

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

Yoshiaki Nogueira Miyazaki

**POTENCIALIDADES DIDÁTICAS DO USO DE UM SISTEMA DE AQUAPONIA
NO ENSINO DE ECOLOGIA**

São José do Rio Preto

2022

Yoshiaki Nogueira Miyazaki

Potencialidades didáticas do uso de um sistema de aquaponia no ensino de ecologia

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas, junto ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lilian Casatti

Coorientador: Prof. Me. Maxwell Luiz da Ponte

São José do Rio Preto

2022

M685p Miyazaki, Yoshiaki Nogueira
Potencialidades didáticas do uso de um sistema de aquaponia no ensino de ecologia / Yoshiaki Nogueira Miyazaki. -- São José do Rio Preto, 2021
45 p. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto
Orientadora: Lilian Casatti
Coorientador: Maxwell Luiz da Ponte

1. Ensino de Ecologia. 2. Aquaponia. 3. Material didático. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Yoshiaki Nogueira Miyazaki

Potencialidades didáticas do uso de um sistema de aquaponia no ensino de ecologia

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas, junto ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Prof^o. Dr^a. Lilian Casatti

Coorientador: Prof. Me. Maxwell Luiz da Ponte

COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente

Prof. Me. Maxwell Luiz da Ponte

UNICAMP - Câmpus de Campinas/SP

Coorientador

Examinadora titular

Prof^a. Ma. Eliza Carminatti Wenceslau

Reconecta Soluções - São José do Rio Preto/SP

Examinador titular

Prof. Me. Alex da Silva Bocaleti

E.M.E.F. Prof^a Maria Resende de Moraes - Icém/SP

Examinador suplente

Prof. Me. Bruno Martins Santos Ramires

Secretaria municipal de ensino - São José do Rio Preto/SP

São José do Rio Preto

21 de janeiro de 2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Prof.^a Dr.^a Lilian Casatti por ter encarado a difícil tarefa de me orientar, não só neste trabalho de conclusão de curso, mas também em meus projetos de pesquisa. Finalizamos quase 4 anos de orientação em que pude experimentar os desafios de ser orientado por uma profissional tão qualificada e uma pesquisadora tão renomada pelo Brasil e pelo mundo.

Agradeço muitíssimo ao meu coorientador Prof. Me. Maxwell Luiz da Ponte, por contribuir com seu vasto conhecimento sobre educação brasileira neste projeto e por ter seguido com a parceria institucional mesmo com as dificuldades e prazos apertados. Obrigado pela sua orientação e contribuição, e por toda atenção e zelo pela minha pessoa!

Agradeço ao Prof. Me. Alex da Silva Bocaleti pela supervisão neste projeto.

Agradeço a minha mãe Diva Helena Nogueira Miyazaki por me apoiar incondicionalmente em todos os momentos da minha vida, por sempre me oferecer suporte, segurança e amor. Você é meu exemplo!

Agradeço a minha irmã Tomie Nogueira Miyazaki, por todo o apoio! Mesmo que longe fisicamente.

Por fim, agradeço a todos os grandes amigos que fiz durante a graduação, com certeza foram eles que proporcionaram os melhores momentos desses 5 longos anos vividos no IBILCE. Em especial: Ana, Enzo, Gabriel, Igor, Jaque Zeni, Jú, Larissa, Maisa, Marília, Nad, Nath, Pretícia, Sarrada e Turcs.

RESUMO

O ensino de ecologia na educação básica é considerado fundamental para o entendimento do conceito real de sustentabilidade ao proporcionar a compreensão do ser humano como parte de uma complexa rede de interações, no meio onde vivem, em que operam processos e fluxos de energia e matéria. Recentemente, tem emergido com destacada importância o ensino de Ecologia com enfoque na Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e existem estudos que apontam as potencialidades do sistema de aquaponia como recurso didático, na perspectiva desse enfoque. Aquaponia consiste na produção integrada de organismos aquáticos e plantas (Aquicultura + Hidroponia), em um circuito fechado de recirculação de água, utilizando ciclos biológicos para sua auto sustentação. O projeto teve como objetivo construir e utilizar um sistema de aquaponia como modelo pedagógico para aulas de Ecologia no ensino básico, e elaborar um material didático que possibilite sua replicação em ambientes escolares. O estágio curricular supervisionado seguiu o modelo metodológico que associa preceitos da investigação-ação e de Investigação e Desenvolvimento (I&D). O projeto passou por modificações devido às dificuldades relacionadas a pandemia de covid-19 e o vínculo institucional final foi com a E.M.E.F. Profª. Maria Rezende de Moraes em Icém/SP. Nela foi possível realizar o acompanhamento de forma remota das aulas de ciências ministradas aos estudantes do ensino fundamental II e concluir a construção do sistema aquapônico e a elaboração do material didático.

Palavras-chave: Ensino de Ecologia; Aquaponia; Material didático; Ciências; Metodologias alternativas de ensino.

ABSTRACT

The teaching of ecology in basic education is considered fundamental to the understanding of the real concept of sustainability by providing an understanding of the human being as part of a complex network of interactions in the environment where they live, in which processes and flows of energy and matter operate. Recently, the teaching of Ecology with a focus on Science, Technology, Society and Environment (CTSA) has emerged with highlighted importance and there are studies that point to the potential of the aquaponics system as a teaching resource in the perspective of this focus. Aquaponics consists of the integrated production of plants and aquatic organisms (Aquaculture + Hydroponics), in a closed circuit of water recirculation, using biological cycles for its self-sustainability. The project aimed to build and use an aquaponics system as a pedagogical model for Ecology classes in elementary schools, and to elaborate didactic material that enables its replication in school environments. The supervised curricular internship followed the methodological model that associates precepts of action-research and Research and Development (I&D). The project went through modifications due to the difficulties related to the covid-19 pandemic and the final institutional link was with the E.M.E.F. Profª. Maria Rezende de Moraes in Icém/SP. There, it was possible to remotely monitor the science classes given to the students of elementary school II and to conclude the construction of the aquaponics system and the elaboration of the didactic material.

Keywords: Ecology Teaching; Aquaponics; Didactic material; Science; Alternative teaching methodologies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Exemplificação gráfica do sistema aquapônico em <i>layout</i> “cama de cultivo”.	01
Figura 2. Finalização da disciplina eletiva Aqua.Eco	17
Figura 3. Apresentação utilizada para conduzir a finalização da disciplina eletiva.	18
Figura 4. Principais materiais utilizados na construção do sistema aquapônico.	22
Figura 5. Etapas I à VIII da montagem do sistema aquapônico.	25
Figura 6. Etapas IX à XIX da montagem do sistema aquapônico.	26
Figura 7. Mudas de morango (<i>Fragaria vesca</i>) e aglaonema vermelha (<i>Aglaonema aurora</i>).	27
Figura 8. Desenvolvimento das mudas de morango (<i>Fragaria vesca</i>) e aglaonema vermelha (<i>Aglaonema aurora</i>) após 3 meses.	27
Figura 9. Lambaris (<i>Astyanax sp.</i>) introduzidos no tanque de peixes.	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Objetivos	12
2. METODOLOGIA	12
2.1 Modelo da Investigação-ação	12
2.2 Coleta, registro e interpretação dos dados da pesquisa	14
2.3 Investigação e desenvolvimento	14
3. DESENVOLVIMENTO	15
3.1. E.E. João Ribeiro da Silveira - Icém/SP	15
3.2. E.M.E.F. Profª. Maria Rezende de Moraes - Icém/SP	17
3.3. Sistema aquapônico e e-book	19
4. RESULTADOS	19
4.1. Sistema Aquapônico: Materiais necessários	19
4.2. Sistema Aquapônico: Montagem	22
4.3. Potencial didático	27
4.4. E-book	38
5. AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DOCENTE	39
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
8. APÊNDICE	45

1. INTRODUÇÃO

O Estágio Supervisionado permite que o estudante de licenciatura, docente em formação, experiencie o exercício de docência no âmbito de espaços escolares, o que é fundamental para a compreensão dos desafios e das habilidades necessárias para ser professor (Pimenta & Lima, 2018). Nesse contexto, o presente projeto é parte das atividades da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. No âmbito do estágio, buscou-se reunir conceitos teóricos e práticas pedagógicas apreendidas pelas disciplinas já cursadas na graduação para experienciar possibilidade do uso de um sistema de aquaponia no ensino de ecologia para estudantes do ensino fundamental.

A ecologia é um ramo das Ciências Biológicas que estuda as interações entre organismos de diversas espécies e desses com os fatores abióticos que constituem os mais diversos ambientes da Terra (Cain et al., 2011; Cruz, 2015). Em especial, conceitos ecológicos possibilitam apreender como tais interações determinam a sobrevivência e a reprodução de diferentes espécies, assim como os locais e a abundância com que ocorrem (Cain et al., 2011).

Nesse sentido, o ensino de ecologia na educação básica tem sido considerado fundamental para o entendimento do conceito real de sustentabilidade (Stone & Barlow, 2006; Ribeiro & Cavassan, 2012; Fonseca & Caldeira, 2008), ao proporcionar a compreensão do ser humano como parte de uma complexa rede de interações, no meio onde vivem, em que operam processos e fluxos de energia e matéria (Stone & Barlow, 2006; Barros & Araújo, 2017).

