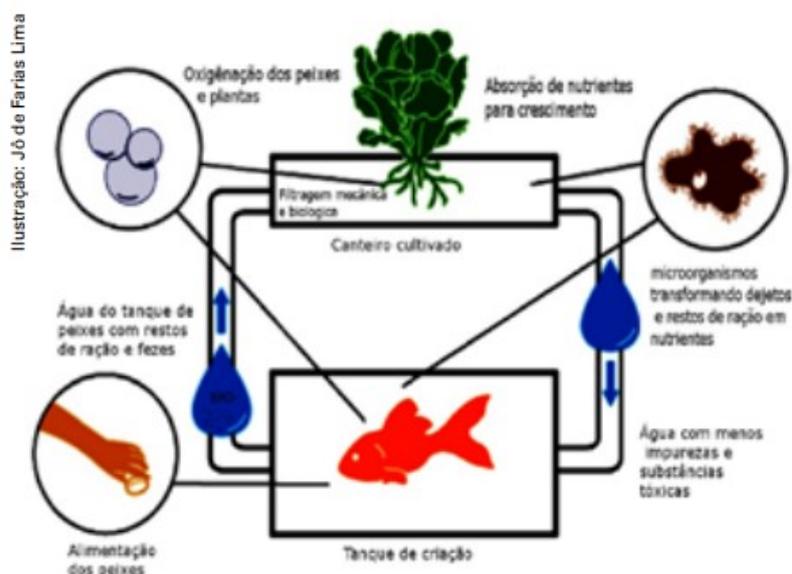


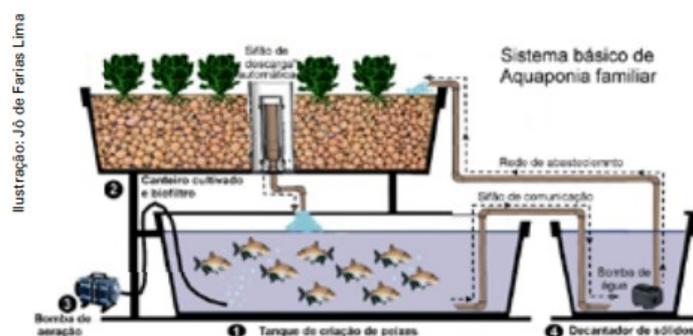
Figura 1. Esquema mostrando o funcionamento de um sistema de aquaponia.

Fonte: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139166/1/CPAF-AP-2015-Folder-aquaponia.pdf>

Como funciona a aquaponia?

A aquaponia se constitui uma alternativa ao modelo de produção tradicional de alimentos, pois não utiliza o solo. Para isso, é montado um sistema em que os resíduos produzidos pelos peixes, após tratados por microrganismos, servirão de fonte de nutrientes para as plantas (Figura 2). Em consequência, o excesso de nutrientes que pode comprometer a qualidade da água é removido, retornando ao tanque de criação (CARNEIRO *et al.*, 2015; LIMA *et al.*, 2015)

Figura 2. Sistema básico de aquaponia familiar.



Fonte: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139166/1/CPAF-AP-2015-Folder-aquaponia.pdf>

Quais as vantagens e desvantagens da aquaponia?

Antes de iniciar um projeto de aquaponia, destacamos, na Tabela 1, as principais vantagens e desvantagens de trabalhar com essa modalidade de produção.

Tabela 1. Vantagens e desvantagens da aquaponia

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ● Utilização de uma quantidade mínima de água; ● Possibilidade de produção em ambientes urbanos, perto dos centros de consumo; ● Aproveitamento integral dos insumos da água e ração; ● Possibilidade de trabalhar com um sistema super intensivo, de alta densidade de peixes e hortaliças; ● Obtenção de produtos de alta qualidade, livres de antibióticos e agrotóxicos; ● Minimização dos riscos de contaminação química e biológica de aquíferos; ● Minimização de introdução de espécies exógenas a aquíferos; ● Licenciamento facilitado para a produção. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dependência contínua de energia elétrica; ● Severas limitações quanto à utilização de agrotóxicos e antibióticos; ● Necessidade de conhecimento em muitas áreas da engenharia, hidráulica, olericultura, veterinária, zootecnia, dentre outras; ● Altos custos de investimento inicial; ● Pouca tecnologia difundida no Brasil.

Fonte: Adaptado de Hundley & Navarro, 2013.

Os sistemas de aquaponia utilizados para aplicação das sequências didáticas

Foram propostos 2 sistemas pequenos de aquaponia para o trabalho na escola com as sequências didáticas. Alguns critérios foram estabelecidos para a produção desses sistemas, sendo que a redução do custo inicial para implantação foi fundamental para essa proposta. Um outro critério adotado foi a facilidade de manutenção e manejo dos sistemas.

A pesquisa bibliográfica orientou a proposta desses sistemas, ou seja, pensou-se em algo que qualquer professor de biologia, independentemente de sua experiência com o tema, pudesse implementar em sua escola a fim de trabalhar com esse processo. Assim, pode-se considerar que são sistemas para iniciantes na aquaponia.

Um documento que orientou a implantação desses sistemas é o folheto de Embrapa (2015) - Aquaponia: Uma alternativa de diversificação na aquicultura e horticultura familiar do Amapá.

A partir desse folheto, foram propostos dois sistemas, sendo que um é mais simples que o da Embrapa, uma vez que não apresenta um sistema de decantação. O segundo sistema é bem

parecido com o do folheto, com a diferença da capacidade do tanque de peixes e o número de compartimentos para tratamento e coleta de resíduos sólidos.

Ressalta-se, aqui, que os suportes para as camas de cultivo de plantas em ambos os sistemas foram montados sobre uma estrutura metálica que foi feita por um profissional de serralheria. Optou-se por um suporte com esse material devido ao fato de que esse sistema ficará em ambiente escolar e um suporte feito de madeira poderia causar riscos aos alunos, como a soltura de farpas, a decomposição da madeira, a presença de pregos, entre outros.

2.1 Memorial Descritivo do Sistema 1

Caixa D'água 250 litros

Dimensões (m):

Capacidade: 250 litros

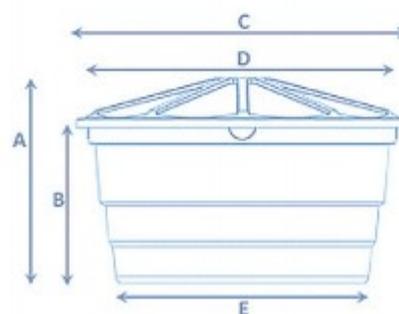
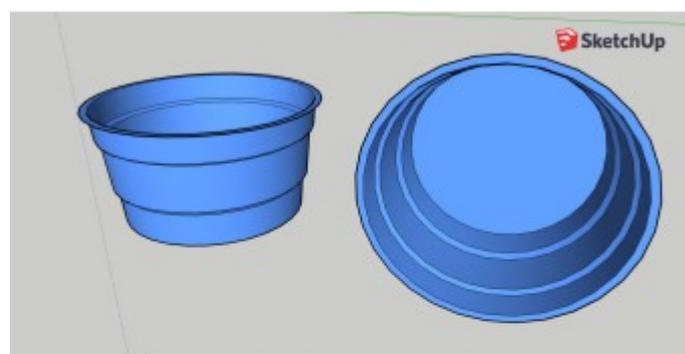
A (0,66) - Altura com tampa

B (0,50) - Altura sem tampa

C (1,04) - Diâmetro com tampa

D (1,03) - Diâmetro sem tampa

E (0,78) - Diâmetro da base



Tubos e Conexões

01 Adaptador Soldável Flange 3/4" para Tubo de 25mm

01 Adaptador Soldável Curto com Bolsa e Rosca 25mm x 3/4"

01 Bucha de Redução Rosqueável 1" x 3/4"

01 Bucha de Redução Rosqueável 1.1/4" x 1" Joelho 90° Soldável 25mm

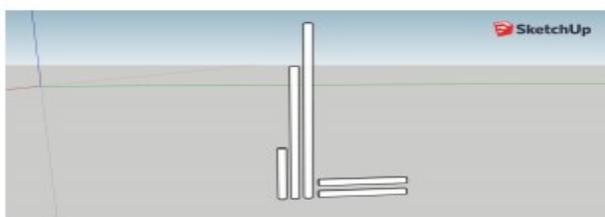
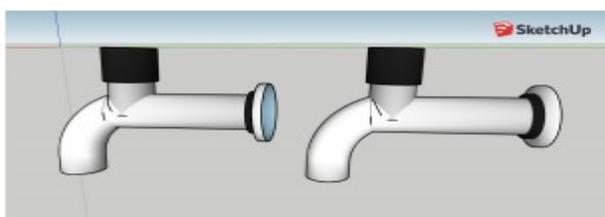
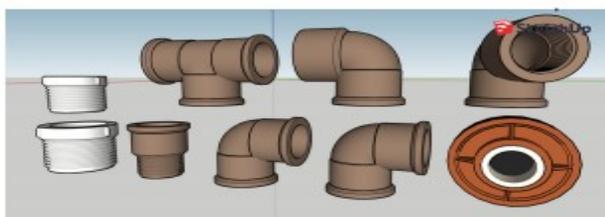
02 Joelho 90° Soldável e com Rosca 25mm 3/4" 01 Tê Soldável 25mm

02 Torneira Plástico 25 mm 01 Tubo PVC 25mm ~249 mm

01 Tubo PVC 25 mm ~568 mm

01 Tubo PVC 25 mm ~727 mm

02 Tubo PVC 25 mm ~309 mm



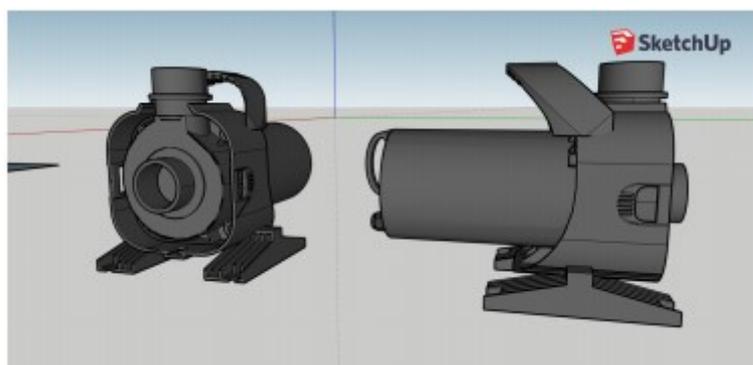
02

x

Bomba submersa

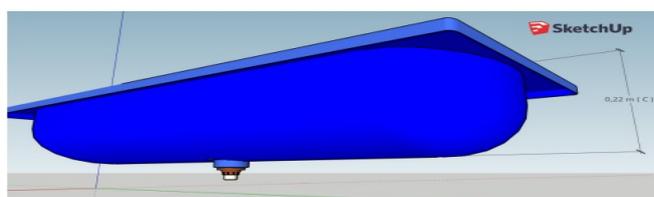
Bomba submersa com vazão mínima de 250l/h

Observação: Algumas bombas disponíveis no mercado já apresentam encaixes que facilitam a conexão com os tubos de 25 mm facilitando o trabalho de encaixe na tubulação.



Mesa de Cultivo

Cocho Polietileno 70 Litros 1,25m X 0,40m X 0,22m

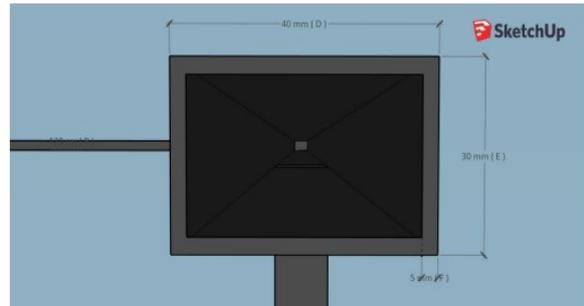
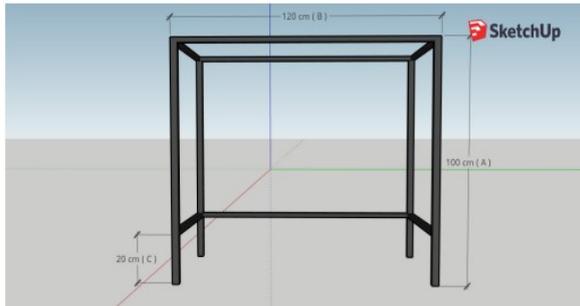


Observação: é necessário fazer um furo com uma serra "copo" no centro do cocho para instalação do flange de 25 mm. Sobre esse flange, será instalado o sifão sino.

