



A aprendizagem baseada em projetos como metodologia para o ensino do ciclo do nitrogênio: simulação de um sistema aquapônico

André Luiz Veiga Conrado ^{1*}, Renata Stecca Iunes ², Iuri Moraes Neyrão ³, Isabella C. Bordon ⁴,
José Roberto Machado Cunha da Silva ⁵

¹Doutorando em Biologia de Sistemas, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, Brasil. (*Autor correspondente: andreveigaconrado@gmail.com)

²Doutoranda em Biologia de Sistemas, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, Brasil.

³Doutorando em Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

⁴Doutora em Biologia, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, Brasil.

⁵Professor Doutor, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, Brasil

Histórico do Artigo: Submetido em: 10/01/2021 – Revisado em: 22/01/2021 – Aceito em: 04/02/2021

RESUMO

O objetivo deste trabalho é fomentar a aplicação da metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) no ensino de Ecologia. A partir do levantamento bibliográfico sobre a aquicultura, educação técnica e métodos ativos de aprendizagem, foi proposto um projeto para o ensino do ciclo do nitrogênio através de um projeto de aquaponia em pequena escala, para alunos do nível médio. Neste artigo é descrito o cenário da aquicultura e sua consequência ambiental, a poluição das águas pelo despejo de excesso de compostos nitrogenados, e uma das soluções ecológicas, a aquaponia. Como guia para professores, pedagogos e gestores escolares, trazemos quais resultados esperam-se alcançar ao final do projeto, o passo a passo para a montagem do sistema aquapônico e seu custo de implantação.

Palavras-Chaves: Aprendizagem alternativa, Ecologia, Ensino médio rural, Métodos ativos de aprendizagem, Sistema sustentável.

Project-based learning as a methodology for teaching the nitrogen cycle: simulation of an aquaponics system

ABSTRACT

The aim of this work is to promote the application of the Project-based Learning (PBL) methodology in Ecology teaching. From the bibliographic survey about aquaculture, technical education and active learning methods, we propose a small-scale aquaponics project for teaching the nitrogen cycle for high school students. This article describes the scenario of aquaculture and its environmental consequence (water pollution by excess nitrogen compounds dumping) and the ecological solution (aquaponics). As a guide for teachers, educators and school managers, we discuss what results are expected to be achieved at the end of the project, a step-by-step assembling of aquaponics system and its costs.

Keywords: Active learning methods, Alternative learning, Ecology, Rural high school teaching, Sustainable system.

Conrado, A.L.V., Iunes, R.S., Neyrão, I.M., Bordon, I.C., Silva, J.R.M.C. (2021). A aprendizagem baseada em projetos como metodologia para o ensino do ciclo do nitrogênio: simulação de um sistema aquapônico. **Educação Ambiental (Brasil)**, v.2, n.1, p.49-60.



1. Introdução

A pesquisa sobre o ensino de Biologia nas escolas brasileiras é recente. Passadas as fases embrionárias da primeira metade do século XX, a pesquisa dos desafios de ensinar os diferentes ramos da Biologia sofreu um rápido avanço após a implantação dos programas de pós-graduação em Educação nos meados de 1960-1970. No levantamento de dissertações e teses sobre o ensino de Biologia no Brasil entre 1972 e 2004, observou-se uma discrepância dos níveis educacionais estudados. Do total de 351 publicações, 43% das pesquisas foram dedicadas ao Ensino Médio e 35,8% ao Ensino Superior; 24% ao Ensino Fundamental, com quase inexistência de estudos para Educação Infantil. A concentração de trabalhos nestes níveis educacionais pode ser explicada por três fatores: a Biologia é estabelecida formalmente como disciplina no Ensino Médio; os autores das pesquisas tem formação inicial em Ciências Biológicas e, em parte dos estudos (28%), os autores se dedicaram à compreensão dos problemas na formação de professores de biologia e suas alternativas (Teixeira, 2008).