Dentre as diversas estratégias e recursos apontados como possibilidade no ensino de ecologia na educação básica, recentemente, tem emergido com destacada importância o ensino de Ecologia com enfoque na Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente - CTSA (Rosa & Landim, 2018; Maciel & Güllich, 2018). O enfoque CTSA visa integrar as condições naturais a atividades econômicas de desenvolvimento, demandas sociais e urgências ambientais do território onde ocorrem as atividades educativas (Bonito et al., 2017; Cachapuz et al., 2011; Vilches & Gil-Pérez, 2015). O mundo e a humanidade experimentam mudanças em uma escala espaço-temporal e de complexidade únicas, de modo que o ensino

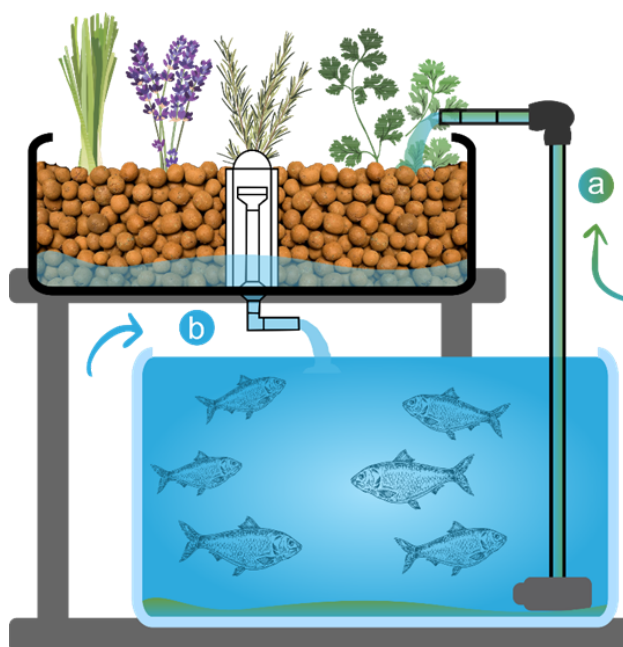
demanda estratégias e recursos que se integrem nesse contexto mundial (Scaglione et al., 2019).

A abordagem CTSA no ensino de Ecologia contribui para despertar a atenção do aluno para as relações ecológicas estabelecidas nos lugares de vivência deles, onde estudam, moram, brincam e trabalham (Rosa & Landim, 2018). No entanto, os docentes apontam a carência de materiais de apoio para aulas com enfoque CTSA (Rosa & Landim, 2018; Fernandes et al., 2018). Por outro lado, estudos recentes vêm apontando as potencialidades do sistema de aquaponia como recurso didático, que possibilita a inovação no ensino de conceitos de ecologia na perspectiva CTSA (Andrade & Souza, 2019; Genello et al., 2015; Scaglione et al., 2019; Schneller et al., 2015).

A aquaponia consiste na produção que alia aquicultura e hidroponia (Souza et al., 2019) na produção de alimentos destacando-se pelo “baixo consumo de água e alto aproveitamento do resíduo orgânico gerado, sendo a alternativa de produção de peixes e vegetais menos impactante ao meio ambiente” (Sátiro et al., 2018). O fluxo de recirculação de água (Figura 1.) possibilita que compostos orgânicos presente no tanque dos peixes sejam bombeados às camas de cultivos com as plantas, onde bactérias nitrificantes desempenham o ciclo de azoto (Diver, 2006), quebrando moléculas de amônia em nitrito e nitrato, possibilitando a absorção pelas plantas, que por sua vez, realizam a filtragem biológica da água que escorre aos peixes (Diver, 2006). Assim, trata-se de uma tecnologia na produção de alimentos que contribui para a discussão de assuntos como sustentabilidade social, ambiental e economia Duarte et al., 2015; König et al., 2016).

No entanto, no Brasil, o potencial pedagógico do sistema ainda é subaproveitado pela baixa adesão na prática docente (Souza et al., 2019; Martins, 2019). As duas principais dificuldades relatadas por professores que experienciaram a aquaponia como recurso didático são a carência de conhecimentos técnicos para lidar com a aquaponia e a restrição de apoio e infraestrutura na escola (Hart et al., 2013; Hart et al., 2014).

Figura 1. Exemplificação gráfica do sistema aquapônico em *layout* “cama de cultivo”.



a) Fluxo de matéria orgânica e inorgânica, bombeado por bomba subaquática, em direção da cama de horticultura. b) Retorno da água para o tanque de peixes, após “caminho percorrido” entre as mídias filtrantes.

Fonte: Elaborado pelo autor.

1.1. Objetivos

O objetivo do presente estudo foi de construir e utilizar um sistema de criação de peixes integrado com cultivo de plantas (aquaponia) como modelo pedagógico para aulas de Ciências e Biologia, com ênfase em Ecologia, no ensino básico.

Além disso, objetivou-se a elaboração de um material didático que possibilitasse a replicação do modelo como prática pedagógica para o ensino de Ecologia e a divulgação do sistema de aquaponia junto à população em geral.

Ao mesmo tempo, no que se refere à formação inicial docente, o trabalho proporcionou vivenciar a prática docente em ambiente escolar virtual.

2. METODOLOGIA

O modelo metodológico adotado para desenvolvimento do projeto de Estágio Supervisionado em Docência associa preceitos da investigação-ação e de Investigação e Desenvolvimento (I&D).

2.1 Modelo da Investigação-ação

O termo “investigação-ação” se refere a uma ampla gama de estratégias que visam melhorias no âmbito educacional e social, existindo diversas definições para a metodologia, que “*tienen en común la identificación de estrategias de acción que son implementadas y más tarde sometidas a observación, reflexión y cambio*”¹ (Latorre, 2003, p. 23-24).

O modelo metodológico assumido foi o proposto por Jhon Elliot, que compreende a investigação-ação como:

“El estudio de una situación social para tratar de mejorar la calidad de la acción en la misma. Su objetivo consiste en proporcionar elementos que sirvan para facilitar el juicio práctico en situaciones concretas y la validez de las teorías e hipótesis que genera no depende tanto de pruebas “científicas” de verdad, sino de su utilidad para ayudar las personas a actuar de modo más inteligente y acertado” (Elliot, 2005, p. 88).

Segundo Elliot (2010, 24-25) são características da investigação-ação realizada nas escolas:

- As ações humanas e situações sociais experimentadas por professores, que são analisadas de modo que a metodologia se relaciona com os problemas práticos e cotidianos em detrimento de problemas teóricos;
- As experiências iniciais, a partir das quais a investigação busca aprofundar a compreensão do problema para elaboração de um diagnóstico;
- O compromisso com o estudo teórico, que possibilite uma compreensão mais profunda do problema em questão, como precursor/fundamentador das ações práticas visando intervir na situação que se pretende mudar;
- A elucidação do problema que possibilita a elaboração de um “guia” sobre a situação em questão e a relaciona ao contexto de variáveis mutuamente interdependentes;

¹ “têm em comum a identificação de estratégias de ação que são implementadas e posteriormente submetidas à observação, reflexão e mudança.”

- A interpretação que considera o ponto de vista de todos os envolvidos na situação problema, por exemplo: professores e alunos, professor e diretor. Dessa maneira, respeita a condição humana dos envolvidos, os sentidos e as particularidades expressas em cada situação analisada;
- O diálogo entre o investigador e os participantes, que é considerado na investigação, devendo haver um fluxo livre de informações entre eles;
- A necessidade de que os participantes sejam parceiros ativos, promovendo autorreflexão.

Destaca-se ainda que, com o desenvolvimento das atividades e o contato com as comunidades escolares, de algum modo o pesquisador passa a fazer parte da vida da população onde se desenvolve o trabalho. Assim, configurando-se uma “observação participante” nas aulas, horários de trabalhos pedagógicos coletivos (HTPC), planejamento escolar, momentos de convivência na sala dos professores. Por meio dessa técnica tem-se “a possibilidade entender profundamente o estilo de vida de uma população e de adquirir um conhecimento integrado da sua cultura [...]” (Carmo & Ferreira, 2008, p. 122).

Não obstante os entraves surgidos em decorrência da pandemia de COVID-19, que resultou na suspensão de atividades presenciais e na adoção de métodos de ensino remoto, o estudo cuidou por pautar-se nesses referenciais, zelando para que a metodologia cumprisse seu papel na execução do trabalho investigativo.

2.2 Coleta, registro e interpretação dos dados da pesquisa

Também assessorando a investigação-ação, o estudo envolveu constituintes metodológicos tradicionais de registro e avaliação. Conforme instruíram Carmo e Ferreira (2008), fez-se uso de bloco-notas e diário de pesquisa. O bloco-notas foi uma importante ferramenta para o registro de primeiras impressões, em especial nas experiências presenciais (pré-pandemia), sendo constituído de breves notas e tópicos fundamentais, assim como informações importantes que não poderiam ser esquecidas como nomes, endereços e indicações.

O diário de pesquisa foi utilizado a partir do início das atividades práticas, constituindo registro narrativo, permanente e mais detalhado dos acontecimentos, incluindo

as sensações e percepções, conforme sugerido por Elliot (2005). Optou-se por realizar os registros em suporte informático, devido a possibilidade de inserção de anexos como fotografias, mapas, gráficos e tabelas, que complementam o registro. Neste sentido, os autores Carmo e Ferreira (2008, p. 198) indicam que:

“A descrição deve ser rigorosa e resultar diretamente dos dados recolhidos. Os dados incluem transcrições de entrevistas, registros de observações, documentos escritos (pessoais e oficiais), fotografias e gravações de vídeo. Os investigadores analisam as notas tomadas em trabalho de campo, os dados recolhidos, respeitando, tanto quanto possível, a forma segundo a qual foram registrados ou transcritos.”