Suporte tubular para a cama de cultivo (canteiro das plantas)

Estrutura em aço tubular 100cm x 40cm x 120cm

Detalhe da estrutura do metalon 40mm x 30mm



Sifão do tipo “sino” com snorkel

1 Adaptador Soldável ou Flange 3/4” para

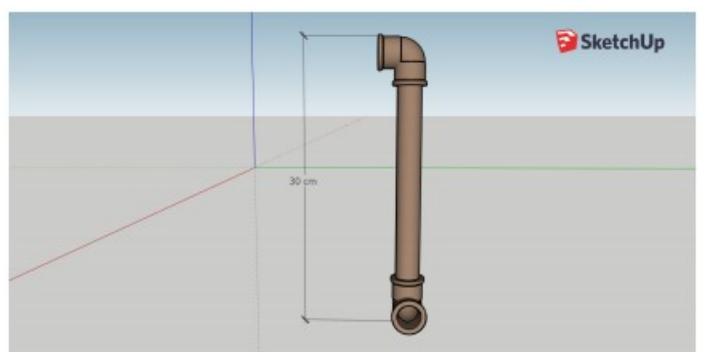
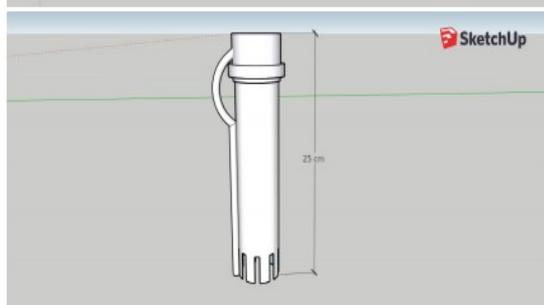
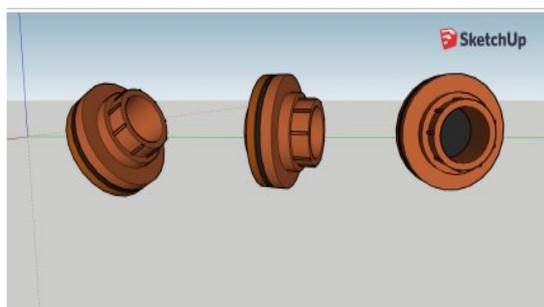
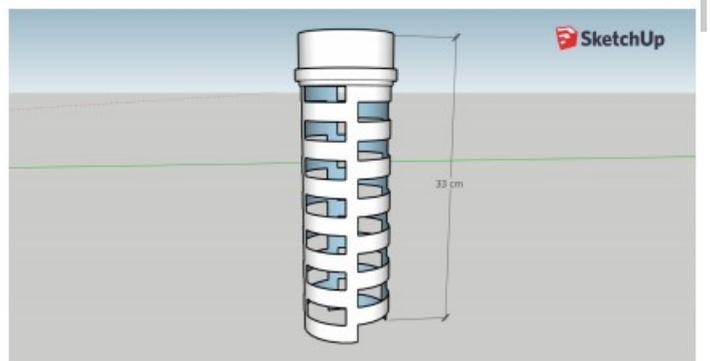
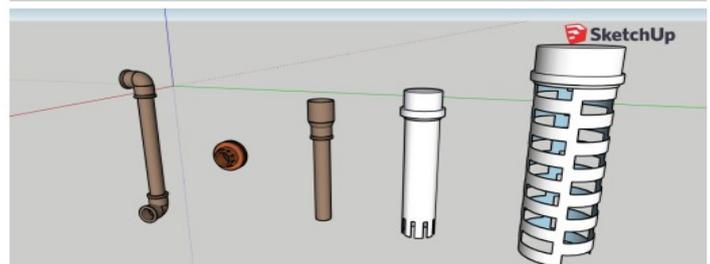
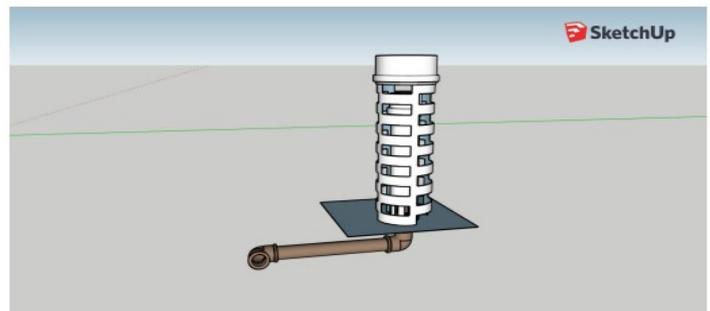
Tubo de 25mm 1 Bucha de Redução Soldável Longa
40mm x 25mm

1 Caps Virola PVC Br. 100mm. 1 Caps Virola PVC
Br. 50mm.

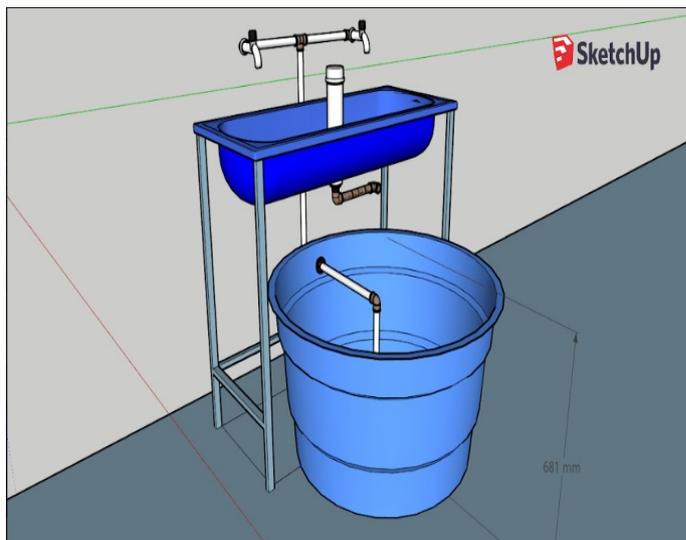
2 Joelho 90° Soldável 25mm 1 Cano de PVC 100mm
33cm com cap

1 Cano de PVC 50mm 25 cm com cap

1 Cano de PVC 25mm 22cm com redução 1 Cano de
PVC 25mm 30cm com cotovelos



O sistema depois de montado



Depois do processo de montagem, é importante encher o Sistema de água a fim de verificar a presença de vazamentos. Muitos vazamentos podem ser evitados com o uso de fita veda rosca nas tubulações rosqueáveis.

Em caso de outros vazamentos, pode-se fazer uso de silicone em gel usado em aquários.

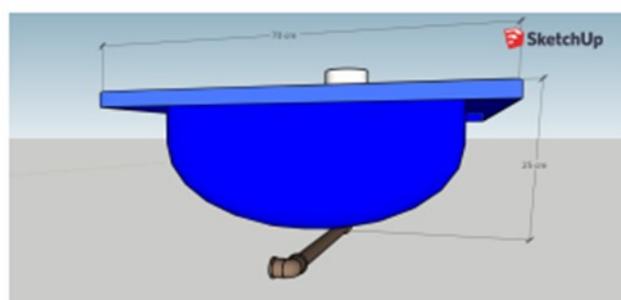
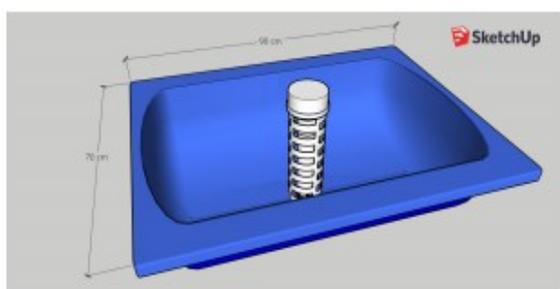
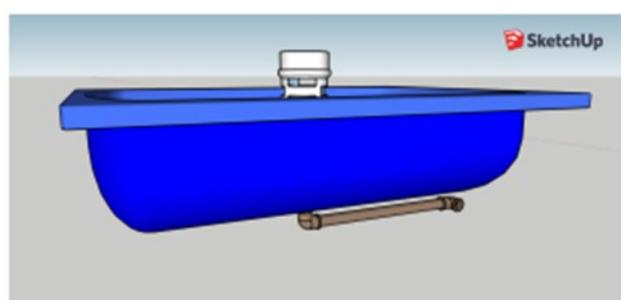
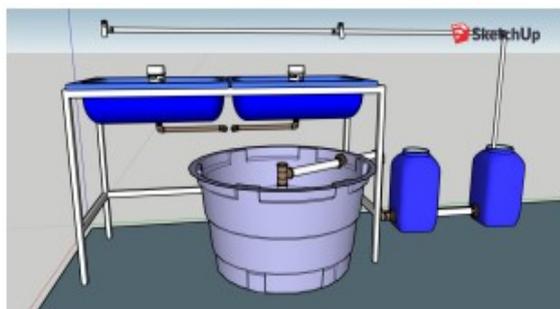


Memorial descritivo do sistema 2

Caixa d'água 500 litros

Dimensões 1,89 m x 0,76 m x 1,10 m

Cochos 0,90 m x 0,70 m x 0,25 m 85 litros



A mesa foi feita em estrutura de metal do tipo metalon de 30 mm x 40 mm. Dentro da estrutura, foram colocados os dois cochos que servirão de cama de cultivo (canteiro) para as plantas. O cocho precisou ser furado no fundo para instalação do sifão do tipo sino.

Caixa D'água de 500 l

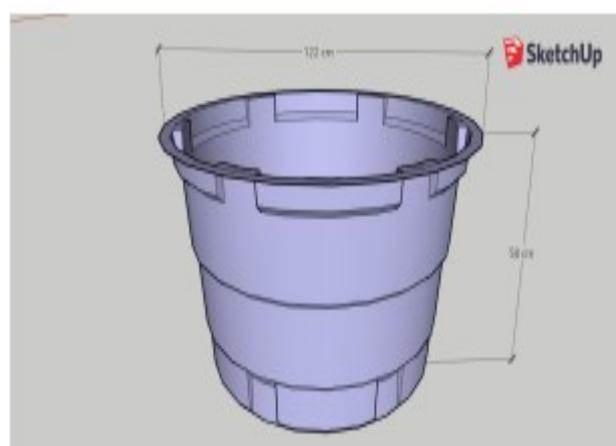
Dimensões (m)

Capacidade 500 litros

A (0,72) - Altura com tampa

B (0,58) - Altura sem tampa

C (1,24) - Diâmetro com tampa



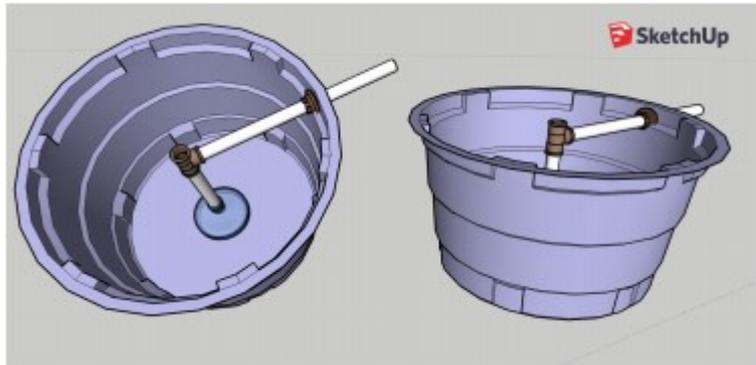
D (1,22) - Diâmetro sem tampa

E (0,95) - Diâmetro da base

Overflow

Dimensões (m) 58 cm de Altura

95 cm de comprimento



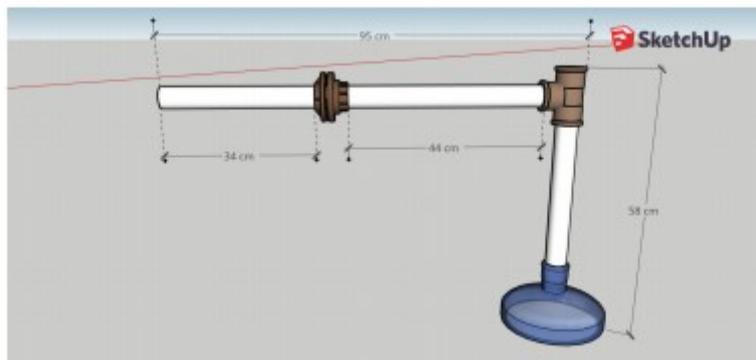
Componentes:

Galão de água 20 litros
retornável

Flange de 55 mm

Tê soldável 50 mm

Canos de 50mm



O *overflow* tem a função de drenar os resíduos dos peixes que se acumulam no fundo da caixa “tanque de peixes”. Geralmente, é cortada a “boca” de um galão de água de 20 l que se adaptará perfeitamente ao cano de 50mm. Os tubos de 50 mm foram cortados de forma que o *overflow* ficou no centro da caixa d’água, encostando no fundo. Daí foram retiradas essas dimensões. Caixas d’água com outras dimensões ou que se pretenda colocar o *overflow* em outro local que não o centro do tanque, terão outras dimensões para os tubos. Dessa forma, não é imprescindível repetir essas dimensões, mas os conceitos envolvidos.

Sistema de Drenagem e irrigação

Componentes

2 Joelho 90° Soldável 55mm

6 Flange 55mm 2 Registro Esfera Soldável 55mm

Bomba Submersa

1 Adaptador Soldável Curto com Bolsa e Rosca 25mm

1 Bucha de Redução Rosqueável 1/25

1 Bucha de Redução Rosqueável 1/28

1 Caps Virola PVC Br. 100mm

2 Joelho 90° Soldável 25mm

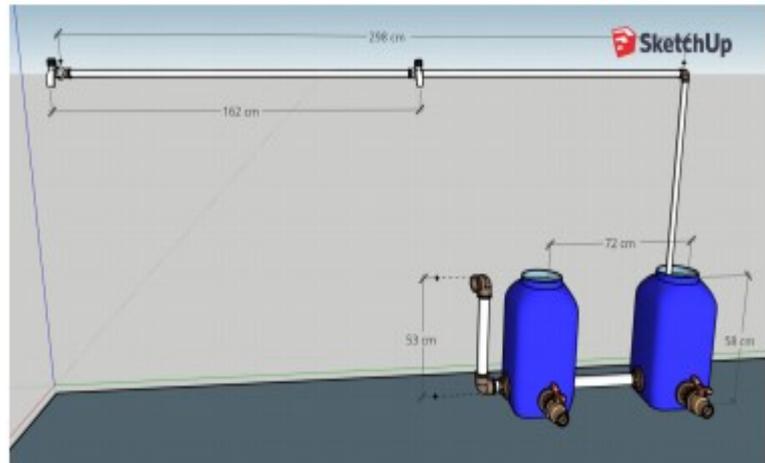
1 Tê Soldável 25mm

2 Torneira 25 mm

2 Bombonas de 50 litros

Cortes de cano de 50mm

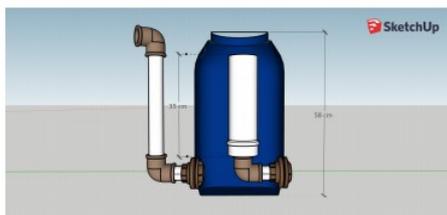
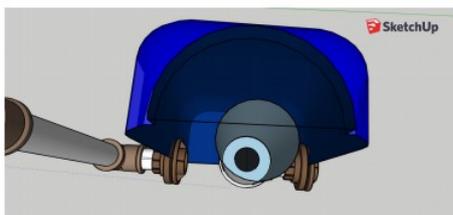
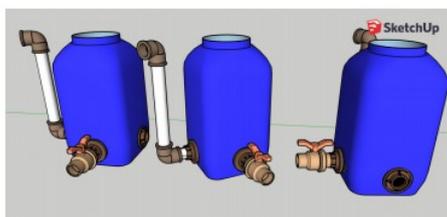
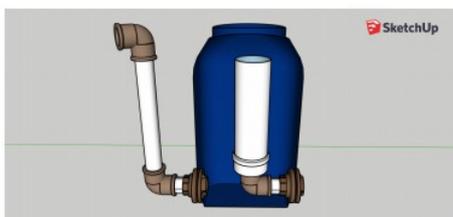
Cortes de cano de 25 mm



Detalhes da montagem do decantador

O decantador tem a função de acumular os resíduos que foram drenados através do *overflow* do tanque de peixes. Uma vez que a sujeira se acumula no fundo, esse compartimento pode ser limpo através da abertura de um registro que é colocado no fundo.