Destarte, o ensino da Ecologia necessita de professores com formação holística que tragam para dentro da escola questões enfrentadas no dia a dia, e que possam ser simuladas em pequena escala e exploradas pela interdisciplinaridade no nível médio, assim evitando apenas o ensino tradicional dos conceitos científicos (Motokane; Trivelato, 1999; da Rocha et al., 2009).

Além de um professor atento, o ensino pode ser otimizado pela implantação e uso de metodologias alternativas no ensino fundamental (Fagundes et al., 2006) e médio (Rossasi; Polinarski, 2012; Pagel, Campos e Batitucci, 2015), entre elas a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) (Parisoto, Oliveira e Fisher, 2016).

A aquaponia é uma modalidade de cultivo de alimentos que envolve a integração entre a aquicultura e a hidroponia em sistemas de recirculação de água e nutrientes (Hundley; Navarro, 2013). Rakocy, Masser e Losordo (2006) observaram que a aquaponia oferece uma série de benefícios, pois tanto a espécie vegetal quanto a animal tem vantagens por estarem em cultivo integrado, uma vez que o cultivo vegetal aproveita os subprodutos dos dejetos animais em seu benefício e em benefício do meio. Portanto, a aquaponia retira grande parte dos componentes nitrogenados da água, que pode ser devolvida ao meio ambiente sem causar grande impacto (Brooks, 2012).

Assim, este artigo traz uma proposta de ABP relacionando os conceitos sobre a aquaponia e o ciclo do nitrogênio para as aulas de Ecologia, em especial atenção para escolas localizadas longe de grandes centros. Desta forma, para o planejamento do professor, discorreremos sobre a ABP, o ensino técnico agrícola em nível nacional e internacional, e orientações para a avaliação do aprendizado dos alunos durante o desenvolvimento do projeto, além dos custos de implantação de um sistema aquapônico na escola.

2. Material e método

Para o desenvolvimento deste trabalho realizou-se o levantamento bibliográfico através de consultas à ferramenta de pesquisas Google Acadêmico (scholar.google.com.br). Para tal, os termos “Aquaponia”, “Ensino de Biologia”, “Ensino Técnico no Nível Fundamental e Médio”, “Aprendizagem Baseada em Projetos”, “Educação Rural”, “Problem-Based Learning”, “Biology Teaching”, “Aquaponics”, “Vocational Education”, “High School Aquaculture Education” foram utilizados para o acesso a artigos, resumos de congressos, dissertações e teses, notas técnicas de centros de pesquisa nacionais e internacionais, além de livros.

Como o tema estudado é recente tanto na literatura técnica quanto educacional, foram avaliados trabalhos publicados nos últimos 30 anos. A busca resultou em 40 publicações de diversos tipos nas línguas portuguesa, inglesa e espanhola. Após a avaliação deste montante, a proposta de montagem de um sistema de

aquaponia na escola foi influenciada pelos relatos de Nicol (1990), Brooks (2012) e de Carneiro et al. (2015a,b). As etapas do plano de trabalho para o professor responsável pela ABP foram influenciadas pelas experiências de Fleck (2007), Oliva (2017) e de Santana e Franzolin (2018).

A pesquisa do preço dos materiais e equipamentos necessários para a implantação do sistema aquapônico na escola foi realizada em lojas especializadas em produtos destinados a aquários, em centros de distribuição de alimentos (CEASA/CEAGESP) e em lojas de materiais de construção do município de São Paulo/SP durante o mês de março de 2020. Deve-se considerar que os preços podem variar em relação ao porte dos municípios, à facilidade de aquisição dos componentes e à época do ano para a oferta dos peixes e mudas de hortaliças pelos fornecedores especializados.

Este artigo tem o objetivo de trazer aos professores e aos gestores educacionais informações sobre a elaboração e gestão de uma disciplina estruturada na metodologia ativa Aprendizagem Baseada em Problemas. A proposta é o ensino do ciclo do nitrogênio através de um projeto de aquaponia em pequena escala, pensada para alunos do nível médio de regiões rurais/ribeirinhas, não existindo a descrição de experiência prévia da sua utilização.