2.3 Investigação e desenvolvimento

A metodologia do Estágio desenvolvido integra ações de investigação e desenvolvimento (Gay *apud* Carmo & Ferreira, 2008). Segundo Gay *apud* Carmo e Ferreira (2008, p. 228), uma I & D visa “desenvolver produtos para serem utilizados com determinados fins e de acordo com especificações pormenorizadas”. A associação de uma investigação e desenvolvimento (I & D) ao estudo decorre do propósito de desenvolvimento de recursos e estratégias que integrem o sistema de aquaponia e conceitos da Ecologia.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. E.E. João Ribeiro da Silveira - Icém/SP

Inicialmente, no ano de 2020, o projeto a ser desenvolvido detinha vínculo institucional com uma escola estadual do município de Icém/SP (E.E. João Ribeiro da Silveira), nela, devido às características práticas e abordagem alternativa de ensino do projeto, a execução se instituiu como uma disciplina eletiva, denominada “AQUA.ECO - Aquaponia para o ensino de ecologia”, que foi oferecida aos estudantes do 2º ano do ensino médio. Foi desenvolvido um plano de ensino para a disciplina e um programa de aulas (Apêndice 1.), utilizados para fundamentar, conduzir e organizar os temas que seriam abordados na eletiva. Como o projeto inicial vislumbrava a participação da sociedade icemense, na forma de resgatar informações sobre a história natural, essencialmente, da fauna íctica da bacia hidrográfica da qual o município se localiza, as aulas foram pensadas e distribuídas para que os estudantes tivessem embasamento teórico o suficiente para se apropriarem de assuntos relacionados com: a hidrografia da região, os principais rios que banham o município de Icém/SP, a ictiofauna nativa e a problemática de introdução de

espécies não nativas, o barramento de corpos hídricos por hidrelétricas e etc. No cronograma havia também aulas destinadas à construção do sistema de aquaponia e a utilização do mesmo em práticas de ensino ligadas à temática de ecologia, o qual era o grande foco do projeto.

Foi possível iniciar o projeto descrito acima e estabelecer um vínculo mínimo com os estudantes e toda equipe docente da E. E. João Ribeiro da Silveira, porém após as 3 primeiras aulas se iniciou o isolamento social no Brasil devido a pandemia de covid-19 e as aulas, de forma geral, foram suspensas por completo. Com isso, houve a necessidade de adequar o projeto para tentar concluí-lo mesmo com a situação sanitária do país ficando cada vez mais caótica. No primeiro momento nem se cogitava a hipótese de realizar as atividades na forma remota, entretanto não passou muito tempo para que toda a comunidade escolar enxergasse o ensino remoto como única forma possível de ensino na situação atípica que todos presenciavam. Todavia, embora o ensino remoto possibilite a atividade docente virtual, ele exige o domínio de ferramentas e a posse de equipamentos, tanto por parte dos estudantes quanto dos professores e essa foi, e continua sendo, uma das maiores problemáticas envolvendo o ensino remoto “forçado” pela pandemia de covid-19 no Brasil, principalmente em instituições públicas de ensino básico, exacerbando a enorme desigualdade social existente no nosso país e como ela intensificou a privação de estudantes ao acesso à educação neste período.

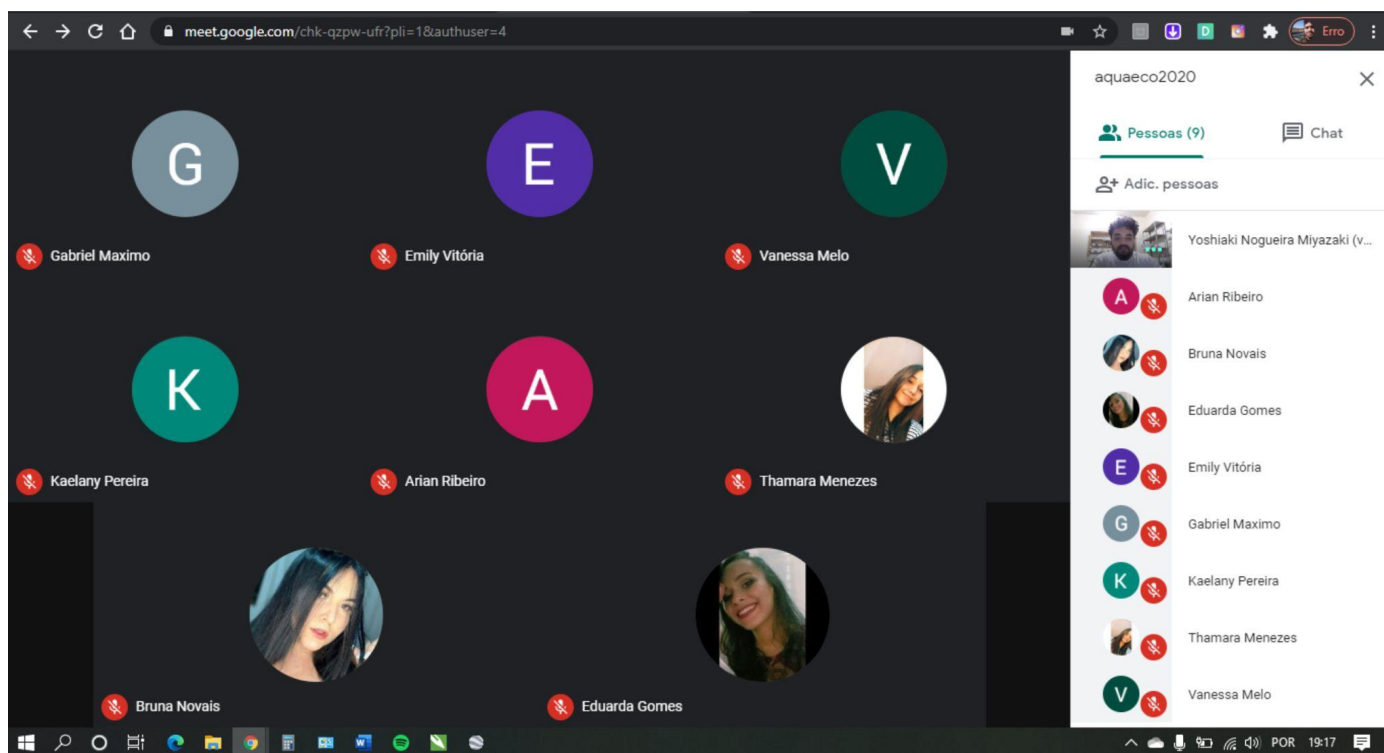
Nesse sentido, decidiu-se interromper o projeto, realizando, inclusive, o trancamento da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV (ECS IV) por parte do orientando, na esperança de que no ano seguinte (2021) fosse possível retomar as atividades na forma presencial e com isso conseguir executar de maneira plena o projeto “AQUA.ECO”. Infelizmente, o ano letivo de 2021 iniciou-se sem qualquer expectativa de retomada das atividades escolares presenciais, a pandemia de covid-19 alcançou números exorbitantes de infectados e óbitos em todo o planeta e o governo brasileiro “patinava” no plano falho de imunização nacional.

Mesmo com toda a problemática envolvendo a falta de condições de acesso à aulas remotas por grande parte dos estudantes icemenses, a escola precisava funcionar, de acordo com a coordenadora pedagógica, por demandas superiores vindas da secretaria de ensino. Com isso, mesmo com a disciplina de ECS IV trancada e grande parte da turma inicial da eletiva sem condições de acessar as aulas na modalidade remota, o pesquisador seguiu conduzindo, de forma muito adaptada, as atividades propostas, utilizando a plataforma

Whatsapp para divulgar materiais e realizar pequenas explicações relacionadas com o tema inicial da eletiva.

O cronograma de aulas previa uma culminância/finalização da disciplina, em que originalmente os estudantes iriam apresentar para toda a escola o sistema de aquaponia montado, explicando seus componentes e funcionamento, na forma de uma feira de ciências, porém, na realidade encontrada, a culminância se deu por um encontro *online* (Figura 2) realizado no final do segundo bimestre (agosto de 2020), feito utilizando a plataforma *Google Meet*, em que os estudantes que conseguiram acessar a plataforma puderam conversar com o pesquisador Yoshiaki e apresentar os conceitos que conseguiram assimilar, em meio a toda dificuldade de acesso.

Figura 2. Finalização da disciplina eletiva Aqua.Eco



Fonte: *Printscreen* da reunião virtual de finalização da disciplina, realizada pelo autor.

Figura 3. Apresentação utilizada para conduzir a finalização da disciplina eletiva.



Fonte: Elaborada pelo autor, disponível em: <<https://prezi.com/p/nirkoqhzwzwho/?present=1>>.

3.2. E.M.E.F. Profª. Maria Rezende de Moraes - Icém/SP

Em 2021, com nova matrícula na disciplina de ECS IV, realizou-se uma nova adequação ao projeto, desta vez, alinhando melhor os objetivos e as condições dispostas para a sua execução, tendo em vista a situação inusual vivenciada no município e no país. Optou-se por realizar um novo vínculo institucional, agora, com uma escola de ensino fundamental do município de Icém/SP (E.M.E.F. Profª Maria Rezende de Moraes), sob supervisão do Prof. Me. Alex da Silva Bocaleti, docente responsável pela disciplina de Ciências aos estudantes do ensino fundamental II, na instituição.

Como 2021 foi um ano em que as atividades escolares continuaram remotas e incertas, decidiu-se, dentre as opções para realização do trabalho de conclusão de curso (TCC), pela produção de material didático, no qual o foco seria confeccionar algo que pudesse auxiliar a comunidade escolar para a construção de um sistema aquapônico, apresentando os materiais necessários e o passo-a-passo da montagem.