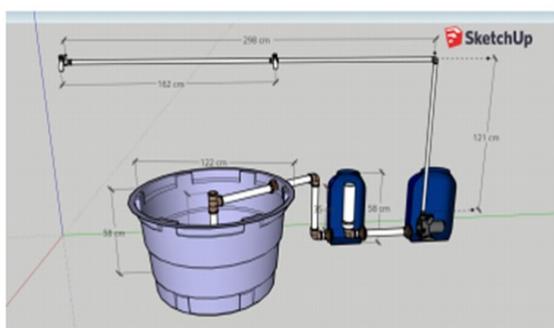
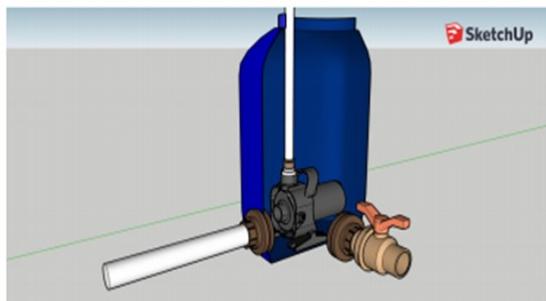
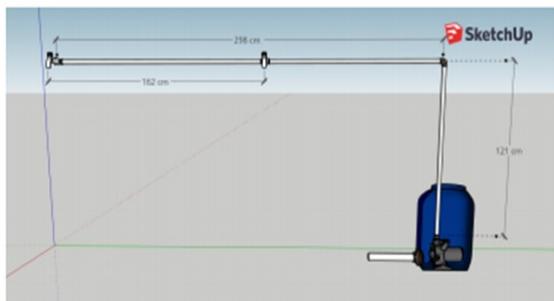
Esse sistema é bastante usado em sistemas de aquaponia domésticos ou de quintal e funciona bem no processo de manutenção das condições da água. Repare que um tubo de 100mm é colocado na extremidade do tubo que coleta a água que irá para o próximo compartimento, o sump. Esse tubo de coleta tem que ficar abaixo do nível da água da caixa d'água (de aproximadamente 5 cm), de modo



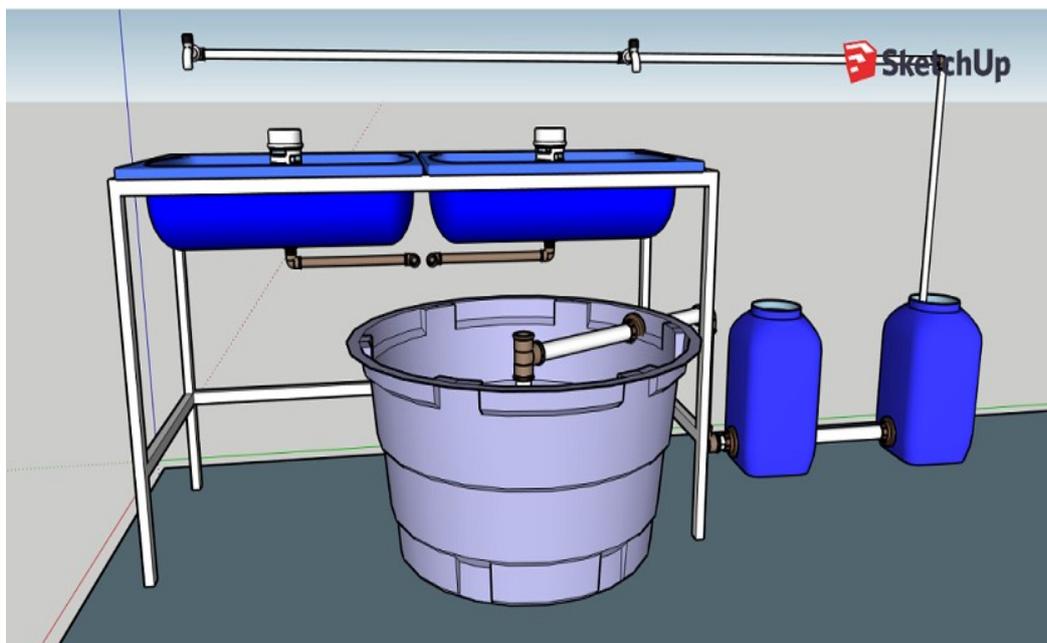
que a gravidade conduza a água para o sump.

Detalhes do Sump

O sump recebe a água que vem do decantador que se encontra com uma menor quantidade de resíduos sólidos. No fundo do sump, é colocada uma bomba submersa que impulsionará a água até as camas de cultivo de plantas.



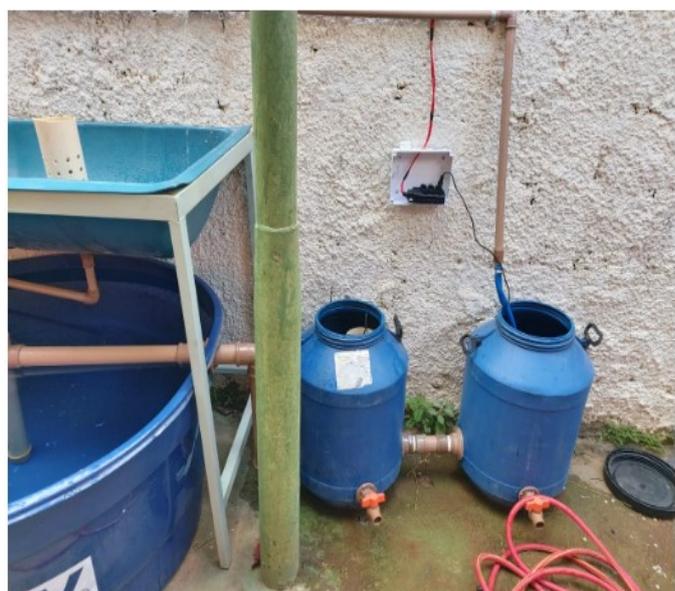
O sistema montado





O sistema foi montado em uma escola pública do DF para aplicação das sequências didáticas com aquaponia com turmas do Ensino Médio no turno noturno.

Com a pandemia deflagrada pela Covid 19, as atividades presenciais do ano letivo foram interrompidas, impedindo a aplicação das sequências didáticas.



Dessa feita, o sistema foi esvaziado e, assim que for possível o retorno das atividades presenciais, será reativado para servir às aulas de biologia e demais professores que desejem utilizar.

Ressalta-se que uma das preocupações foi a segurança elétrica, tendo em vista que o sistema se encontra em local aberto. Para isso, foi instalado uma caixa impermeável impedindo o contato dos fios com o ambiente.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – Biologia 1º ano

(Planejamento de sequência didática integrado ao projeto de aquaponia escolar)

1. Público alvo: 1º Ano do Ensino Médio.

2. Conteúdo Estruturante: Bioquímica, Ciclos biogeoquímicos, Educação Ambiental.

3. Conteúdo Básico: Propriedades da água, pH e tampões, ciclos do nitrogênio e agricultura sustentável.

4. Conteúdos Específicos:

- Capilaridade
- Tensão superficial
- Coesão
- Calor específico da água
- PH e tampões
- Ciclos Biogeoquímicos – Ciclo do Nitrogênio
- Educação ambiental – agricultura sustentável

5. Objetivos de aprendizagem:

- Relacionar as principais propriedades da água;
- Compreender a importância das propriedades da água para os fenômenos biológicos;
- Identificar as propriedades da água em experimentações práticas;
- Medir o PH em um Sistema de aquaponia;
- Discutir a importância do pH para a sobrevivência de peixes e bactérias;
- Ressaltar a importância das bactérias no ciclo do nitrogênio;
- Discutir os parâmetros da água necessários para a sobrevivência dos peixes, plantas e bactérias;

- Identificar práticas sustentáveis de cultivo de plantas e peixes.

6. Número de aulas estimado: 8 aulas de 50 minutos

7. Etapas da Sequência didática

7.1 1ª Aula

Modalidade de aula: aula dialogada e demonstrativa.

Estratégias:

Professor,

A aula poderá ser iniciada fazendo a leitura de texto didático em sala de aula sobre consumo da água e desperdício. Logo após, sugere-se uma problematização sobre o consumo da água e o conceito de sustentabilidade. Depois de feita a problematização, os alunos poderão ser conduzidos ao sistema de aquaponia a fim de observar seu funcionamento. Nessa etapa, pode ser discutido essa técnica como alternativa aos meios tradicionais de produção de alimentos.

Recursos didáticos: Texto didático, sistema de aquaponia, quadro branco e pincel.

Metodologia:

- Iniciar a aula realizando a leitura do texto didático sobre consumo e desperdício de água (Anexo 1).
- Logo após será feita uma problematização, sendo que algumas questões serão colocadas:
 1. Quais são as atividades que mais consomem água?
 2. É possível diminuir o gasto com água na produção de alimentos? Como?
 3. Vocês conhecem alguma técnica alternativa aos modelos tradicionais de produção de alimentos?

- Finalizada a discussão em sala de aula, levar os alunos ao sistema de aquaponia e mostrar seu funcionamento. Ressaltar alguns benefícios ambientais da aquaponia, tais como: utilização de uma quantidade mínima de água; possibilidade de produção em ambientes urbanos, pertos dos centros de consumo; aproveitamento integral dos insumos da água e ração; possibilidade de trabalhar com um sistema super intensivo, de alta densidade de peixes e hortaliças; obtenção de produtos de alta qualidade, livres de antibióticos e agrotóxicos; minimização dos riscos de contaminação química e biológica de aquíferos; minimização de introdução de espécies exógenas a aquíferos.

Avaliação: Participação e interação dos alunos nas discussões em sala de aula.

7.2 - 2ª e 3ª aulas

Modalidade de aula: aula prática realizada em sala de aula.

Estratégias:

- Dividir os alunos em grupos de 4 ou 5 participantes.
- Cada grupo receberá os protocolos (Anexos 2 e 3) e os materiais necessários para realização das práticas sobre as propriedades da água e as realizarão em sala de aula, conforme descrito no protocolo, sob supervisão do professor.

- Dessa forma, os grupos irão realizar os 2 experimentos em sala. Primeiramente, será realizado o experimento sobre capilaridade (flor que muda de cor). O segundo será o experimento da tensão superficial (água com purpurina e detergente). Logo após, será feita uma discussão a respeito dos experimentos e a importância dessas propriedades da água para a vida na terra.

Recursos didáticos: Protocolos dos experimentos, água, areia, corante de alimentos, copos de plástico, balões de festa, purpurina, detergente, 2 copos de água (vidro) e flor branca (cravo).

Metodologia:

- A aula será realizada em sala e o professor deverá disponibilizar os materiais necessários para realização dos experimentos. Os alunos serão divididos em grupos de até 5 alunos e seguindo o protocolo farão os experimentos e responderão as questões propostas.
- Após a realização dos experimentos, os grupos apresentarão seus resultados aos colegas e será iniciada uma discussão, estimulada pelo professor, sobre a importância das propriedades da água para a manutenção da vida: Por que a água é tão importante para a vida? Como essas propriedades da água propiciam uma condição favorável para que haja vida?
- Espera-se que, após a discussão, os alunos tenham um arcabouço conceitual sobre as propriedades da água e sua importância para a vida.

Avaliação: Participação nas atividades em grupo e nas discussões da aula.



Fonte: <http://eicovilha.blogspot.com/2013/01/experiencia-flores-que-mudam-de-cor-2.html>

7.3 - 4ª Aula

Modalidade da aula: aula prática com caráter investigativo.

Estratégias

O professor poderá iniciar a aula analisando os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema. Logo após, sugere-se que seja feita uma problematização. As respostas serão anotadas no quadro e será apresentado uma pequena aula em data show sobre o tema o pH e soluções tampões. Posteriormente, os alunos poderão ser divididos em grupos e levados ao sistema de aquaponia, onde cada grupo medirá o pH do tanque de peixes. Por último, os grupos irão apresentar seus resultados e será feita a discussão sobre a importância desse parâmetro para os seres vivos. Enquanto os alunos farão a medição do pH do sistema, o professor fará sozinho a medição do KH.