3. Desenvolvimento

3.1 *Histórico e contextualização da ABP*

A ABP foi elaborada como prática educativa no início do século XX por William Kilpatrick (1871-1965) com contribuições de John Dewey (1859-1952). O método de projeto de Kilpatrick surgiu a partir de suas críticas ao currículo americano que, para o qual era inadequado, pois não preparava os jovens para a vida adulta e se consistia na aquisição memorizada de conhecimentos. Considerava que à educação caberia aumentar a capacidade de julgar e coordenar as diferentes influências do ambiente, de modo a enriquecer o processo vivencial do indivíduo (Marques, 2016).

Desta forma, a ABP é um modelo que organiza o aprendizado em torno de projetos. Os projetos são tarefas complexas, baseadas em questões ou problemas desafiadores, que envolvem os estudantes no design, solução de problemas, tomada de decisão ou atividades investigativas; dando aos alunos a oportunidade de trabalhar de forma relativamente autônoma por longos períodos de tempo; e culminam em produtos ou apresentações realistas. Outras características definidoras encontradas na literatura incluem conteúdo e avaliação autênticos, facilitação de professores - mas não direcionamento, metas educacionais explícitas, aprendizagem cooperativa, reflexão e incorporação de habilidades da vida adulta. Para tais atividades, incluem-se características relacionadas ao uso de uma questão autêntica (condução) e o uso de ferramentas cognitivas baseadas em tecnologia (Thomas, 2000).

Neste cenário, o professor deve assumir um papel facilitador, semelhante ao tutor no Aprendizado Baseado em Problemas (Conrado et al., 2017), dando ao estudante a liberdade de experimentar situações, mas devendo intervir para evitar o fracasso ou a considerável perda de tempo (Roberts; Harlin, 2007). Kilpatrick (1918, 1925) argumenta que, à medida que o nível de experiência do aluno se desenvolve, eles assumem maior responsabilidade na avaliação dos resultados de seu projeto e conectam o que aprenderam com experiências anteriores e futuras (Roberts; Harlin, 2007). Sobre o planejamento do projeto, Kilpatrick (1918, 1925) defende uma abordagem direcionada ao aluno, na qual cada aluno é responsável por identificar as metas ou o objetivo do projeto, planejar, concluir e depois avaliar os resultados alcançados com o projeto (Roberts; Harlin, 2007).

3.2 *Bases teóricas da Aquicultura e Aquaponia*

Aquicultura pode ser definida como a criação de animais aquáticos (peixes, crustáceos e moluscos) e a

coleta de plantas aquáticas em todos os tipos de ambientes, que incluem lagoas, rios, lagos e oceanos. Através da aquicultura se produz peixe para a alimentação humana, pesca esportiva, iscas vivas, peixes ornamentais, crustáceos, moluscos, algas e vegetais marinhos em tanques de terra, tanques de alvenaria, “lanternas” (camarões e ostras) ou *raceways* (canais com alto fluxo de água) (Brooks, 2012).

Nesses sistemas, um dos grandes problemas é o controle dos níveis de nitrogênio dissolvido na água. O nível de nitrogênio em um sistema de aquicultura é medido como amônia, nitritos (NO_2) ou nitratos (NO_3). Para que os peixes absorvam os aminoácidos necessários das proteínas que consomem, eles devem primeiro liberar a amônia do seu sistema (Brooks, 2012). Eles o fazem excretando a maior parte através de suas brânquias e o restante através da urina e fezes. A amônia é a forma mais tóxica de nitrogênio, podendo causar dificuldade respiratória e morte nos peixes. Mesmo em pequenas quantidades, o nitrogênio pode suprimir o sistema imunológico e deixar os peixes mais suscetíveis a doenças. Portanto, a amônia precisa ser transformada em nitrato, uma forma menos nociva de nitrogênio, através de um processo chamado nitrificação (Brooks, 2012). Durante a nitrificação, as bactérias do grupo nitrosomonas convertem amônia em nitrito e, em seguida, as nitrobactérias convertem nitrito em nitrato (Avnimelech, 1999).