O acompanhamento (observação e regência) das aulas ocorreu de forma 100% remoto e adaptado, de acordo com a metodologia encontrada pela escola para possibilitar o

andamento das disciplinas. Cada turma (série) possuía um grupo virtual no *Whatsapp* para cada disciplina e o professor responsável publicava os materiais pertinentes a cada aula, respeitando os dias correspondentes daquela disciplina no cronograma de aulas convencional elaborado pela escola. No caso da disciplina de Ciências, a qual o pesquisador pôde acompanhar, o professor responsável postava no grupo, materiais audiovisuais (vídeos e vídeo aulas) e também encaminhava textos curtos e áudios gravados por ele mesmo, a fim de servir como subsídio para a confecção e entrega das atividades avaliativas pelos estudantes. As atividades encaminhadas nos grupos virtuais correspondiam a 70% da nota final, os outros 30% provinham de avaliação teórica realizada através da ferramenta *Google forms*. Em relação a eficácia desta metodologia, é possível analisar as notas e o conteúdo das atividades entregues, porém, é necessário destacar que nem todos os estudantes conseguiam estar presentes nos grupos virtuais, alguns, inclusive, precisaram que seus pais estivessem nos grupos, pois só eles que possuíam aparelho celular compatível ao aplicativo *Whatsapp*, tudo isso dificultou muito o processo de ensino e aprendizagem, tornando-o, muitas vezes, inviabilizado.

Essa metodologia de grupos virtuais seguiu até o fim do segundo bimestre e a partir do terceiro bimestre o professor responsável realizou uma migração para a plataforma *Google Classroom*, sob orientação da coordenação pedagógica, a fim de otimizar o encaminhamento de materiais, atividades e possibilitar a realização de aulas remotas ao vivo. Contudo, devido a problemática já citada, essa migração acarretou na diminuição da frequência dos estudantes, devido a não adaptação dos que já possuíam condições de acesso, ao ambiente *Google Classroom*, dessa forma, no quarto bimestre iniciou-se a retomada das atividades escolares presenciais. Essa retomada foi discutida por toda equipe da gestão escolar do município de Icém e acordou-se a não obrigatoriedade da participação presencial dos estudantes, logo, alguns não retornaram, porém continuaram a acompanhar as atividades de forma remota, outros retornaram e puderam obter um certo nivelamento para o conteúdo atual do quarto bimestre e houveram casos de não aparecimento em atividades remotas e nem na retomada presencial, esses casos foram encaminhados ao Conselho Tutelar que desenvolveu seu trabalho na identificação da condição desses estudantes.

3.3. Sistema aquapônico e *e-book*

O sistema de aquaponia foi financiado pela Colônia de Pescadores Z-27 de Icém/SP, instituição que esteve presente e solícita desde a primeira versão do projeto. O sistema foi

construído pelo orientado em sua própria residência, uma vez que o acompanhamento das turmas na instituição de ensino se deu de forma remota. A elaboração e confecção do *e-book* contendo o passo-a-passo para a construção do sistema e os materiais necessários, seguiu da mesma forma.

4. RESULTADOS

4.1. Sistema Aquapônico: Materiais necessários

Para a construção do sistema aquapônico em layout “Cama de cultivo”, foram utilizados os seguintes materiais:

- Bloco de concreto/tijolo (4 unidades);
- Argila expandida, pedra brita e cerâmica em pedaços (quantidade suficiente para preencher todo recipiente da cama de cultivo);
- Caibro de madeira 4,5 x 4,5 x 150 cm (4 unidades);
- Moto bomba submersa SB1000C (Sarlo better) vazão 1.000 litros/hora - (1 unidade);
- Caixa d’água de polietileno 310 litros, sem a tampa (1 unidade);
- Tubo de PVC 20mm – barra de 3 metros (1 unidade);
- Tubo de PVC 75mm - barra de 1 metro (1 unidade);
- Luva PVC 20mm (1 unidade);
- Conexão Tê PBS 20mm (2 unidades);
- Conexão Joelho 90° PVC (3 uniades)
- Adaptador PBS com bolsa e rosca 20mm (3 unidades);
- Adaptador soldável com anel para caixa d’água (flange) 20 mm (3 unidades);
- Luva soldável e com rosca 20mm (3 unidades);
- Bombona plastica 50L (3 unidades);
- Torneira de jardim plásticas (3 unidades);
- Abraçadeira de nylon (2 unidades);
- Serra Tico-Tico;
- Furadeira;
- Broca serra copo 32mm;
- Fita veda rosca (1 unidade);

- Lixas;
- Espécies de peixes;
- Espécies de plantas;
- Ração para peixes.

É necessário ressaltar que alguns materiais podem ser substituídos caso haja disponibilidade, aumentando a acessibilidade da construção, por exemplo: as bombonas plásticas podem ser substituídas por qualquer outro recipiente como baldes ou até mesmo aquários possíveis de serem perfurados; as mídias de filtragem (argilas expandidas, pedras britas e cerâmicas em pedaços) não, necessariamente, precisam ser utilizadas em conjunto, podendo optar-se por apenas 1 das 3 opções, ou utilizá-las em proporções desiguais; e os canos de pvc podem ser reutilizados caso o almoxarifado da instituição de ensino já os possua. É possível também reduzir a capacidade do sistema aquapônico, diminuindo as proporções da caixa d'água, quantidade de bombonas e demais materiais, caso em alguma das realidades escolares o espaço disponibilizado seja menor.

O local de armazenamento do sistema deve ser pensado visando a necessidade de luminosidade das plantas, no nosso caso como o sistema foi instalado em ambiente externo não houve necessidade de instalação de luzes artificiais, porém, é interessante também não deixá-lo completamente descoberto, debaixo de uma árvore ou sob alguma construção aberta (pátios, quadras e etc) são boas opções.

Figura 4. Principais materiais utilizados na construção do sistema aquapônico.



a. Caixa d'água de polietileno 310 litros; **b.** Bombona plastica 50L; **c.** Flange 20 mm; **d.** Luva soldável e com rosca 20mm; **e.** Adaptador PBS com bolsa e rosca 20mm; **f.** Conexão Joelho 90°; **g.** Conexão Tê; **h.** Torneiras de jardim; **i.** Tubo PVC 20 mm 20 cm; **j.** Tubo PVC 20 mm 4 cm; **k.** Cerâmica em pedaços; **l.** Tijolos; **m.** Caibros de madeira; **n.** Tubo PVC 75 mm; **o.** Furadeira e broca serra copos 32mm; **p.** Abraçadeiras de nylon.

4.2. Sistema Aquapônico: Montagem

- I. Demarcou-se com uma fita isolante no tampo das bombonas (Figura 5. a.) e cerrou-se utilizando a serra Tico-Tico (Figura 5. b.);
- II. Perfurou-se cada bombona utilizando a furadeira com broca serra copos 32mm acoplada, deixando 6cm da borda (Figura 5. d.) e instalou-se as flanges deixando o lado emborrachado na parte interna da bombona (Figura 5. e. f.);
- III. **Dreno interno** (delimitante do nível de água das bombonas) - Cortou-se 20 cm de tubo PVC de 20 mm e o encaixou na parte interna flange (Figura 5. h.), replicou-se este passo em cada bombona;
- IV. Encaixou-se um adaptador PBS na parte externa da flange (Figura 5. i.), replicou-se este passo em cada bombona;
- V. **Encanamento de saída de água** - Foram confeccionados três “L” unindo 5 cm e 15 cm de tubo PVC a 1 conexão Joelho 90° PVC (Figura 5. j.), e encaixou-se no adaptador PBS na parte externa de cada bombona (Figura 5. k.);
- VI. Cortou-se 30 cm de tubo PVC de 75 mm e foram feitos furos até a metade, utilizando a broca serra copos de 32 mm e broca comum de 8 mm (Figura 5. p.), posicionou-se na parte interna da bombona, envolvendo o tubo de 20 cm encaixado na parte interna da flange (Figura 5. q.);
- VII. Posicionou-se os tijolos em ambos os lados da caixa d’água, na altura suficiente para acomodar os caibros de madeira e as bombonas com todas as etapas acima realizadas (Figura 5. l. m. n.);
- VIII. As bombonas foram preenchidas com as mídias de filtração: 1ª camada de cerâmica em pedaços (Figura 5. r.), 2ª camada de argila expandida (Figura 5. s.) e 3ª camada de pedra brita (Figura 5. t);
- IX. Com uma mangueira, jogou-se água nas mídias de filtração lavando-as para retirar os resíduos sólidos maiores (Figura 6. a.), retirou-se a água das mídias que escorreu para a caixa d’água com um balde. Aproveitamos esse passo para verificar se a altura do dreno interno (20 cm de tubo PVC encaixado na flange interna da bombona) está adequada, não deixando nenhuma lâmina d’água em cima do limite das mídias de filtração (Figura 6. j.). Caso a altura do dreno interno não esteja adequada, ou realize a diminuição do tubo de 20 cm, ou aumente a quantidade de mídia;
- X. **Encanamento de entrada de água** - Cortou-se 2 pedaços de 4 cm e 2 pedaços de 20 cm de tubo PVC de 20 mm, encaixou-se os pedaços de 2 cm na parte superior e mediana da conexão Tê PBS 20 mm virada na posição vertical; encaixou-se a outra

conexão Tê virada na posição horizontal no pedaço de 4 cm encaixado na parte superior da primeira conexão Tê (Figura 6. b.); encaixou-se os dois pedaços de tubo de 20 cm nas duas aberturas livres da segunda conexão Tê;