Algumas perguntas serão feitas pelo professor: Como podemos manter o pH do sistema de aquaponia em torno de 7,0 que é o desejável para sobrevivência dos peixes e das plantas? O que aconteceria aos peixes e plantas se o pH sofresse alteração? É possível colocar um tampão no sistema sem que haja prejuízo aos peixes e plantas?



Fonte: <https://www.saberesdojardim.com/como-medir-o-ph-do-solo/>

Os alunos terão que pesquisar e responder as questões propostas a fim de viabilizar soluções para um problema concreto tanto para sobrevivência das plantas quanto dos peixes.

É importante que o professor oriente os alunos na busca de soluções que sejam práticas e que possam ser testadas se necessário.

Recursos didáticos: Datashow, notebook, sistema de aquaponia, kit de medição de pH, quadro branco e pincel.

Metodologia:

- Verificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema;
- Problematização: Por que temos que medir o pH de um tanque de peixes?
- Durante a apresentação dos slides, estimular os alunos a comentarem as características observadas em cada imagem e anotarem no caderno as observações;
- Levar a turma ao sistema de aquaponia e distribuição do protocolo do experimento (Anexo 4);
- Medição do pH do tanque de peixes;
- Discussão em sala de aula;
- Falar sobre outro parâmetro da água o KH ou dureza de carbonatos que é a medida da capacidade de tamponamento da água. Apresentar as principais formas de tamponamento, como adição de bicarbonatos e carbonatos.

Avaliação: Participação e interação dos alunos nas discussões da aula.

7.4- 5ª e 6ª Aulas

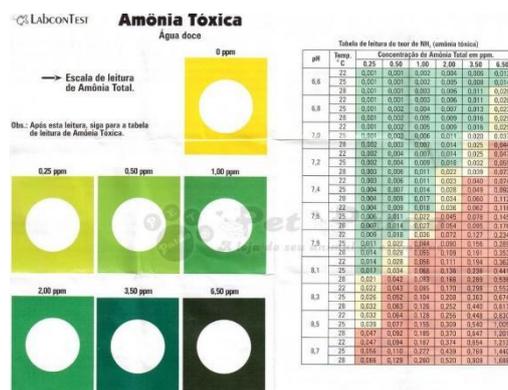
Modalidade de aula: Aula teórica e prática.

Estratégias:

O professor iniciará uma pequena apresentação em data show sobre o tema o ciclo do nitrogênio, enfocando os processos de produção e transformação da amônia no sistema de aquaponia.

Os alunos receberão um texto de apoio (Anexo 6) com esquemas didáticos para melhor entendimento da produção de amônia pelos peixes, bem como os processos de transformação desse metabólito em formas menos agressivas para os peixes, nesse caso, o nitrato que será absorvido pelas plantas como nutriente.

É importante que os alunos se atentem para os processos biológicos envolvidos na transformação da amônia em nitrito e posteriormente em



Fonte:

<https://www.casasbahia.com.br/petshop/peixes/analisedeagua/teste-de-amonia-nh3-agua-doce-alcon-13446143.html>

nitratos. Também serão feitas considerações a respeito da relação entre pH e amônia tóxica no sistema, ou seja, como o pH interfere nas formas de apresentação da amônia em solução aquosa.

Ressalta-se que essa aula pode ser de fácil compreensão apesar de sua complexidade, visto que os alunos serão levados para o sistema de aquaponia e farão a medição tanto do pH quanto da amônia. Também farão a medição do nitrito no sistema de aquaponia, onde a importância da conversão dessas formas de apresentação dos compostos nitrogenados será detalhada.

Enfoca-se, mais uma vez, que os testes utilizados já apresentam tabelas que relacionam essas medidas, indicando, com um espectro de cores, os valores desejáveis entre os níveis de amônia e pH.

Recursos didáticos: Datashow, notebook, kit de medição de nitrato e nitrito, termômetro de aquário e texto didático.

Metodologia:

- Apresentar os slides com as imagens;
- Durante a apresentação dos slides, estimular os alunos a comentarem as características observadas em cada imagem e anotarem no caderno as observações;
- Distribuição e leitura do texto de apoio (Anexo 6);
- Distribuição do protocolo de aula prática (Anexo 5) e encaminhar a turma ao sistema de aquaponia;
- Medição do pH do sistema de aquaponia;
- Medição da amônia, nitritos e nitratos no sistema.

Avaliação: Participação e interação dos alunos nas discussões da aula.

7.5 - 7ª e 8ª aulas

Modalidade de aula: Aula investigativa.

Introdução:

Um dos grandes problemas da agricultura tradicional consiste na utilização de agrotóxicos, como venenos para insetos, fungos, herbicidas, entre outros. Muitos destes produtos, apesar de serem relativamente seguros, têm impactos importantes na cadeia alimentar, bem como a poluição do solo e das águas. Inseticidas também têm causado um grande impacto nas abelhas que são as principais polinizadoras de diversas espécies de plantas.

Estratégias:

O professor iniciará a aula colocando uma problematização aos alunos: Quais os riscos que os agrotóxicos apresentam? É possível produzir alimentos sem o uso de agrotóxicos? Nesse caso, como poderíamos substituir esses produtos na produção de alimentos?

Após a discussão, os alunos farão a leitura de um texto didático sobre o tema (Anexo 8).

Logo após, será entregue aos alunos o protocolo de elaboração da calda de pimenta (Anexo 7). Essa calda é muito eficaz no combate a algumas pragas comuns em horticultura.

Os alunos serão levados ao sistema de aquaponia e farão a aplicação da calda de pimenta, previamente preparada nas plantas, conforme orientação.

Depois da elaboração da calda de pimenta e sua aplicação (previamente preparada pelo professor), os alunos retornarão à sala de aula e será feita uma discussão sobre a mudança nos métodos de produção de alimentos. Os alunos serão estimulados a participarem da discussão apresentando seus pontos de vista. Como tarefa extraclasse, os alunos farão um pequeno relatório em grupo (1 ou 2 páginas) sobre a aula e sobre agricultura sustentável.

Recursos didáticos: Texto didático, sala de informática, sistema de aquaponia, ingredientes para elaboração da calda de pimenta (protocolo de aula prática).

Metodologia:

- Problematização com os alunos em sala de aula;

- Dividir os alunos em grupo de 8 alunos e entregar o protocolo de elaboração da calda de pimenta;
- Levar os alunos para o sistema e fazer a aplicação do bioinseticida nas plantas.;
- Reservar a calda de pimenta produzida pelos alunos;
- Discussão em sala de aula.

Avaliação: Participação e interação dos alunos nas práticas e discussões da aula. Elaboração de relatório em grupo.

7. Referências:

Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006, CONTROLE alternativo de pragas e doenças das plantas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 27 p. (ABC da Agricultura Familiar, 4). Projeto Minibibliotecas.

CARVALHO, A. M. P. (Org.). Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013

CAVERO, B. A. S.; Pereira-Filho, M.; BORDINHON, A. M.; FONSECA, F. A. L. da; ITUASSÚ, D. R.; ROUBACH, R.; ONO, E. A. Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.39, n.5, p.513-516, 2004

EMPINOTTI, A., Barth, A., NIEDZIELSKI, D., TUSSET, E. A., STACHNIAK, E. e KRUPEK, R. A. (2014). Botânica em prática: atividades práticas e experimentos para o ensino fundamental. *Revista Ensino & Pesquisa*, 12(02), 52-103.

IBRAM. – Brasília-DF: Secretaria de Estado de Educação , 2017 Mensageiros da água : orientações para práticas pedagógicas / Elaboração: Gerência de Educação Ambiental, Patrimonial, IBRAM. – Brasília-DF : Secretaria de Estado de Educação , 2017; disponível em: <http://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/Mensageiros-da-agua_WEB-min.pdf> Acesso em: março/2019.

KRASILCHIK,, M. Prática de Ensino de Biologia. 4. ed. São Paulo: Harbra, 2004

LOPES, Sônia; ROSSO, Sergio. Bio. 2. 3a ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2016. Coleção. Manual do professor.

PEREIRA, L. & MERCANTE, C.T.J. (2005). A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Boletim do Instituto de Pesca, 31(1):81-8.

ULISSES, A. de F., dos SANTOS, A. T. B., de SENNA, D. S., de LIMA, SOUZA, J. R. C., MACHADO, L. C. A., da SILVA, M. W., BATISTA, R. S., PEREIRA, R. M., ESPINOSO, S. Q., & GONÇALVES, A. da S. (2017). VERIFICAÇÃO EXPERIMENTAL DE ASPECTOS RELEVANTES SOBRE A TENSÃO SUPERFICIAL EM UMA ABORDAGEM DIDÁTICA. Revista Ifes Ciência, 3(2), 3-15. Disponível em: <<https://doi.org/10.36524/ric.v3i2.318/>> Acesso em março/19

8. Anexos – Materiais didáticos para os alunos

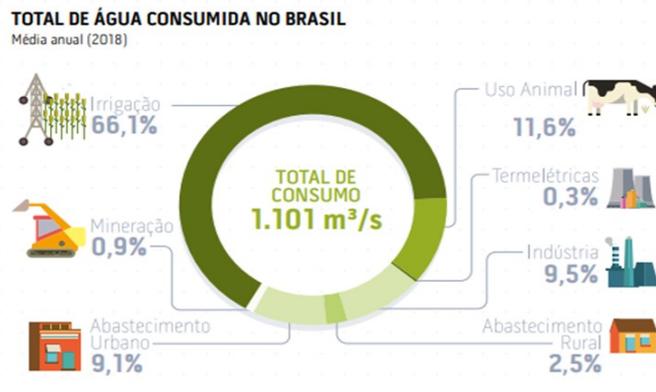
Anexo 1 - Texto didático – aula 1

Texto retirado e adaptado da cartilha Mensageiros da Água (CAESB. 2017, págs. 33 e 34)

Usos da água

A utilização da água pelo homem depende de sua disponibilidade, da realidade sócio econômica e cultural, das formas de captação, tratamento e da distribuição dela. Os principais usos da água são:

- **Abastecimento público:** o uso mais nobre da água – subdividido em uso doméstico (como fonte de vida, bebida, no preparo de alimentos, higiene pessoal, limpeza na habitação, irrigação de jardins e pequenas hortas particulares, criação de animais domésticos, entre outros) e público (moradias, escolas, hospitais e demais estabelecimentos públicos, irrigação de parques e jardins, limpeza de ruas e logradouros, paisagismo, combate incêndios, navegação, etc).
- **Industrial:** como matéria-prima, na produção de alimentos e produtos farmacêuticos; gelo e em atividades industriais nas quais a água é utilizada para refrigeração, como na metalurgia, para lavagem nas áreas de produção de papel tecido em abatedouros e matadouros; e em atividades que é utilizada para fabricação de vapor, como na caldeiraria, entre outros.
- **Comercial:** em escritórios, oficinas, nos centros comerciais e lojas, em bares, restaurantes, sorveterias, etc.
- **Agrícola e pecuário:** na irrigação da terra para produção de alimentos, para tratamento de animais, lavagem de instalações, máquinas e utensílios.
- **Recreacional:** em atividades de lazer, turismo e socioeconômicas, nas piscinas, lagos, parques, rios, entre outros.
- **Geração de energia elétrica:** na produção de energia através da derivação das águas de seu curso natural.
- **Saneamento:** na diluição e tratamento de efluentes.



Fonte: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_anual_2019-versao_web-0212-1.pdf Ameaças a água

Escassez: O desenvolvimento desordenado das cidades, aliado à ocupação de áreas de mananciais e ao crescimento populacional, provocam o esgotamento das reservas naturais de água e obrigam as populações a buscarem fontes de captação cada vez mais distantes. A escassez é resultado do consumo cada vez maior, do mau uso dos recursos naturais, do desmatamento, da poluição, do desperdício, da falta de políticas públicas que estimulem o uso sustentável, a participação da sociedade e a educação ambiental.

Desperdício: Resultado da má utilização da água e da falta de educação sanitária. O desconhecimento, a falta de orientação e informação aos cidadãos são os principais fatores que levam ao desperdício, que ocorre, na maioria das vezes, nos usos domésticos, ou seja, na nossa própria casa. Existem também as perdas decorrentes da deficiência técnica e administrativa dos serviços de abastecimento de água, provocadas, por exemplo, por vazamento e rompimentos de redes. Essas perdas também se devem à falta de investimento em programas de reutilização da água para fins industriais e comerciais, pois a água tratada, depois de utilizada, é devolvida aos rios sem tratamento, em forma de efluentes, esgotos, e, portanto, poluída.

A diferença entre uso consciente e desperdício

Uso	Consumo
 Banho de 20 minutos Banho ideal de 5 minutos	120 l 30 l
 Escovar os dentes ou barbear-se por 3 minutos com a torneira aberta Escovar os dentes ou barbear-se por 3 minutos abrindo e fechando a torneira	18 l 2 l
 Vaso sanitário com válvula e tempo de acionamento de 6 segundos Vaso sanitário econômico	10 a 14 l 3 a 6 l
 Lavar louça por 15 minutos com a torneira aberta Lavar a louça por 15 minutos abrindo e fechando a torneira	240 l 70 l
 Lavar roupa no tanque com a torneira meio aberta por 15 minutos Lavar roupa enchendo o tanque e fechando a torneira	280 l 80 l
 Lavar a calçada com a mangueira durante 15 minutos Limpar a calçada com a vassoura, sem uso de água Lavar o carro com a mangueira meio aberta por 30 minutos Lavar o carro utilizando um balde	280 l 0 l 220 l 60 l

Fonte: https://www.caesb.df.gov.br/images/arquivos_pdf/cartilha_agua_cidadao2.pdf

Estima-se que o desperdício de água no Brasil chegue a 70%.

Onde gastamos nossa água?