- XI.** As torneiras de jardim foram rosqueadas nos adaptadores PBS com bolsa e rosca 20mm nas mangueiras (Figura 6. d.);
- XII.** Encaixou-se as torneiras com os adaptadores nos tubos do encanamento de entrada (Figura 6. c.);
- XIII.** É possível notar que no encanamento de entrada de água, após encaixe das peças descrito nos passos X, XI e XII, sobrou 1 abertura na primeira conexão tê, nela encaixou-se um tubo PVC de 60 cm (Figura 6. c.) e na extremidade desse tubo encaixou-se a Luva PVC 20 mm (Figura 6. e.);
- XIV.** No bico da moto bomba submersa foi encaixado o direcionador de fluxo (Figura 6. f.) e em seguida a moto bomba no tubo de PVC 60 cm do encanamento de entrada de água (Figura 6. g.);
- XV.** Realizou-se 4 furos na bombona no meio e para fixar o encanamento de entrada de água utilizando as abraçadeiras de nylon (Figura 6. h.);
- XVI.** O sistema foi enchido com água e a moto bomba conectada na tomada, deixando o nível na água alto o suficiente para haver queda d'água das cama de cultivo para a caixa d'água (Figura 6. i.);
- XVII.** A partir desse momento o sistema aquapônico encontra-se devidamente montado e em funcionamento (Figura 6. i.). É necessário deixá-lo por no mínimo 30 dias rodando ligado sem plantas e sem peixes, para possibilitar o período de ciclagem;
- XVIII.** Após o período de ciclagem realizou-se a aclimação e introdução dos peixes (Figura 9);
- XIX.** Foram feitas aberturas nas mídias de filtragem (Figura 6. l.) e plantadas as mudas (Figura 6. o.; Figura 7).

Figura 5. Etapas I à VIII da montagem do sistema aquapônico.



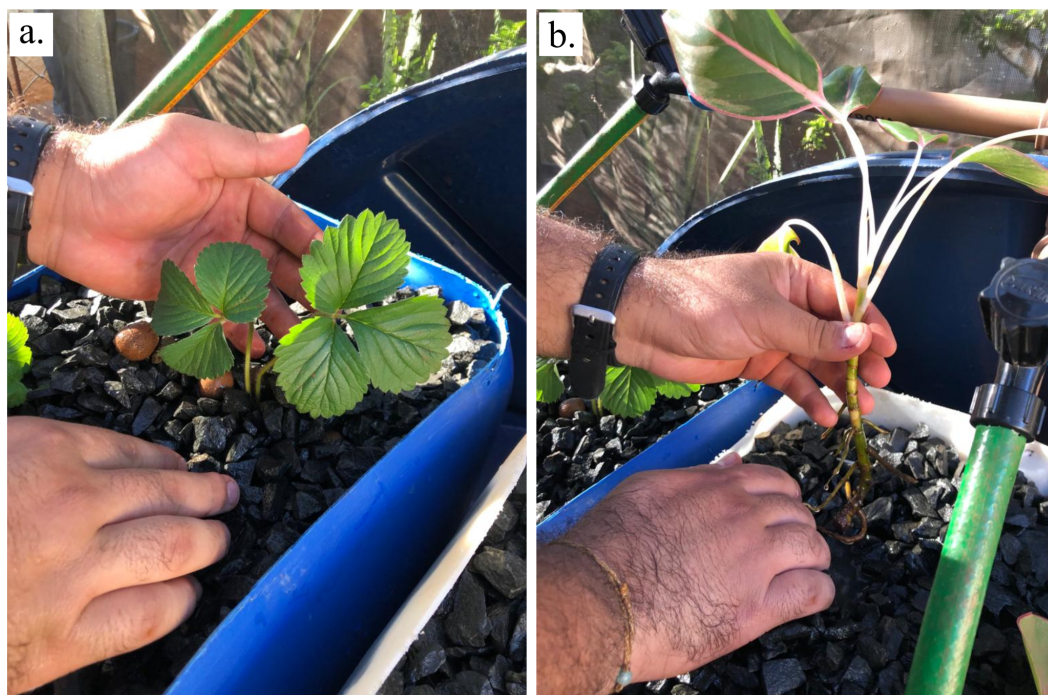
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6. Etapas IX à XIXI da montagem do sistema aquapônico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7. Mudas de morango (*Fragaria vesca*) e aglaonema vermelha (*Aglaonema aurora*).



Mudas plantadas após o período de ciclagem. **a.** *Fragaria vesca*; **b.** *Aglaonema aurora*. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Figura 8. Desenvolvimento das mudas de morango (*Fragaria vesca*) e aglaonema vermelha (*Aglaonema aurora*) após 3 meses.



Plantas adultas, 3 meses após a plantação das mudas. **a.** *Fragaria vesca*; **b.** *Aglaonema aurora*. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

Figura 9. Lambaris (*Astyanax sp.*) introduzidos no tanque de peixes.



Lambaris (*Astyanax sp.*) introduzidos no tanque de peixes após o período de ciclagem. **Fonte:** Elaborado pelo autor.

4.3. Potencial didático

A partir da experiência docente relatada e de análises do Currículo Paulista (São Paulo, 2019; 2020), que é o parâmetro oficial para as atividades educacionais escolares no estado de São Paulo, pode-se elencar alguns potenciais do uso da aquaponia para a educação básica.

Segundo o currículo, é desejável que os alunos participem desses processos e aprendam a valorizar erros e acertos, assim como possam propor intervenções orientadas pelos resultados obtidos. Além disso, dessa maneira, os estudantes podem consolidar e ampliar as concepções sobre fatos e fenômenos da natureza de modo a compreender melhor o ambiente, numa perspectiva ecológica e social, considerando os aspectos econômicos e políticos que se articulam e se manifestam no âmbito local e global. Da mesma forma, podem avaliar os impactos ambientais nas áreas do trabalho, da tecnologia, da produção de energia, da sustentabilidade, da urbanização e do campo.

Ademais, foi possível, a partir de um estudo dos componentes Ciências, no Ensino Fundamental, e Biologia, no Ensino Médio, que integram o Currículo Paulista (São Paulo,

2019; 2020), identificar diversas habilidades que podem ser contempladas mediante uso didático da aquaponia.

No ensino fundamental II, componente curricular Ciências, o sistema aquapônico pode ser utilizado para diferenciar abordagens dos seguintes tópicos do Currículo Paulista:

- EF06CI02: Observar, identificar e registrar evidências de transformações químicas decorrentes da mistura de diversos materiais, ocorridas tanto na realização de experimentos quanto em situações do cotidiano, como a mistura de ingredientes para fazer um bolo, mistura de vinagre com bicarbonato de sódio, como também pelo conhecimento, por meio de publicação eletrônica ou impressa, de situações relacionadas ao sistema de produção;
- EF06CI03: Selecionar métodos adequados para a separação de diferentes sistemas heterogêneos a partir da investigação e identificação de processos de separação de materiais de uso cotidiano, bem como pesquisar sobre procedimentos específicos tais como a produção de sal de cozinha e a destilação do petróleo.
- EF06CI06: Concluir com base na análise de ilustrações e ou modelos (físicos ou digitais), que os organismos são um complexo arranjo de sistemas com diferentes níveis de organização
- EF07CI07: Caracterizar os principais ecossistemas brasileiros quanto à paisagem, à quantidade de água, ao tipo de solo, à disponibilidade de luz solar, à temperatura etc., correlacionando essas características à flora e fauna específicas.
- EF07CI12: Reconhecer que o ar é uma mistura de gases, identificando sua composição e discutir fenômenos naturais ou antrópicos que podem alterar essa composição.
- EF08CI01: Identificar e classificar diferentes fontes, renováveis e não renováveis, e comparar como a energia é utilizada em residências, comunidades ou cidades em relação aos princípios da sustentabilidade.
- EF09CI13: Propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da comunidade e/ou da cidade, com base na análise de ações de consumo consciente e de sustentabilidade bem-sucedidas.

Assim, na etapa do Ensino Médio, foi possível identificar que as seguintes habilidades do Currículo Paulista (São Paulo, 2020b) podem ser abordadas com o sistema aquapônico:

- EM13CNT101: Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
 - EM13CNT101 - Biologia: Fluxo de matéria e energia (cadeias e teias alimentares). Metabolismo energético (fotossíntese e respiração). Equilíbrio sistêmico do ecossistema (manutenção e impactos). Soluções para situações de ameaças ao equilíbrio do ecossistema.
- EM13CNT104: Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.
 - EM13CNT104 - Biologia Bioacumulação trófica. Descarte indevido de resíduos e seus efeitos nas cadeias tróficas e nos organismos vivos.
- EM13CNT105 Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.
 - EM13CNT105 - Biologia: Ciclos biogeoquímicos. Poluição do solo, água e ar Interferência humana nos ciclos biogeoquímicos (agrotóxicos, fertilizantes, pecuária). Ações mitigatórias da interferência humana nos ciclos biogeoquímicos (reflorestamento)

Assim, o estudo do Currículo Paulista para as etapas de ensino fundamental (São Paulo, 2019) e Ensino Médio (São Paulo, 2020) possibilitou evidenciar o potencial didático da aquaponia para diversificar e tornar práticas e experimentais as aulas que tratam de conceitos afins ao ensino e aprendizagem da Ecologia, cumprindo com as habilidades previstas nos componentes Ciências e Biologia. Além disso, possibilita que os estudantes desenvolvam conhecimentos, atitudes e habilidades pertinentes à alfabetização e investigação científica, conforme previsto no currículo para os componentes Biologia, Física e Química. Segundo São Paulo (2020), deve-se possibilitar a investigação científica, mediante: definição da situação problema, objeto de pesquisa, justificativa, elaboração da hipótese, revisão da literatura, experimentação e simulação, coleta e análise de dados, precisão das medidas,

elaboração de gráficos e tabelas, discussão argumentativa, construção e apresentação de conclusões.

A aquaponia pode ser utilizada para Procedimentos de investigação em Ciência estipulados pelo Currículo Paulista (São Paulo, 2019), ao possibilitar que os estudantes participem ativamente da construção do sistema, bem como os registros e a manutenção da aquaponia. Como o Quadro 01 evidencia, o uso da aquaponia servirá como fontes de dados e informações que podem ser utilizados em procedimentos de investigação. Em associado, são cumpridas as seguintes habilidade do Currículo:

- EM13CNT301: Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
- EM13CNT302: Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

Quadro 1. Correlação entre procedimentos de investigação em Ciências e a Aquaponia.

Procedimentos de investigação em Ciências (Segundo São Paulo, 2019)		Contribuições da Aquaponia
Definição de Problemas	• Observar o mundo a sua volta e fazer perguntas; • Analisar demandas, delinear problemas e planejar investigações; • Propor hipóteses.	Uma atividade inicial com os estudantes poderá ser realizada para problematizar questões relacionadas com a produção de alimentos, tais como: disponibilidade de espaço, padrões de potabilidade e

		qualidade da água para consumo e produção de alimentos; usos e impactos do manejo e das técnicas de produção agrícolas mais utilizadas sobre o solo; impactos do uso de agrotóxicos sobre o ambiente e na saúde dos seres vivos, inclusive humanos.
--	--	---

Levantamento, Análise e Representação	• Planejar e realizar atividades de campo (experimentos, observações, leituras, visitas, ambientes virtuais etc.); • Desenvolver e utilizar ferramentas, inclusive digitais, para coleta, análise e representação de dados (imagens, esquemas, tabelas, gráficos, quadros, diagramas, mapas, modelos, representações de sistemas, fluxogramas, mapas conceituais, simulações, aplicativos etc.); • Avaliar a informação (validade, coerência e adequação ao problema formulado); • Elaborar explicações e/ou modelos; • Associar explicações e/ou modelos à evolução histórica dos conhecimentos científicos envolvidos; • Selecionar e construir argumentos com base em evidências, modelos e/ou conhecimentos científicos; • Aprimorar seus saberes e incorporar, gradualmente, e de	Após a atividade de problematização, o docente poderá realizar uma visita a empreendimentos agrícolas convencionais e àqueles que se valem de tecnologias alternativas: agroecológicos, orgânicos, permaculturais, dentre outros. Também poderão ser realizadas visitas a ecossistemas naturais diversos, como represas e corpos hídricos, para que os alunos observem e registrem aspectos relacionados aos ciclos biogeoquímicos, em especial as relações entre cobertura vegetal, solo e recursos hídricos. Após as visitas os estudantes podem elencar diferenças observadas nos diferentes empreendimentos no que se refere ao uso e manejo dos recursos naturais (Solo, água e cultivares) e, então, dentre as diversas alternativas, o docente poderá explicar as potencialidades da aquaponia como uma das
--	--	--

	modo significativo, o conhecimento científico; • Desenvolver soluções para problemas cotidianos usando diferentes ferramentas, inclusive digitais	alternativas sustentáveis de produção de alimentos. Os estudantes devem então passar a pesquisar sobre o tema, o modelo e se envolver na construção do sistema aquapônico
Comunicação	• Organizar e/ou extrapolar conclusões; • Relatar informações de forma oral, escrita ou multimodal; • Apresentar, de forma sistemática, dados e resultados de investigações; • Participar de discussões de caráter científico com colegas, professores, familiares e comunidade em geral; • Considerar contra-argumentos para rever processos investigativos e conclusões	Os alunos serão convidados a apresentar os resultados e registros feitos por eles sobre o sistema de aquaponia para a comunidade escolar, o que pode ocorrer em feiras de ciências ou em culminâncias de eletivas.

Intervenção	• Implementar soluções e avaliar sua eficácia para resolver problemas cotidianos; • Desenvolver ações de intervenção para melhorar a qualidade de vida individual, coletiva e socioambiental.	Após a montagem, estudos e apresentação à comunidade, a comunidade escolar - incluindo funcionários, alunos e familiares - poderá se apropriar do sistema aquapônico, utilizando-o para produção de alimentos, com finalidade de uso para merendas ou levantamento de fundos para projetos escolares ou comunitários.
-------------	--	---

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de São Paulo, 2019.

O sistema aquapônico também poderá ser utilizado no contexto de itinerários formativos em Ciências da Natureza e Suas Tecnologias. Segundo o parágrafo 2º do Artigo 12 das Diretrizes Nacionais Curriculares do Ensino Médio (DCNEM), nos termos da Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018 (MEC, 2018a), reiterados na Portaria MEC nº 1.432, de 28 de dezembro de 2018 (MEC, 2018b), os itinerários formativos das diferentes áreas e da formação técnica e profissional devem ser organizados considerando quatro eixos estruturantes:

I – investigação científica: supõe o aprofundamento de conceitos fundantes das ciências para a interpretação de ideias, fenômenos e processos para serem utilizados em procedimentos de investigação voltados ao enfrentamento de situações cotidianas e demandas locais e coletivas, e a proposição de intervenções que considerem o desenvolvimento local e a melhoria da qualidade de vida da comunidade;

II – processos criativos: supõem o uso e o aprofundamento do conhecimento científico na construção e criação de experimentos, modelos e protótipos para a criação de processos ou produtos que atendam a demandas pela resolução de problemas identificados na sociedade;

III – mediação e intervenção sociocultural: supõe a mobilização de conhecimentos de uma ou mais áreas para mediar conflitos, promover entendimento e implementar soluções para questões e problemas identificados na comunidade;

IV – empreendedorismo: supõem a mobilização de conhecimentos de diferentes áreas para a formação de organizações com variadas missões, voltadas ao desenvolvimento de produtos ou à prestação de serviços inovadores com o uso das tecnologias.

Ao analisar o Organizador Curricular do Itinerário Formativo para o Ensino Médio, da Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (São Paulo, 2020, p. 222-228), pode-se notar que o sistema aquapônico pode ser utilizado no âmbito dos quatro eixos estruturantes.

No eixo estruturante “Investigação científica”, o Currículo Paulista sugere que sejam tratados, dentre outros, os seguintes pressupostos afins à aquaponia e à Ecologia:

- selecionar efetivas formas de reciclagem e descarte com mínimo impacto ambiental;
- analisar a eficiência energética, propondo soluções para a economia financeira e o consumo de energia;
- analisar as condições do ar, do clima e da temperatura atmosférica como variáveis determinantes para a manutenção da vida;
- analisar e avaliar as condições da água de rios, lagos e mares, buscando conclusões sobre soluções sustentáveis de utilização, além de métodos despoluidores que priorizem a manutenção da vida aquática e o funcionamento de fenômenos hidrostáticos;
- realizar levantamentos sobre alternativas para a substituição da agricultura convencional pelas agriculturas ecológicas, tais como a agricultura orgânica;
- promover a investigação sobre os diferentes usos na mídia das palavras “orgânico”, “química”, “natural”, “radicais livres”, “antioxidantes” e “pH”.

O eixo estruturante “Processos Criativos” tem como objetivo “ampliar os conhecimentos científicos do estudante na idealização e realização de processos, mobilizando as habilidades para investigar, inventar, propor, criar e realizar projetos inovadores que atendam às demandas de problemas” (São Paulo, 2020, p. 224). Nesse contexto, o Currículo Paulista sugere que sejam tratados, dentre outros, os seguintes pressupostos afins à aquaponia e à Ecologia:

- propõe que o estudante vivencie práticas significativas utilizando a experimentação, a simulação e a criação de modelos ou protótipos para a elaboração de soluções inovadoras a partir da investigação de problemas reais, de relevância pessoal, para a comunidade e/ou para o mundo;
- Para estimular o processo criativo na resolução de um problema, é importante, além do conhecimento e da prática investigativa e reflexiva, estimular a leitura de diversas fontes, pesquisas em mídias digitais e a utilização de recursos tecnológicos e visitas de campo, visando diagnosticar os problemas e pensar em soluções ou propostas que sejam criativas e/ou inovadoras;
- o estudante seja capaz de identificar problemas reais, criar soluções e elaborar produtos alternativos, considerando as aprendizagens desenvolvidas nos componentes da área de Ciências da Natureza, ampliando seu repertório científico, artístico e cultural, por meio de diferentes linguagens, mídias e plataformas, propondo, assim, novas estratégias através de ferramentas científico-tecnológicas.