- **Em casa:** Em média, 78% da água é gasta no banheiro.
- **No banho:** Um banho demorado chega a gastar de 95 a 180 litros de água limpa. Banhos de no máximo cinco a quinze minutos economizam água e energia elétrica. Abra o chuveiro, molhe-se, feche-o, ensaboe-se e depois abra para enxaguar, ao invés de passar o tempo todo com o chuveiro ligado.
 - **Na escovação dos dentes:** Escovar os dentes com a torneira aberta gasta até 25 litros. Escove primeiro, depois abra a torneira apenas o necessário para encher um copo com a quantidade adequada para o enxágue.
 - **Na descarga:** Uma válvula de vaso sanitário no Brasil chega a consumir vinte litros de água tratada quando acionada uma única vez. Aperte apenas o tempo necessário e não jogue lixo no vaso.
 - **Na torneira:** Uma torneira aberta gasta de doze a vinte litros/minuto. Pingando, 46l/dia.
 - **Na lavagem de louças:** Lavar as louças, panelas e talheres com a torneira aberta o tempo todo acaba desperdiçando até 105 litros. O certo é primeiro escovar e ensaboar e depois enxaguar tudo de uma só vez.
 - **Na lavagem de carros:** Com a mangueira aberta o tempo todo, consome-se, em média, seiscentos litros. Com balde, aproximadamente sessenta litros.

Anexo 2 - Protocolo de aula prática – Capilaridade (aulas 2 e 3)

Esta simples prática desperta muito interesse por causa de sua beleza. Através do experimento, será possível ver o transporte de seiva através de vasos condutores presentes nas plantas. Ressalta-se que, através desse processo, a água absorvida pelas raízes é distribuída por todo o corpo da planta, chegando até as folhas e flores.

É importante perceber o fenômeno da capilaridade que resulta das forças de coesão e adesão entre as moléculas de água e a parede do tubo. Devido à ação dessas forças, líquidos sobem naturalmente por alguns centímetros através de tubos finos, como nos vasos que compõem o xilema. Mas a capilaridade sozinha não é capaz de levar a água até as folhas das árvores mais altas. Por esse motivo, destaca-se nesse fenômeno a importância da força de sucção gerada pela transpiração das plantas, que ocorre principalmente nas folhas das plantas.

Materiais necessários:

- Flores brancas (ou bem claras). Pode ser rosa, margarida, cravo branco, crisântemo, entre outras.
- Água.
- 2 copos.
- Tesoura.
- Estilete.
- 2 colheres.
- Corante alimentício em duas 2 cores (azul e vermelho dão bons resultados!).

Procedimento:

1. Coloque água até a altura da metade dos copos. Acrescente entre 30 e 40 gotas do corante alimentício azul em um copo e do vermelho no outro copo e depois misture com o auxílio da colher.
2. Selecione uma flor e corte o caule até uma altura que permita que ela seja colocada no copo com água sem cair (rosas, por exemplo, costumam vir da floricultura com um

caule muito longo). Com o estilete, divida a parte final do caule (aproximadamente 10 cm) em duas partes, tomando cuidado para não quebrar.

3. Coloque a flor na água com corante, de maneira que metade do caule fique num copo e a outra metade no outro copo.
4. Aguarde. Em dias quentes, os resultados começam a aparecer após cerca de 10 minutos. As pétalas começam a ganhar cor – azul ou vermelho – de acordo com o lado do caule pelo qual são irrigadas.

Guarde o experimento em um local adequado e espere para ver o que vai acontecer. O resultado é mais visível e bonito nas pétalas, mas depois de algumas horas é possível observar que as folhas também começam a ficar coloridas.

Anexo 3 - Protocolo de aula prática – Tensão Superficial (aulas 2 e 3)

De acordo com o que foi explicado em sala de aula, a Tensão superficial resulta das forças de atração entre as moléculas de água. Isso ocorre porque as moléculas de água realizam pontes de hidrogênio em todas as direções, sendo que esse tipo de interação molecular é bastante forte. É por causa dessa interação forte entre as moléculas de água que insetos podem andar sob a superfície da água, pois não conseguem vencer essa película formada pelas forças de adesão e coesão entre as moléculas de água.

Através dessa prática, será possível ver as forças de tensão superficial entre as moléculas de água.

Materiais e Reagentes:

- 1 béquer ou 1 copo de vidro;
- Água;
- Purpurina;
- Detergente (lava-louças).

Procedimento Experimental:

1. Coloque água nos dois copos de vidro;
2. Acrescente delicadamente a purpurina;
3. Coloque algumas gotas de detergente nos dois copos e observe em cada caso o que ocorre.

Anexo 4 - Protocolo de aula prática - Medição do pH no sistema de aquaponia (aulas 4)

O pH, ou “potencial hidrogeniônico”, é utilizado para soluções aquosas e baseia-se em uma escala logarítmica para definir o grau de acidez ou alcalinidade de uma solução. Esse parâmetro da água é fundamental em um sistema de aquaponia, pois influencia na sobrevivência de peixes, plantas e bactérias, uma vez que o pH altera a solubilidade e disponibilidade de nutrientes.

A escala de pH varia entre valores de 0 a 14, sendo 0 a acidez máxima e 14 a alcalinidade máxima. Em aquaponia, buscamos valores neutros, próximos a 7.

Materiais

- Kit para medição de pH e KH;
- Água do sistema de aquaponia;
- Escala para comparação dos valores medidos no sistema;

Procedimentos

Os procedimentos para medição do pH podem variar, conforme o teste de pH que está sendo utilizado pelo professor. Em nossa prática, será utilizado um teste de pH químico de aquarismo, que indica com cores os valores de medidos na água. Nesse caso, os alunos vão coletar uma pequena quantidade de água em um tubo de ensaio com uma marcação. A água é colocada até esse nível e algumas gotas dos reagentes são colocadas na água do tubo, conforme indicação do fabricante do teste. Após algum tempo, já é possível ver a cor alterada e é feita uma comparação com uma escala de cores, que indicam os valores de pH.

Análise do pH com escala de cores. Foto do autor.



Anexo 5 - Protocolo de aula prática - Medição do pH, nitratos e nitritos no sistema de aquaponia (aulas 5 e 6)

Este experimento consiste na medição dos níveis de amônia tóxica, nitratos e nitritos no sistema. Apesar de ser um procedimento simples, é importante que você tenha prestado atenção na explicação sobre cada um desses parâmetros ou, em caso de dúvidas, consulte o texto que foi distribuído em sala de aula ou procure o professor, a fim de esclarecer suas dúvidas.

Materiais

- Kit para medição de pH;
- Kit para medição de amônia (NH_4^+);
- Kit para medição de nitrito (NO_2^-);
- Kit para medição de nitrato (NO_3^-);

Procedimentos

Os procedimentos para medição do pH, amônia (NH_4), nitratos (NO_2) e nitritos (NO_2) que serão utilizados nessa prática envolvem a coleta de água no sistema em tubos de ensaio e colocação do reagente, conforme indicação do fabricante. Uma vez que o resultado seja perceptível, compare com as tabelas disponíveis nos frascos, conforme indicação do fabricante.

O texto de apoio disponível auxiliará na realização das análises referentes aos níveis de amônia, nitrito e nitrato no sistema, ou seja, é importante determinar se as bactérias estão fazendo a transformação da amônia em nitritos e, posteriormente, em nitratos, que são fonte de nitrogênio para as plantas.

Anexo 6 - Texto de Apoio: Aulas 5 e 6 - Ciclo do Nitrogênio

O Nitrogênio é um elemento químico presente na atmosfera na forma de gás (N₂), na proporção de aproximadamente 79%, vindo na frente do gás oxigênio na composição do ar. Apesar disso, esse gás não é aproveitado pela maior parte dos seres vivos (Lopes, Sonia 2016).

Pode-se afirmar que o nitrogênio está presente em todos os seres vivos, visto que grande parte dos compostos orgânicos como aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos possuem esse elemento químico. Mas como esse elemento químico está presente nos seres vivos se a maioria não consegue aproveitar esse gás?

A resposta está no ciclo do Nitrogênio. Esse gás pode ser transformado na atmosfera através de vários fenômenos, como descargas elétricas, radiação cósmica e outras fontes de energia que fazem a reação do nitrogênio com o oxigênio e hidrogênio atmosférico, formando compostos como a amônia (NH₄) e o nitrito (NO₃). No entanto, a maior parte da transformação do gás nitrogênio é feita através de biofixação, sendo que a participação de bactérias fixadoras de nitrogênio é fundamental nesse processo.

Esse processo de biofixação ocorre de outras formas: 1) bactérias associadas a raízes de plantas (**Biorrizas**); 2) Bactérias de vida livre; 3) Cianobactérias. As novas formas de gás nitrogênio, principalmente na forma de amônia e nitrito, são transformadas por bactérias dos gêneros Nitrossomonas e Nitrobacter, através de um processo autotrófico conhecido como quimiossíntese, conforme a reação a seguir:

Nitrossomonas – que oxidam amônio a nitrito:



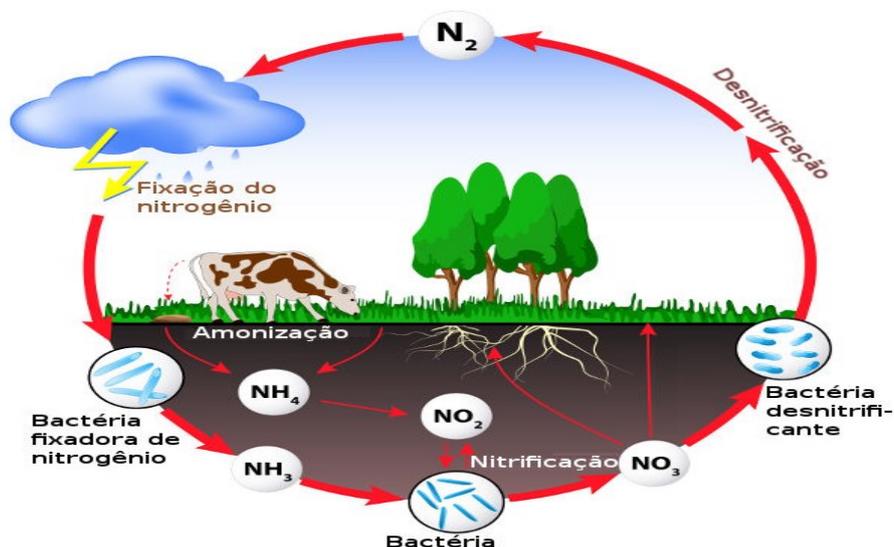
Nitrobacter – que oxidam nitrito a nitrato:



O nitrato é uma forma absorvível para as plantas e poderá entrar no seu metabolismo formando os mais diversos compostos nitrogenados. Animais e outros seres heterótrofos absorvem esse nitrogênio através da digestão ou absorção de plantas e outros animais.

O nitrogênio volta à atmosfera pelo processo de desnitrificação, que é feito por bactérias desnitrificantes.

Figura 1. O ciclo do nitrogênio



Fonte: Brasil Escola

Ciclo do Nitrogênio na Aquaponia

Na aquaponia, assim como em outras formas de piscicultura intensiva, a maior fonte dos compostos nitrogenados incorporados à água é a alimentação (Pereira & Mercante, 2005). Cavero e colaboradores (2004) verificaram que, nesses sistemas, quando a biomassa é pequena, são verificados baixos níveis de amônia, visto que esses compostos são resultantes do metabolismo de proteínas. À medida que a biomassa aumenta, maior quantidade de alimento é oferecido e, conseqüentemente, os níveis de amônio.

Assim como em outros ambientes, a amônia se transforma em nitritos e depois em nitratos, pela ação de bactérias dos gêneros *Nitrobacter* e *Nitrossomas*. Essas bactérias povoam a biota das camas de cultivo, decantadores ou sumps presentes no sistema de aquaponia. O nitrato é absorvido pelas plantas, servindo de matéria-prima para a síntese de compostos nitrogenados. A figura 2 ilustra o processo do ciclo do nitrogênio em um sistema de aquaponia.

Figura 2. O ciclo do nitrogênio na aquaponia



É importante dizer que, uma vez que se faça a medida da amônia no sistema de aquaponia, esse parâmetro predirá se os níveis são tóxicos ou não. Entretanto, para se medir a toxicidade da amônia no sistema, é preciso analisar o pH, isso porque a amônia em meio aquoso pode se apresentar na forma de íon amônio (NH_4^+) ou na forma de gás (NH_3). Em pH básico, o íon amônio se transforma em amônia gasosa e livre (NH_3), sendo essa forma muito tóxica aos peixes, o que pode causar doenças ou até mesmo a morte. Por isso, é necessário estabelecer essa relação entre pH e amônia, ou seja, analisar se o nível de amônia é adequado aos níveis de pH.

Ressalta-se que a amônia na forma não ionizada (NH_3) pode prejudicar a transformação da energia dos alimentos em ATP, prejudicando o crescimento, entre outros processos (Pereira e Mercante, 2006).

Os kits comerciais de medição de amônia, geralmente vendidos em lojas de aquário, contêm uma tabela indicando os valores de amônia adequados para o PH, sendo estes marcados com a cor verde. Já os níveis marcados com cor vermelha demonstram uma condição que não é desejável para o funcionamento do sistema. Nesses casos, é preciso rever o tamponamento do sistema ou fazer uma troca parcial da água do sistema, sob risco da perda ou adoecimento de peixes.

Outro parâmetro importante de ser analisado no sistema é o nível de nitrito. O nitrito, apesar de ser menos tóxico para os peixes que a amônia, pode comprometer o transporte de oxigênio para os tecidos, visto que esse elemento reage com a hemoglobina do sangue do peixe, podendo causar, entre outros sintomas, o estresse, os peixes ficam ofegantes, lentos, podendo também levá-los à morte.