No eixo estruturante “Mediação e Intervenção Social”, que “visa desenvolver habilidades e aprofundar conhecimentos, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, para intervir diretamente em problemas e questões socioculturais e ambientais do mundo contemporâneo” (São Paulo, 2020, p. 225), o Currículo Paulista sugere que sejam tratados, dentre outros, os seguintes pressupostos afins à aquaponia e à Ecologia:

- desenvolver habilidades voltadas à convivência e atuação social/cultural/ambiental e aprimorar o conhecimento científico para compreender situações-problema e propor intervenções/soluções que tenham como princípio o bem da coletividade;
- buscar soluções às questões socioculturais e ambientais, diagnosticar o problema, buscar dados oficiais públicos, como também ideias e observações da comunidade local;
- planejar, executar e avaliar ações sociais e ambientais que permitam estabelecer corresponsabilidades e exaltar o sentimento de solidariedade voltado ao bem comum no âmbito local/regional/global;

- intervenções socioculturais e ambientais podem surgir do engajamento dos estudantes em projetos/ações que promovam o diagnóstico do problema sobre o qual se pretende atuar;
- observação da situação real e o estudo do meio ambiente local e suas condições (pesquisa de campo), pesquisa de informações oficiais, escuta da comunidade (entrevistas, questionários, formulários eletrônicos, etc.) e realização de reuniões e/ou conselhos com representantes dos setores da comunidade, com o intuito de promover a discussão sobre o caso em questão e registrar as opiniões divergentes e suas motivações.

Ainda no que se refere aos pressupostos desse eixo estruturante, destaca-se que a aquaponia pode possibilitar que os estudantes se envolvam no desenvolvimento de alternativas à produção de alimentos e conservação da natureza, conforme preconiza o Currículo:

“Como exemplos de ações/projetos na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias e que englobam de forma interdisciplinar os componentes curriculares de Biologia, Física e Química, podem-se sugerir temas voltados às causas sociais, à tecnologia e ao meio ambiente, tais como: [...] produção de estudos, monitoramento e preservação de áreas florestais e aquáticas; conservação ambiental e melhoria da qualidade de vida de comunidades ribeirinhas; impactos socioambientais da instalação de usinas hidrelétricas/termelétricas/nucleares ou indústrias/fábricas; consumidor moderno e socialmente responsável, atitudes sustentáveis; alimentação saudável; [...] Vale ressaltar que alguns temas de projetos que podem ser desenvolvidos baseados neste eixo estruturante, são instrumentos de trabalho do terceiro setor da economia, como as organizações, fundações, instituições e entidades (ONG, Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público – OSCIP etc.), as quais são comprometidas em conscientizar e estabelecer o diálogo entre a sociedade, setores públicos e privados, valorizar ações locais, comunitárias e territoriais, fortalecer relações solidárias e a defesa de direitos e realizar ações que respeitam o ser humano e o meio ambiente e promovam a construção do desenvolvimento local de forma sustentável” (SÃO PAULO, 2020, p. 226).

Finalmente, no eixo estruturante Empreendedorismo, que tem como objetivo “expandir a capacidade do estudante em mobilizar conhecimentos e buscar oportunidades e recursos diversos [...] para o empreendedorismo, ponderando as consequências socioambientais e os recursos tecnológicos disponíveis” (São Paulo, 2020, p. 227).

Nesse contexto, a aquaponia pode ser utilizada a partir da identificação e mobilização de problemáticas locais ou regionais, e pode resultar em projetos empreendedores que visem transformar ideias em soluções inovadoras, que poderão gerar benefícios e prosperidade para si e para a sociedade. Conforme consta no Currículo Paulista:

“o desenvolvimento de projetos ou protótipos visa fortalecer o trabalho em equipe, a promoção e/ou participação em feiras (de ciências e negócios) e a criação de startups, aplicativos e modelos de negócios. No empreendedorismo pessoal, o estudante pode conhecer carreiras profissionais inovadoras, por meio de parcerias com universidades e instituições [...]. Como exemplos de projetos de empreendedorismo, salientam-se os que visam o bem da coletividade e também solucionar/minimizar impactos socioambientais, tais como: projetos voltados ao consumo consciente, alternativo e sustentável de energia com instalações econômicas; as interferências nos ciclos bioquímicos; projetos voltados à recuperação de óleos de cozinha para fabricação de sabão e detergente para uso doméstico; projetos para o descarte correto de pilhas e baterias, para evitar a contaminação da água e do solo com metais pesados; projetos voltados à galvanização de metais que produzem resíduos altamente tóxicos; desenvolvimento de produtos buscando a inovação e a difusão do conhecimento e das tecnologias que possam melhorar a relação custo-benefício; e projetos que abordam o uso da tecnologia híbrida e enfoca a busca de solução para questões de saúde individual e coletiva, incentivando a pesquisa científica e projetos de pré-iniciação científica. Ao final do eixo, espera-se que o estudante tenha subsídios para empreender com criatividade, seja de maneira individual ou coletiva, aprimorando a vida profissional e pessoal de forma inovadora, crítica, ética e cidadã” (São Paulo, 2020, p. 228).

4.4. *E-book*

O desenvolvimento de estágios curriculares e projetos de pesquisa e extensão mediante a parceria de universidades e escolas públicas têm muitas vezes resultado em iniciativas estanques, que não têm continuidade, pela comunidade escolar, após o término do projeto.

Nesse sentido, procedeu-se ao desenvolvimento de um livro digital (*e-book*) que visa fomentar o uso do sistema aquapônico pelas comunidades escolares do município de Icém, onde o projeto foi desenvolvido. O livro é composto por três seções principais:

1. Fundamento de Ecologia: essa seção visa o embasamento/referencial teórico para que os docentes possam preparar as atividades didáticas;

2. Desenvolvimento de sistema aquapônico: essa seção trata dos materiais e metodologia necessários ao desenvolvimento e à manutenção do sistema, visando orientar e subsidiar a replicação do sistema por comunidades escolares;
3. Potencialidades didáticas: essa seção apresenta as possibilidades de uso do sistema aquapônico em práticas pedagógicas que tenham relação com componentes do Currículo Paulista: tópicos, habilidades, itinerários formativos. Reitera-se que o Currículo Paulista foi elaborado à luz das diretrizes Base Nacional Comum Curricular, bem como todos os atuais currículos escolares estaduais vigentes. Portanto, essas potencialidades didáticas também têm direta relação com outros currículos estaduais.

Além disso, por se tratar de um recurso digital, o alcance é potencializado, e docentes de todo o Brasil poderão ter acesso ao livro, fomentando, assim, a multiplicação da iniciativa de uso didático de sistemas aquapônicos no ensino de Ecologia.

Finalmente, destaca-se que os livros digitais possuem baixo custo de produção em relação aos livros impressos, além do potencial para agregar recursos multimídia em relação aos tradicionais impressos, incluindo áudios, vídeos, imagens e animações, links para websites, exercícios interativos, dentre outros (BRUSI; CALONGE; SOUZA, 2016).

5. AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DOCENTE

Embora o projeto inicial tenha sofrido inúmeras adequações e a sua execução final não tenha ocorrido dentro do ambiente escolar com a presença e participação efetiva dos estudantes, foi possível concluir os objetivos traçados, podendo vislumbrar a efetiva construção de um sistema de aquaponia utilizando materiais baratos e investigando sua potencialidade didática promissora.

Também foi possível consolidar experiência de caso, principalmente relacionada às dificuldades que as instituições públicas de ensino básico sofrem no Brasil. Durante a execução do projeto foi possível presenciar uma situação completamente atípica para o mundo inteiro, além de todo caos sanitário, de saúde pública e humanitário vivenciado pela pandemia de covid-19, a educação em si, teve de se adaptar de forma forçada e súbita, fazendo com que as desigualdades sociais ficassem mais escancaradas.

Instituições privadas de ensino puderam gozar de uma melhor infraestrutura, preparo dos docentes, suporte aos estudantes e participação efetiva devido a posse de equipamentos eletrônicos e domínio das ferramentas, em contraste com as instituições públicas de ensino que, em sua maioria, enfrentaram a evasão escolar de forma intensificada devido a vulnerabilidade social dos estudantes, não posse de equipamentos e falta de domínio das ferramentas, ficando à deriva em relação às aulas e o conteúdo programático escolar.

Ademais, o estágio curricular supervisionado juntamente com as disciplinas constituintes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas contribuíram imensamente na minha formação profissional e pessoal, levando ao pensamento crítico sobre temáticas relacionadas a educação no nosso país, assunto de relevância extrema nos dias atuais, e fundamentando muitas das minhas ideias enquanto discente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema aquapônico possui um mecanismo e funcionamento geral que apresenta inúmeras vantagens, como por exemplo: ser um ciclo fechado de recirculação de água, não gerando resíduos e nem desperdício de água. A aquaponia apresenta um potencial pedagógico promissor, possível de ser utilizado como prática de ensino, integrando temáticas e conhecimentos de Ciências, Biologia, Física, Química e Matemática. Porém é ainda pouco explorado.

Existe uma carência substancial de materiais didáticos e capacitação docente relacionados a práticas e metodologias alternativas de ensino, essencialmente em escolas públicas, acarretando em aulas apenas expositivas que geram, cada vez mais, desinteresse nas novas gerações de estudantes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R. C.; SOUZA, C. R. Uma metodologia de ensino de química e biologia: a biotecnologia e o sistema de aquaponia. *Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 14, n. 8, p. 57-71, 2019.

BARROS, A.; ARAÚJO, J. Aulas de campo como metodologia para o ensino de ecologia no ensino médio. *Revista Areté*, v. 9, n. 20, p. 80-88, 2017. Disponível em: <<http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/249>>. Acesso em: 07 abr. 2020.

BONITO, J.; MORGADO, M.; REBELO, D.; MARQUES, L.; ANDRADE, A. S. Propostas didáticas CTSA presentes no manual do aluno de Geologia em Timor-Leste. In: MEMBIELA, P.; CASADO, N.; CEBREIROS, M. I.; VIDAL, M. (orgs.). *La práctica docente en la enseñanza de las ciencias*, Ourense, Espanha: Educación Editora, 2017.