Anexo 7 - Protocolo de aula prática - Aulas 7 e 8 - Preparação de inseticidas caseiros para o controle de pragas

Calda de Pimenta

Este experimento consiste na produção de um inseticida caseiro para aplicação nas plantas a fim de evitar o desenvolvimento de insetos que possam prejudicar o desenvolvimento ou sobrevivência das plantas.

Materiais

- Álcool líquido 46° INPM;
- 100g de pimenta-do-reino;
- Garrafa pet;
- Coador.

Procedimentos

- Misturar 100 gramas de pimenta-do-reino com 1 litro de álcool em uma garrafa pet ou em um vidro com tampa.
- Deixe em repouso por uma semana de preferência em local escuro.
- Coe em um coador de pano e guarde num vidro que receberá tampa e um rótulo identificando o conteúdo.

Como usar a calda de pimenta

Após o repouso e coagem do líquido, despeje em um borrifador pequeno e aplique nas plantas do sistema de aquaponia, tomando cuidado para não despejar o conteúdo diretamente na cama de cultivo.

Anexo 8 - Texto de apoio: aulas 7 e 8 - O famoso caso do DDT

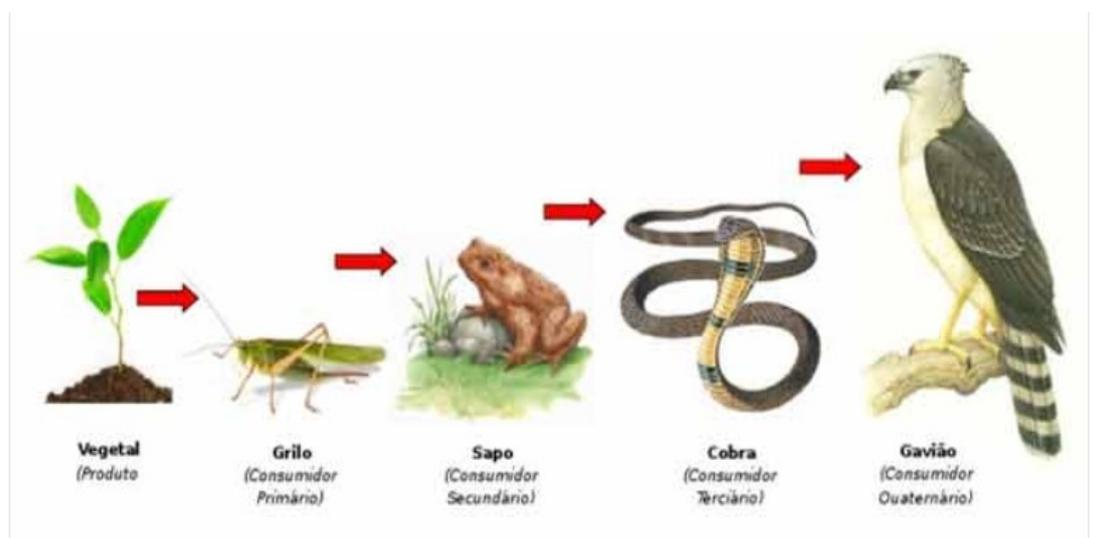
O DDT é o agrotóxico mais conhecido do grupo dos organoclorados. Seu desenvolvimento ocorreu em 1939, durante a segunda guerra mundial, e rendeu ao descobridor de suas propriedades, o cientista suíço Paul Muller, o prêmio Nobel de medicina devido ao uso no combate à malária.

Esse inseticida foi utilizado por soldados no combate a piolhos durante a grande guerra e amplamente usado a partir de 1945, tanto nas lavouras em grande escala, quanto no combate a doenças tropicais como malária e leishmaniose.

Em 1962, no livro “Primavera Silenciosa”, a autora, Rachel Carlson, que estudava aves, sugeriu que a principal causa da diminuição da população de espécies de topo de cadeia alimentar, como o falcão peregrino, era o uso em larga escala do DDT. Esse livro é considerado por muitos o primeiro manifesto do movimento ambientalista no mundo.

De acordo com a autora, o DDT que era aplicado para matar insetos passava para os outros seres presentes na cadeia alimentar. Por exemplo, um sapo se alimentava de um inseto contaminado com DDT e ficava com esse produto retido em seu corpo. Ao se alimentar do sapo, a cobra também ficava com esse produto. Por último, um gavião que se alimentava dessa cobra também ficava com esse produto em seu organismo, sofrendo seus efeitos nocivos.

O que é uma cadeia alimentar

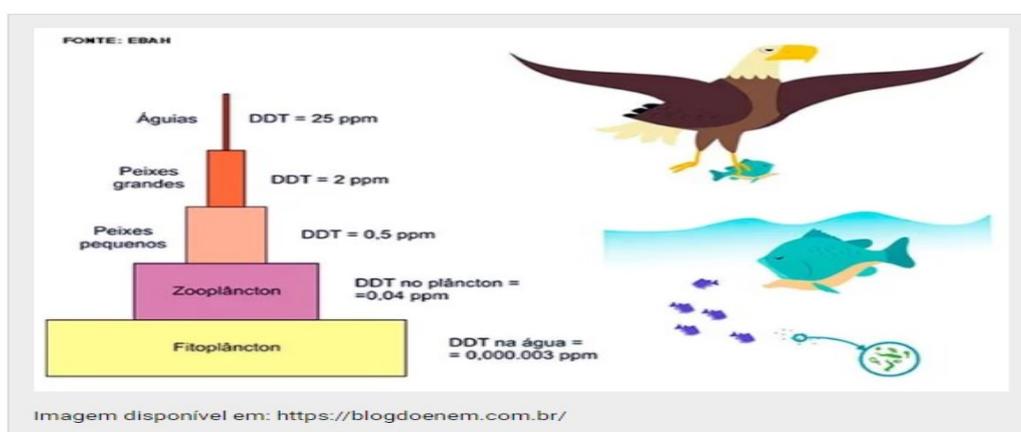


Fonte: <https://planetabiologia.com/o-que-e-cadeia-alimentar/>

Esse agrotóxico, além de se acumular nas cadeias alimentares terrestres, também se acumulava nas cadeias alimentares aquáticas, prejudicando desde pequenos peixes, até os predadores de topo de cadeia alimentar.

Para piorar o quadro, foi descoberto um fenômeno chamado biomagnificação ou magnificação trófica, ou seja, a concentração de DDT aumentava conforme os níveis tróficos em uma cadeia alimentar. Dessa forma, predadores de topo de cadeia apresentavam uma concentração maior de DDT do que consumidores secundários, por exemplo.

Acumulação do DDT na cadeia alimentar



Fonte: <https://biologiaresolvida.com.br/resumo/resumo-biomagnificacao-magnificacao-trofica/>

Na espécie humana, esse inseticida causava desde tonturas, dores de cabeça, até danos neurológicos, cardíacos e respiratórios. Esse produto persistia no ambiente por 30 anos até sua degradação.

Por todos esses efeitos, esse inseticida teve sua produção diminuída e, a partir de 1970, vários países proibiram sua produção e comercialização, sendo a Suécia o primeiro. No Brasil, o DDT foi proibido somente em 2009.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – Biologia 2º ano

(Planejamento de sequência didática integrado ao projeto de aquaponia escolar)

1 - Público alvo: 2º Ano Ensino Médio.

2 - Conteúdo Estruturante: A diversidade dos seres vivos.

3 - Conteúdo Básico: Os moneras, animais vertebrados (peixes), plantas.

4 - Conteúdos Específicos:

- Características gerais, reprodução, nutrição e respiração das Bactérias;
- As características dos peixes, evolução e classificação desse grupo e modo de vida desses animais (nutrição, fisiologia, reprodução);
- Características gerais das plantas (angiospermas), nutrição das plantas (macro e micronutrientes), fotossíntese;
- Agricultura sustentável.

5 - Objetivos de aprendizagem:

- Identificar e cultivar seres microscópicos;
- Estabelecer relações entre seres vivos microscópicos unicelulares (bactérias) e seres macroscópicos (peixes e plantas);
- Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos;
- Identificar características morfológicas e fisiológicas dos peixes;
- Discutir parâmetros biológicos importantes para a vida dos peixes na água.
- Observar relações ecológicas entre as espécies observadas no sistema de aquaponia.

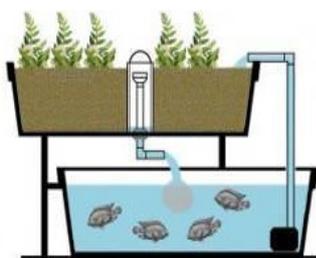
6 - Número de aulas estimado: 8 aulas de 50 minutos cada uma.

7 Etapas da sequência didática:

7.1 - 1ª Aula

Modalidade da aula: aula prática experimental.

Estratégias: Aula realizada no sistema de aquaponia. Primeiramente, o assunto será apresentado em sala de aula, no máximo por 15 minutos. Nessa apresentação, o conteúdo será o Reino Monera e as características gerais das bactérias. Posteriormente, será realizada a coleta de bactérias em diferentes locais do sistema de aquaponia, ou seja, tanque, decantador e cama de cultivo. Ressalta-se que esse experimento requer tempo para demonstração dos resultados, entretanto, após 3 a 4 dias, já é possível ver a diferença nas colônias de bactérias coletadas nos diversos pontos do sistema de aquaponia. É importante que os alunos percebam e discutam o papel das bactérias no sistema e sua função na ciclagem dos nutrientes.



Sistema Básico de Aquaponia

Fonte:

<http://muralinterdisciplinar.blogspot.com/2017/10/sifao-de-bell-em-aquaponia.html>

Recursos didáticos: data show, slides com pequena apresentação Power Point, sistema de aquaponia, copos de plástico com tampa, ágar, cotonetes.

Metodologia:

- Apresentação oral de aproximadamente 15 minutos com auxílio dos slides com as imagens sobre o Reino Monera.
- Durante a apresentação dos slides, estimular os alunos a comentarem as características observadas em cada imagem e que anotarem

no caderno as observações.

- Após a exibição das imagens, a turma será dividida em grupos de 5 alunos.
- Os alunos receberão os protocolos do experimento (Anexo 1) e os materiais e as explicações necessárias para sua realização. Como esse experimento utiliza meio de cultura de bactérias, o ideal é que o professor leve os copinhos tampados com o meio de cultivo preparado anteriormente à aula.
- Os alunos farão a coleta das bactérias em diferentes partes do sistema de aquaponia.

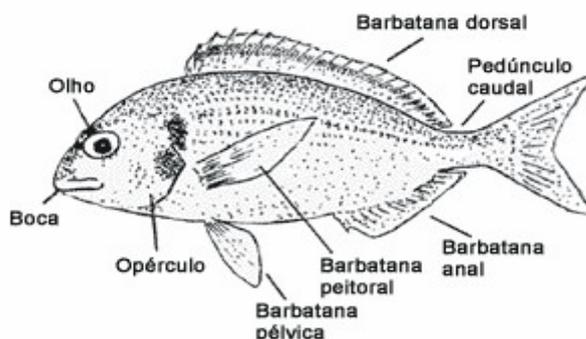
- Os resultados serão revelados após 3 a 4 dias e os alunos deverão anotá-los e elaborar um relatório da prática como atividade extraclasse.

Avaliação: Elaboração de relatório da aula prática. O relatório deverá conter: uma introdução breve sobre o Reino Monera, descrição da metodologia utilizada, anotação dos resultados e discussão.

7.2 2ª Aula

Modalidade de aula: aula dialogada.

Estratégias: exibição de slides com diversas imagens de peixes, incluindo suas principais características e sistemas. Discussões/debate das características observadas.



Fonte: <https://blogdoenem.com.br/biologia-peixes/>

Recursos didáticos: Datashow, notebook, livro didático, quadro branco e pincel.

Metodologia:

- Apresentação oral com auxílio dos slides com as imagens.
- Durante a apresentação dos slides, estimular os alunos a comentarem as características observadas em cada imagem e anotarem no caderno as observações.
- Após a exibição das imagens, promover uma discussão de como poderíamos relacionar determinada característica observada com o modo de vida do animal. Promover também questionamentos de como esses animais conseguem sobreviver no meio aquático.
- Ao final, propor a entrega de um trabalho para a próxima aula: elaborar um quadro destacando as semelhanças e diferenças entre peixes cartilagenosos e ósseos que foram anotadas e discutidas na aula.

Avaliação: Participação e interação dos alunos nas discussões da aula.

7.3 3ª Aula

Modalidade de aula: aula prática.

Estratégias: Aula prática realizada no sistema de aquaponia. Nessa aula, os alunos farão a colocação de alguns peixes no tanque de peixes. Para colocá-los, é preciso realizar o processo de aclimatação. Esse processo é simples e pode gerar discussões a respeito da fisiologia dos peixes.

Recursos didáticos: Sistema de aquaponia, alguns exemplares jovens de Tilápia no Nilo.

Aclimatação dos peixes



Aclimatação de peixes.

Peixes jovens são transportados em uma sacola plástica (a). Esta fica flutuando sobre a água do tanque que irá receber os peixes (b). Ocorre as trocas de água com o auxílio de uma caneca (c).

Fonte: Somerville et al., 2014.

Metodologia:

- Dividir os alunos em grupos de 5 a 6 componentes;
- Entregar o protocolo (Anexo 2) e explicar brevemente o processo de aclimatação dos peixes;

- Levar os alunos para o sistema de aquaponia e entregar um saco plástico com os peixes que serão colocados no tanque (um ou dois peixes no máximo por grupo);
- Pedir que os grupos façam o processo de aclimação dos peixes cuidadosamente, conforme protocolo. Durante o processo de aclimação, fazer alguns questionamentos aos grupos:
 - 1) Por que estamos realizando esse processo de aclimação dos peixes?
 - 2) O que ocorreria se colocássemos os peixes diretamente no tanque sem aclimatá-los?
 - 3) Com quais parâmetros da água, por exemplo: temperatura, pH, entre outros os peixes estão se acostumando paulatinamente?

Avaliação: Participação e interação no momento da aula.

7.4 4ª aula

Modalidade da aula: aula prática experimental.

Estratégias: Aula realizada no sistema de aquaponia. Os alunos terão que medir o oxigênio dissolvido na água através de testes de aquário. Esse parâmetro é um dos mais importantes para a sobrevivência do sistema, simples de ser reconhecido através dos testes simples de aquarismo e requer intervenções nas instalações dos peixes em caso de valores inadequados nessas medições. Salienta-se que ele também atua na sobrevivência de bactérias e sofre interferência da temperatura.

Recursos didáticos: Sistema de aquaponia, testes de oxigênio dissolvido, termômetro de aquário, texto didático.

Metodologia:

- Primeiramente, os alunos receberão um texto sobre a importância desse parâmetro da água (Anexo 4). Após a leitura, será feita uma pequena discussão a fim de esclarecer quaisquer dúvidas.

- Posteriormente, a turma será dividida em grupos de no máximo quatro integrantes. Eles receberão o protocolo experimental (Anexo 3) e será explicada a realização do experimento.
- Logo após, os alunos se encaminharão ao sistema de aquaponia no qual farão a medição do oxigênio dissolvido e da temperatura da água e anotarão os resultados.



- Depois dessa etapa, os alunos retornarão à sala de aula e apresentarão seus resultados. Será feita a discussão dos resultados em grupo. Algumas perguntas nortearão essa discussão:
 - 1) Os parâmetros observados estão adequados?
 - 2) Esses parâmetros podem variar em função da temperatura? Como?
 - 3) Existem outros fatores que podem influenciar no oxigênio dissolvido na água? Quais?

Fonte:

<https://www.aquaplantados.com.br/labcon-test-o2-dissolvido>

Avaliação: Tarefa extraclasse: Apresentar um relatório em dupla sobre a prática, os resultados obtidos e a discussão feita em sala de aula

7.5 5ª e 6ª aulas:

Modalidade de aula: aula com abordagem investigativa

Estratégias: Realizar o experimento de fotossíntese com *Elodea sp.* em ambiente aquático. Essa prática simples permite ver a produção do gás oxigênio através da formação de bolhas na água na presença de luz. A partir do experimento, será feita uma discussão a respeito do

processo de fotossíntese e das necessidades dos organismos fotossintéticos para sua sobrevivência.

Recursos didáticos: Data show, pincéis de quadro branco, vidros de maionese, bicarbonato de sódio e mudas de *Elodea sp.*

Metodologia:

- Iniciar a aula colocando alguns questionamentos aos alunos de forma verbal: O que é necessário para que uma planta sobreviva? Uma planta precisa de alimentos? Como a planta obtém seus nutrientes? É possível observar o processo de fotossíntese? Como?
- Os alunos serão estimulados a responderem esses questionamentos a fim de verificar seus conhecimentos prévios a respeito do tema e, uma vez que forem respondidos, essas respostas serão anotadas no quadro e será feita uma breve explicação sobre o processo de fotossíntese com o auxílio de uma breve apresentação Power Point de 10 minutos.



A turma será distribuída em grupos de no máximo 5 alunos e serão entregues o protocolo experimental (Anexo 5) e os materiais que serão utilizados no experimento, ou seja, a vasilha com água, a luminária, o bicarbonato de sódio e as mudas de *Elodea sp.*

Fonte:
<https://www.teccconcursos.com.br/questoes/57449>

Os alunos anotarão seus resultados e, após a conclusão do experimento, será feita uma roda, momento em que os alunos apresentarão e farão uma discussão dos resultados. Por último, o professor fará a conclusão sobre o experimento com base na observação dos alunos.

Avaliação: Participação e interação no momento da aula; Anotações feitas no caderno e apresentação oral dos resultados.

7.6 7ª Aula

Modalidade de aula: aula prática.

Estratégias: Os alunos serão levados ao sistema de aquaponia e será falado sobre as duas técnicas de plantio que serão realizadas: a estaquia e a mergulhia.

Posteriormente, receberão estacas de manjeriço e algumas mudas com raízes que foram previamente preparadas em solução aquosa.

Fonte:

<https://www.assimquefaz.com/como-fazer-muda-de-manjericao/>

Será feita uma pequena explanação sobre os dois processos de plantio utilizados e, logo após, os alunos plantarão suas mudas.

Recursos didáticos: Sistema de aquaponia, estacas de manjeriço, mudas de manjeriço previamente preparadas em solução aquosa com raízes. Texto didático.

Metodologia:

- Os alunos farão a leitura do texto (Anexo 5) em sala de aula;
- A turma será dividida em grupos de 5 alunos e serão levados ao sistema de aquaponia. Lá receberão as mudas e farão o plantio;
- Os alunos medirão a altura das mudas antes do plantio;
- A ideia é que, depois de um tempo (de uma a duas semanas), os alunos compararem o desenvolvimento das mudas de manjeriço. Quais plantas se desenvolveram mais? Por que vocês acham que isso ocorreu?

Avaliação: Participação e interação no momento da aula; Produção do relatório em grupo.

7.8 8ª Aula

Modalidade de aula: aula expositiva e investigativa.



Estratégias: O primeiro momento da aula será realizado em sala de aula. A outra parte será realizada no sistema de aquaponia. O tema da aula será macro e micronutrientes. Os alunos conhecerão os principais elementos que são necessários ao metabolismo das plantas e farão a inserção de alguns micronutrientes no sistema de aquaponia, com o uso de resíduos de alimentos (casca de ovo triturado), cinzas em pó e minhocas vivas.

Recursos didáticos: Computador com internet, sistema de aquaponia, cascas de ovo, restos de carvão.

Metodologia:

- O início da aula se dará em sala de aula. Os alunos receberão o texto didático (Anexos 6 e 7) e farão a leitura. Após a leitura do texto, será feita uma pequena consideração a respeito dos macros e micronutrientes.

- A turma será dividida em grupos de 5 alunos e serão levados ao sistema de aquaponia. Lá farão o processo de fertilização do sistema, através do qual acrescentarão minhocas, uma pequena quantidade de cinza e casca de ovo triturada.

- Logo após o término dessa atividade, será feita uma breve discussão com os alunos. Por que acrescentamos casca de ovos ao sistema? Qual o papel das minhocas no sistema de aquaponia? Para que servem as cinzas? Por que não podemos introduzir fertilizantes químicos no sistema de aquaponia?

- Os alunos serão estimulados a responderem oralmente essas questões e o professor fará o encerramento da discussão.

- Como atividade extraclasse, os alunos terão que elaborar um pequeno relatório sobre as atividades e as respostas aos questionamentos propostos.

Avaliação: Participação e interação no momento da aula; Produção do relatório em grupo.

11. Referências:

ALMEIDA, Z. C. G. Metodologia Prática para o Estudo de Bactérias no Ensino Médio. 2013. 37 folhas. Monografia (Especialização em Ciências) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2013. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2304/1/MD_ENSCIE_III_2012_85.pdf/>
> Acesso em 02/2019

CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R.Y. (2015)- Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/33891281.pdf> > (Acesso em 17/02/2018)

SOMERVILLE, C., Cohen, M., PANTANELLA, E., STANKUS, A. & LOVATELLI, A. 2014. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. Rome, FAO. 262 pp

KRASILCHIK,, M. Prática de Ensino de Biologia. 4. ed. São Paulo: Harbra, 2004.

LOPES, Sônia; ROSSO, Sergio. Bio. 2. 3a ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2016. Coleção. Manual do professor.

Anexos: Material do aluno**Anexo1 - Protocolo de aula prática – Coleta e cultivo de microrganismos****Introdução**

Um dos componentes mais importantes em um sistema de aquaponia é a população bacteriana. Sem esses organismos, os processos de transformação da amônia em nitratos e nitritos (nitrificação) não ocorrem. Desse modo, existe uma relação de interdependência de peixes, bactérias e plantas no sistema, que precisam uns dos outros para se manterem vivos e saudáveis.

Nessa aula, faremos a coleta de bactérias no sistema, a fim de verificar seu crescimento em meio de cultura, o ágar.

Materiais:

Ágar comercial

Água

Copos descartáveis com tampa

Hastes flexíveis com ponta de algodão (cotonetes)

Filme de PVC transparente

Etiquetas adesivas

Caneta marca CD

Fita-crepe

Procedimentos:

Os alunos devem organizar-se em grupo de até 5 membros. Cada grupo ficará responsável pela coleta e contaminação de 3 meios de cultura;

Os meios de cultura foram previamente preparados pelo professor e encontram-se disponíveis nos potes com tampa. Esses meios foram preparados por ágar dissolvido em água. O ágar, um material semelhante à gelatina, é utilizado como meio de cultura na microbiologia.

Primeiramente, escolha o local do sistema que fará a coleta.

Retire um cotonete e coloque em contato com a superfície da qual deseja retirar sua amostra.

Esfregue levemente o cotonete contaminado no meio de cultura (ágar) e tampe. É importante utilizar o filme de PVC e o esparadrapo nesse processo a fim de que o seu experimente fique o mais vedado possível.

Cole a etiqueta adesiva e, com o auxílio da caneta marca CD, anote o número do grupo e o local do sistema onde as bactérias foram coletadas.

Devolva o material usado ao professor que ficará encarregado de armazenar o seu experimento. Os resultados estarão sujeitos à observação após 3 a 4 dias.

Análise dos resultados:

O que foi observado nos potes após 3 dias? Houve alguma alteração?

Em qual meio de cultura houve maior desenvolvimento das bactérias?

Houve diferença nas colônias de bactérias que cresceram em cada meio de acordo com o local coletado? Como percebeu isso?

Pesquise e responda: no dia a dia, temos contato com diferentes bactérias, algumas inofensivas e outras que causam doença. Como o corpo se defende de bactérias causadoras de doenças?

Como cuidados de higiene podem evitar o contato com bactérias patogênicas?

Anexo 2 Protocolo de aula prática - Aclimação dos peixes na água

Introdução:

A aclimação de peixes em novos tanques pode ser um processo altamente estressante para os peixes, principalmente o transporte real de um local para outro em sacos ou tanques pequenos. Desse modo, é importante diminuir os fatores estressantes para os peixes, tais como movimentar muito a água onde os peixes estão colocados, evitar mudanças bruscas de temperatura, entre outros. Existem dois fatores principais que causam estresse ao aclimatar peixe: mudanças de temperatura e diferença pH entre a água original e a nova água. Esses fatores devem ser reduzidos ao mínimo.

Mas como fazer a aclimação?

O procedimento adotado segue recomendações da EMBRAPA sobre como realizar esse processo para evitar o estresse ao acrescentar novos peixes ao sistema, evitando doenças e mortandade de peixes.

Materiais:

Peixes a serem acrescentados ao sistema;

Três a 4 copos limpos (dependendo do número de grupos em que a turma foi dividida);

Relógio ou cronômetro para marcar o tempo;

Procedimento:

- O saco plástico, contendo os peixes, deve ficar flutuando na água do sistema por 30 minutos antes de ser aberto para que haja ajuste da temperatura. É importante que o professor faça esse processo antes de levar a turma para o tanque;
- Após abrir o saco, cada grupo deve fazer a introdução gradual da água do sistema no saco com os peixes para equilibrar os parâmetros químicos da água. Deve ser acrescentado água a cada 5 minutos. Ao acrescentar um copo, deve se retirar a mesma quantidade de água do saco e descartá-la fora do tanque de aquaponia;
- Após esses procedimentos de aclimação, os peixes devem ser introduzidos no sistema sem a água contida no saco para diminuir as chances de introdução de contaminantes;

Anexo 3. Protocolo de aula prática – Medição do oxigênio dissolvido na água

Introdução:

Um dos parâmetros mais importantes na análise da qualidade da água é a Concentração de Oxigênio na Água (COD). Esse gás é produzido através da fotossíntese por plantas e outros seres (algas). Ele encontra-se dissolvido na água por meio desses seres ou através da difusão que ocorre na superfície água em contato com o ar. O oxigênio dissolvido no líquido é medido em partes por milhões (ppm) ou em miligramas por litro (mg/l).

Nessa aula, mediremos o O₂ Dissolvido na água do nosso sistema de aquaponia.

Materiais:

- Kit de teste de O₂ de aquarismo;
- Sistema de aquaponia.

Métodos:

Os alunos farão a coleta da água no sistema de aquaponia e farão a medição desse parâmetro da água. Geralmente, os kits comerciais contêm uma proveta (tubo de ensaio) e os reagentes. Uma vez que os reagentes são aplicados, o aluno tampa o tubo, agita levemente e espera o resultado. Após algum tempo, é possível comparar a cor verificada no tubo com a tabela que contém o espectro de cor indicando os níveis de oxigênio dissolvido na água.

Anexo 4 - Texto de Apoio - Oxigênio dissolvido na água

Um dos parâmetros mais importantes na análise da qualidade da água é a Concentração de Oxigênio na Água (COD). Esse gás é produzido através da fotossíntese por plantas e outros seres (algas). Ele encontra-se dissolvido na água por meio desses seres ou através da difusão que ocorre na superfície água em contato com o ar. O oxigênio dissolvido no líquido é medido em partes por milhões (ppm) ou em miligramas por litro (mg/l).

A quantidade máxima de oxigênio que pode ser dissolvida em um líquido é chamada de ponto de saturação. A saturação depende de vários fatores, tais como:

Temperatura: A água fria dilui uma quantidade de oxigênio maior que a quente.