BRUSI, D.; CALONGE, A.; SOUZA, E. *Textbooks: a tool to support Geosciences Learning*. In: VASCONCELOS, C. (org.). *Geosciences Education: indoor e outdoor*. Suíça: Springer International Publishing, 2016.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. A necessária renovação do ensino das ciências, 3 ed., São Paulo: Cortez, 2011.

CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. *Ecologia*. 1ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

CARMO, H.; FERREIRA, M. *Metodologia da Investigação – Guia para Auto-aprendizagem*. Lisboa: Universidade Aberta. 2ª. ed., 2008.

CRUZ, D.D. *Ecologia*. 1ª Ed. João Pessoa: Editora da UFPB, 2015.

DIVER, S. *Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture*. ATTRANational Sustainable Agriculture Information. 28p. 2006.

DUARTE, A. J.; MALHEIRO, B.; RIBEIRA, C.; SILVA, M. F.; FERREIRA, P.; GUEDES, P. *Developing an aquaponics system to learn sustainability and social compromise skills*. *Journal of Technology and Science Education*, v. 5, n. 4, p 235-253, 2015.

ELLIOTT, J. *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Madrid: Ediciones Morata. 4ª. ed., 2005.

ELLIOTT, J. *La Investigación-acción en educación*. Madrid: Ediciones Morata. 6ª. ed. 2010.

FERNANDES, I. M. B.; PIRES, D. M.; DELGADO-IGLESIAS, J. Perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) nos manuais escolares portugueses de Ciências Naturais do 6º ano de escolaridade. *Ciência & educação* (Bauru), v. 24, n. 4, p. 875-890, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320180040005>.

FONSECA, G.; CALDEIRA, A. M. A. Uma reflexão sobre o ensino aprendizagem de ecologia em aulas práticas e a construção de sociedades sustentáveis. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 1, n. 3. 2008.

FOX, B. K.; HOWETON, R.; TAMARU, C. S. *Construction of Automatic Bell Siphons for Backyard Aquaponic Systems. Biotechnology*. Honulu, n. 10, 2020. Disponível em < <https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/bio-10.pdf>>. Acesso em 22 abr. 2021.

GENELLO, L.; FRY, J. P.; FREDERICK, J. A.; LI, X.; LOVE, D. C. *Fish in the classroom: a survey of the use of aquaponics in education*. *European Journal of Health & Biology Education*, v. 4, n. 2, p. 9-20, 2015. Doi: 10.12973/ejhbe.2015.213p.

HART, E. R.; WEBB, J. B.; DANYLCHUCK, A. HJ. *Implementation of aquaponics in education: An assessment of challenges and solutions*. *Science Education International*, v. 24, n. 4, p. 460-480, 2013.

HART, E. R.; WEBB, J. B.; HOLLINGSWORTH, C.; DANYLCHUK, A. J. *Managing expectations for aquaponics in the classroom: enhancing academic learning and teaching an appreciation for aquatic resources*. *Fisheries*, v. 39, n. 11, p. 525-530, 2014. DOI: 10.1080/03632415.2014.966353

KÖNIG, B.; JUNGE, R.; BITTSANSZKY, A.; VILLARROEL, M.; KOMIVES, T. *On the sustainability of aquaponics*. *Ecocycles*, v. 2, n.1, p. 26-31, 2016. DOI: 10.19040/ecocycles.v2i1.50.

MACIEL, E. A.; GÜLLICH, R. I. C. Metodologias diferenciadas para o Ensino de Ecologia. In: GÜNZEL, R. E.; GÜLLICH, R. I. C. *Aprendendo Ciências: ensino e extensão*. Vol. 1. Bagé, RS: Editora Feith, 2018.

MARTINS, P. Aquaponia em Educação Ambiental – percepções de alunos e professores. *Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient.* v. 36, n. 3, p. 356-369. 2019.

MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Básica. Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018. Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Diário Oficial da União, Ed 224, Sec 1, Pág 21. 2018a.

MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, Gabinete do Ministro. Portaria nº 1.432, de 28 de dezembro de 2018. Estabelece os referenciais para elaboração dos itinerários formativos conforme preveem as Diretrizes Nacionais do Ensino Médio. Diário Oficial da União, Ed 666, Sec 1, Pág 94. 2018b.

PIMENTA, S. G.; LIMA, M. S. L. Estágio e docência. São Paulo: Cortez, 2018.

QUEIROZ, J. F.; FREATO, T. A.; LUIZ, A. J. B.; ISHIKAWA, M. M. & FRIGHETTO, R. T. S. Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 29p. 2017.

RIBEIRO, J. A. G.; CAVASSAN, O. Um olhar epistemológico sobre o vocábulo ambiente: algumas contribuições para pensarmos a ecologia e a educação ambiental. Filosofia e História da Biologia, v. 7, n. 2, p. 241-261, 2012.

ROSA, I. S. C.; LANDIM, M. F. O enfoque CTSA no ensino de ecologia: concepções e práticas de professores do Ensino Médio. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 17, n. 1, p. 263-289, 2018.

SÃO PAULO (ESTADO). Currículo Paulista. São Paulo: SEESP/UNDIME. 2019

SÃO PAULO (ESTADO). Currículo Paulista: Etapa Ensino Médio. São Paulo: SEESP/UNDIME. 2020

SATIRO, T. N.; RAMOS-NETO, K. X. C.; DELPRETE, S. E. Aquaponia: sistema que integra a produção de peixes com produção de vegetais de forma sustentável. Revista Brasileira de Eng. Pesca, v. 11, n. 1, p. 38-54, 2018.

SCAGLIONE, M. C.; CADOCH, L.; CERUTTI, R. D.; GARCÍA, M. J.; BOSCAROL, B. M. *La acuaponia como estratégia didáctica para la integración de conceptos*. El cardo, v. 21, n. 15, p. 53-73, 2019.

SCHNELLER, A. J.; SCHOFIELD, C. A.; FRANK, J.; HOLLISTER, E.; MAMUSZKA, L. *A Case Study of Indoor Garden-Based Learning With Hydroponics and Aquaponics: Evaluating Pro-Environmental Knowledge, Perception, and Behavior Change*. Applied Environmental Education & Communication, v. 14, n. 4, p. 256-265, 2015. DOI: 10.1080/1533015X.2015.1109487.

SOUZA, R. T. Y. B.; SOUZA, L. O.; OLIVEIRA, S. R.; TAKAHASHI, E. L. H. Formação continuada de professores de ciências utilizando a Aquaponia como ferramenta didática. Ciência & educação (Bauru), v. 25, n. 2, p. 395-410, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320190020008>.

STONE, M. K.; BARLOW, Z (orgs.). Alfabetização ecológica: a educação das crianças para um mundo sustentável. São Paulo: Cultrix. p. 125- 136. 2006.

TRAD, L. A. B. Grupos focais: conceitos, procedimentos e reflexões baseadas em experiências com o uso da técnica em pesquisas de saúde. Physis Revista de Saúde Coletiva, v. 19, n. 3, p. 777-796, 2009.

VILCHES, A.; GIL-PEREZ, D. *Ciencia de la Sostenibilidad: una nueva disciplina o un nuevo enfoque para todas las disciplinas?* Revista Iberoamericana de Educación, v. 16, n. 1, p. 39-60, 2015.

APÊNDICE

Apêndice 1. Programa de aulas disciplina eletiva Aqua.Eco.

AQUA . ECO – Aquaponia para o ensino de ecologia - 2020

SÉRIES: 2º ANOS.

Professor: Yoshiaki N. Miyazaki

Laboratório de Ictiologia - Departamento de Zoologia e Botânica, IBILCE-UNESP

Horários das aulas

Turma única – sextas-feiras, das 08h30 às 10h (duas aulas).

Mês	Dias				
Fevereiro	28				
Março	06	13	27		
Abril	03	10¹	17	24²	
Maio	08	15	22		
Junho	05	19³	26		
Julho	01⁴				

¹ Feriado paixão de cristo;

² Recesso escolar;

⁴ Avaliação;

³ Culminância do projeto (Feira de Ciências).

Critérios de avaliação

PI: Avaliação escolhida pelos alunos.

PII: Apresentação na Feira de Ciências.

Nota final: média entre PI e PII

Máximo permitido de faltas: 3 horas (4 aulas)

Programa de aulas

28/02- Apresentação da disciplina, introdução ao Sistema Aquapônico;

06/03 - Introdução a hidrogeografia do município de Içém | Tributários e constituintes dos principais rios do município;

13/03 - Impactos antrópicos/modificações nas paisagens naturais, i.g. construções de barragens;

20/03 - Montagem;

27/03 - Montagem;

03/04 - Montagem;

10/04 - FERIADO

17/04 – Revisão de conceitos;

24/04 - RECESSO ESCOLAR

08/05 – Observação e investigação dos ciclos biogeoquímicos no sistema;

15/05 - Ictiofauna local, introdução a importância da biodiversidade de peixes nativos;

22/05 - Introdução de peixes exóticos em rios e riachos: Danos ambientais e desequilíbrio ecossistêmico;

29/05 - Níveis tróficos, cadeia e teia alimentar;

05/06 – Atividade de Pesca e Aquicultura na região;

19/06 – Avaliação;

26/06 – Feedback da disciplina e apresentação dos grupos da Feira de Ciências;

01/07 - Culminância (Feira de Ciências).

Apêndice 2. Capa do material didático elaborado, *e-book* “Aquaponia como instrumento de ensino”.



Disponível em: <[E-book "Aquaponia como instrumento de ensino" Miyazaki & Pontes, 2022](#)>