Altitude e pressão atmosférica: O oxigênio se dilui melhor em baixas altitudes do que em altitudes mais elevadas. Isso ocorre porque em menores altitudes a pressão atmosférica é maior do que em elevadas altitudes.

Salinidade: Conforme aumenta a quantidade de sal diluído na água, a quantidade de oxigênio dissolvido diminui.

Entender como o oxigênio na água atua nas diferentes espécies dentro de um sistema de aquaponia é uma tarefa necessária para que permaneça saudável, propiciando a vida e a saúde dos diferentes organismos.

Dessa forma, os seguintes parâmetros são desejáveis no sistema:

Bactérias: Para manter um alto índice de produtividade, as bactérias nitrificantes necessitam de um COD adequado. A reação de nitrificação é oxidativa e, portanto, necessita do oxigênio como reagente. Os níveis ideais de OD são de 4 a 8 mg/l, sendo que o processo de nitrificação diminuirá se as concentrações caírem abaixo de 2,0 mg/. Além disso, em condições inadequadas de oxigenação, outros tipos de bactérias podem crescer, fazendo o processo de desnitrificação, ou seja, convertendo o nitrogênio do sistema molecular, o que não é desejável para o crescimento saudável das plantas.

Plantas: A maioria das plantas necessita de níveis altos de OD (acima de 3 mg/litro). As plantas utilizam as folhas para absorver oxigênio durante o processo de respiração, mas as raízes também precisam desse gás, caso contrário as raízes podem “apodrecer” e, nessa situação, esses órgãos morrem e favorecem o aparecimento de seres não desejáveis, como

fungos e bactérias decompositoras. Plantas aquáticas conseguem suportar menores níveis de OD.

Peixes: Uma boa parte da literatura indica que a maioria dos peixes requer de 4 a 5 mg/litro de OD na água. É importante adicionar a maior quantidade de oxigênio à água possível, fazendo bolhas na água, com o auxílio de bombas ou cascatas. Outro cuidado importante é não superpovoar o sistema, evitando mais de 20 kg de peixe a cada mil litros de água. O uso de bombas adicionais pode ser valioso, entretanto o movimento da água deve ser moderado, evitando agitar demais a água, o que pode prejudicar o movimento dos peixes. Por último, é importante acompanhar o comportamento dos peixes, visto que a falta de OD faz com que esses nadem próximos à superfície com a boca aberta, um comportamento chamado de tubulação e que requer medidas urgentes na correção do OD na água.

Anexo 5 - Protocolo de aula prática – Observação da fotossíntese em *Elodea sp.*

A fotossíntese é o principal processo responsável pela produção de alimentos na Terra. Esse processo consiste na utilização de moléculas inorgânicas, água e gás carbônico, em glicose. A fonte de energia para essa reação vem da luz solar.

As plantas possuem a capacidade de realizar fotossíntese graças a um pigmento verde chamado clorofila. Esse pigmento fica localizado em organelas chamadas de cloroplastos. Graças a essa capacidade, as plantas são as principais produtoras de energia nos ecossistemas, sendo a base de todas as cadeias alimentares. Nesse experimento, podemos observar o processo de fotossíntese acontecendo.

Materiais:

Ramos vivos de *Elodea sp.*

Vidros de maionese com tampa

Água

Bicarbonato de sódio

Luminária com lâmpada de 200w

Métodos:

Os alunos deverão colocar alguns ramos de *Elodea sp.* nos vidros de maionese. Logo após, deverão cobrir as plantas completamente com água e acrescentar 5 colheres de café de bicarbonato de sódio. Em seguida, deverão cobrir o vidro com a tampa e aproximar da luminária. Após algum tempo, será possível observar a formação de bolhas saindo da base dos ramos da planta.

Questões para discussão:

Qual gás está presente nas bolhas formadas?

O que aconteceria se não houvesse a fonte de luz?

Qual a função de acrescentarmos bicarbonato de sódio a água?

Anexo 6 - Texto de apoio – Tabela adaptada do livro Sonia Lopes (2º ano)

Estaquia	Reprodução por meio de estacas, que são ramos caulinares cortados, contendo gemas. A extremidade cortada da estaca deve ser enterrada no solo e a gema apical deve ser removida para não interferir na pega da muda ou na estaca, pois a gema apical inibe o desenvolvimento das gemas laterais.
Mergulhia	Mantêm-se parte de um ramo da planta enterrado até que se formem raízes. Isso ocorrendo, separa-se o ramo com as raízes, plantando-o a seguir.
Alporquia	Faz-se um pequeno corte em um ramo, colocando terra úmida envolta por um saco, ou por uma tata, preso ao ramo. Deixa-se até enraizar e, então, separa-se o ramo com as raízes, plantando-o em seguida.
Enxertia	<p>É o transplante de uma muda chamada cavaleiro ou enxerto, em outra planta provida de raízes, denominada cavalo ou porta-enxerto. O cavalo deve ser feito de uma planta da mesma espécie do cavaleiro ou de espécies próximas.</p> <p>Na enxertia, é importante que o cavaleiro tenha mais de uma gema e que o câmbio (tecido meristemático) do cavalo entre em contato com o câmbio do cavaleiro. Além disso, deve-se retirar as gemas do cavalo, para evitar que a seiva seja conduzida a elas e não às gemas do cavaleiro.</p>

Anexo 7 - Texto de apoio - Macro e micronutrientes

Nutrição mineral em plantas

Em tese, as plantas não necessitam de alimentos, pois são capazes de realizar fotossíntese, ou seja, utilizam a energia luminosa para promover reações químicas que fazem a transformação de moléculas simples e disponíveis no ambiente, como água e gás carbônico em alimento (glicose). Entretanto, elas precisam de muitos outros nutrientes que não são produzidos nesse processo, mas que podem ser obtidos através do solo ou do ar.

Estudiosos definem a nutrição mineral como sendo o estudo de como as plantas obtêm e utilizam os nutrientes obtidos do solo. Esse estudo é de fundamental importância, pois muitos processos fisiológicos das plantas podem ser afetados, ou seja, a planta pode ficar desnutrida ou até mesmo morrer pela carência desses nutrientes.

Os nutrientes minerais são classificados em dois grandes grupos: macronutrientes e micronutrientes.

Macronutrientes:

São os elementos fundamentais à vida das plantas. Eles estão em maior quantidade na composição das plantas e podem ser obtidos através das raízes ou das folhas, como o Carbono. Os principais macronutrientes são: Carbono, Oxigênio e o Hidrogênio, que são retirados do ar e da água, e o Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Magnésio e Enxofre, que são retirados do solo.

Micronutrientes: São necessários em pequenas quantidades, de miligramas (um milésimo do grama) a microgramas (um milionésimo do grama). Os principais micronutrientes são o Boro, Cloro, Cobre, Ferro, Manganês, Molibdênio, Cobalto, Níquel e Zinco.

Macronutrientes:

Carbono: É necessário para o processo de produção de alimentos nas plantas e formação de moléculas orgânicas. O carbono é absorvido na forma de gás carbônico (CO₂), através do processo de fotossíntese.

Hidrogênio: Também é necessário para a formação de carboidratos nas plantas. É absorvido na forma de água através das raízes.

Oxigênio: Esse elemento químico é necessário para a produção de energia nas células, através do processo de respiração celular. É importante ressaltar que o processo de fotossíntese gera moléculas de oxigênio provenientes da molécula de água.

Nitrogênio: É indispensável no processo de formação das proteínas celulares. Sua carência pode gerar atrofia nas plantas.

Fósforo: Esse mineral é importante na formação de uma boa parte das biomoléculas das plantas, tais como o ATP, fosfolipídios (membrana plasmática), entre outros. Sua carência pode gerar problemas em todas as etapas de desenvolvimento da planta, como crescimento, floração, frutificação e desenvolvimento de sementes.

Potássio: É importante no processo de abertura e fechamento dos estômatos, controlando processos importantes como transpiração e absorção de gás carbônico. O potássio auxilia na perda de água da planta, em especial em períodos de seca.

Cálcio: É fundamental para o controle da entrada e saída de substâncias nas células vegetais e atua na ativação de enzimas.

Magnésio: Participa da composição da molécula de clorofila, sem a qual a planta não consegue realizar fotossíntese. Também é um importante cofator enzimático na síntese do ATP.

Enxofre: Importante no processo de composição dos cloroplastos, estruturas onde a fotossíntese é realizada. Também está presente na composição de algumas proteínas celulares.

Micronutrientes

Boro: Esse elemento é importante no processo de transporte de carboidratos, reprodução celular e síntese de enzimas.

Cobre: É um elemento importante para o processo de produção de alimentos nas plantas. Também está envolvido na produção da lignina, presente nas paredes celulares.

Ferro: Participa do processo de fotossíntese e atua como cofator enzimático nas plantas.

Molibdênio: É um cofator enzimático importante na produção de aminoácidos.

Manganês: Esse elemento participa da produção de cloroplastos.

Zinco: Faz parte do processo de formação de uma grande parte das enzimas celulares e participa da síntese do RNA mensageiro.

Níquel: Participa do processo do metabolismo do Nitrogênio. Na carência do níquel, os níveis de ureia (tóxica) se elevam, resultando em lesões nas folhas.

Cobalto: É um elemento essencial aos microrganismos fixadores de nitrogênio. O cobalto está presente na vitamina B12 e da coenzima cobamida, que ativam enzimas fixadoras de nitrogênio em nódulos radiculares nas plantas leguminosas.

Apêndice 3 – Questionário completo

Questionário avaliativo - propostas de sequências didáticas para primeiro e segundos incorporada ao projeto de aquaponia escolar.

Questionário avaliativo - propostas de sequências didáticas para primeiro e segundos incorporada ao projeto de aquaponia escolar.

Prezado professor(a),

O presente questionário busca sua apreciação, enquanto ator do processo Educacional, para o aprimoramento desse material e será de grande valia para a percepção da viabilidade da utilização dessas sequências didáticas, que são parte de uma cartilha de aquaponia na escola.

Desde já agradeço sua valiosa contribuição,

Luiz Otávio G. C. R.
Professor e mestrando do Profbio

1. Nome (abreviado), ex: João Silva Sousa (JSS): _____

2. Graduação: _____

3. Instituição de Formação: _____

4. Ano de formação: _____

5. Tempo como docente: _____

6.

1 – Você já ouviu falar em aquaponia?

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

7.

2 – Você trabalha ou já trabalhou com hortas escolares ou hidroponia na escola? *Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não

8.

3 – Sua escola possui uma horta escolar?

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

9.

4 – Se você respondeu sim à questão anterior em qual estado está a horta escolar de sua escola?

Marcar apenas uma oval.

Produtiva, com o auxílio dos alunos

Produtiva, mas sem o auxílio dos alunos

Improdutiva ou abandonada

10. 5 – Em sua opinião, quais disciplinas poderiam trabalhar utilizando esse tipo de projeto (hortas, hidroponia ou aquaponia) no Ensino Médio?

Marque todas que se aplicam.

Matemática
Física
Química
Biologia
História
Geografia
Sociologia
Filosofia
Educação Física
Língua estrangeira
Todas as disciplinas anteriores

11. 6- Você acredita que projetos como hortas escolares ou hidroponia são boas ferramentas no ensino de biologia?

Marcar apenas uma oval.

Sim
Não

12. 7- Justifique sua resposta da questão anterior

13.

8 - Na sua opinião, os estudantes gostam de trabalhar com práticas fora da sala da aula?

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

Talvez

14.

9- Na sua opinião, se você optasse por trabalhar com aquaponia, você teria apoio da direção e dos colegas para implementar o projeto?

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

Talvez

15.

10– Quanto você acha que sua escola estaria disposta a pagar ou disponibilizar verbas para implementar um projeto de aquaponia na sua escola?

Marcar apenas uma oval.

Não pagaria ou não apoiaria financeiramente

Até 500 Reais

De 500 a 1000 Reais

De 1000 a 5000 Reais

16.

11 - Como você avalia a relevância do conteúdo destas propostas de sequências didáticas para primeiro e segundos incorporada ao projeto de aquaponia escolar?

Marcar apenas uma oval.

sem relevância

relevância mediana

muito relevante

17.

12- Na sua opinião os conteúdos produzidos através destas sequências didáticas podem produzir um conhecimento que seja importante e aplicável para o cotidiano do estudante?

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

Talvez

18.

13- Por favor, justifique sua resposta anterior.

14- Você como professor/educador utilizaria estas sequências didáticas em um projeto de aquaponia na sua escola?

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

Talvez

20. 15- Se você respondeu "não" na questão anterior, justifique sua resposta.

21. 16 - Em relação ao número de aulas proposta na cartilha, o número de aulas destas sequências didáticas estão:

Marcar apenas uma oval.

Adequadas

Inadequadas

Indiferente

22. 17- Se você respondeu inadequadas na questão anterior, você mudaria para quantas aulas?

23. 18 - Em relação ao número das atividades propostas nestas sequências didáticas estão:

Marcar apenas uma oval.

Adequadas

Inadequadas

Indiferente

24. 19- Caso você tenha marcado a opção inadequado na questão anterior, justifique sua resposta.

25.

20- Na sua opinião em relação ao conteúdo destas sequências didáticas, a abordagem (profundidade) teórica está em um nível:

Marcar apenas uma oval.

Inadequado: pouca fundamentação teórica.

Inadequado: muita fundamentação teórica.

Mediano

Adequado

26.

21-Caso você tenha marcado as opções mediano e inadequado na questão anterior, justifique sua resposta.

27.

22 - Com relação a linguagem destas sequências didáticas para o primeiro e segundo anos do ensino médio estão?

Marcar apenas uma oval.

Inadequado: formal demais

Inadequado: informal demais

Mediano

Adequado

28. 23 -Caso você tenha marcado as opções mediano e inadequado na questão anterior, justifique sua resposta.
29. 24 -Sugestões para melhorar este material.