Tecnicamente, a aquaponia é a modalidade de produção de alimentos com baixo consumo de água e alto aproveitamento do resíduo orgânico gerado. Na aquaponia, são utilizados três os tipos de ambientes para o cultivo de vegetais: 1) argila expandida, pedra brita ou outro substrato com alta relação superfície: volume (*media - filled bed* ou *gravel bed*); 2) canaleta ou NFT (*nutrient film technique*); e 3) flutuante (*float* ou *raft*) (Carneiro et al., 2015a; Carneiro et al., 2015b). Exemplo de construções mais complexas para sistema intensivo de produção pode ser conferido em Cardoso et al. (2019).

No sistema *media - filled bed* ou *gravel bed* o mesmo substrato que dá suporte aos vegetais é colonizado por bactérias nitrificantes, ou seja, esse ambiente também funciona como filtro biológico. É importante o uso de substratos inertes, sendo muitas as opções como argila expandida, pedra brita, seixos de leito de rio, rochas vulcânicas, areia grossa, perlita, entre outros (Carneiro et al., 2015a; Carneiro et al., 2015b).

O uso de peixes ornamentais é uma das opções em aquaponia. A carpa colorida (*Cyprinus carpio*), também conhecida como Koi ou Nishikigoi, é uma espécie muito resistente a variações nos parâmetros de qualidade da água e tolerante a altas densidades de estocagem. Adicionalmente, o uso da carpa colorida e de outros peixes ornamentais em aquaponia também pode ser interessante para fins educacionais e em exposições por criar cenários mais atrativos (Carneiro et al., 2015a; Carneiro et al., 2015b).

Hoje é possível produzir uma gama muito grande de espécies vegetais em aquaponia, tais como alface (*Lactuca sativa*), manjerição (*Ocimum basilicum*), agrião (*Nasturtium officinale*), repolho (*Brassica oleracea*), repolho chinês (*Brassica rapa*), rúcula (*Eruca sativa*), morango (*Fragaria vesca*), pimenta (*Capsicum spp.*), tomate (*Solanum lycopersicum*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*), pepino (*Cucumis sativus*) e taioba (*Colocasia esculenta*) (Brooks, 2012; Carneiro et al., 2015a; Carneiro et al., 2015b).

3.3 Ensino da Aquicultura e Aquaponia utilizando a ABP: as realidades nacional e norte americana

A educação em aquicultura nas escolas secundárias dos Estados Unidos foi iniciada em escala experimental em 1989, como consequência direta do crescente interesse do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), da indústria da aquicultura e das escolas públicas secundárias e pós-secundárias de fornecer pessoal qualificado necessário para atender à crescente demanda desta indústria. Além disso, alguns outros elementos podem desempenhar um papel no apoio ao ensino de aquicultura nas escolas secundárias. Esses outros elementos incluem: apoio administrativo escolar, interesse dos professores, interesse e expectativas da comunidade, apoio financeiro e técnico da indústria aquícola, ligações com outras escolas secundárias, leis e regulamentos diferentes entre os estados dos EUA, e disponibilidade de fundos e

instalações adequadas nos orçamentos escolares (El-Ghamrini, 1996).

Ao questionar sobre os diferentes tipos de aprendizado de alunos do ensino médio de escolas da região nordeste dos EUA que tiveram aulas de aquicultura, Wingenbach, Gartin e Lawrence (1999) observaram que conceitos matemáticos e científicos foram mais fáceis de serem entendidos e compreendidos pelos alunos do programa de aquicultura, devido à natureza prática da experiência (aprendizagem *hands-on*). Outras habilidades adquiridas foram o desenvolvimento interpessoal, atividades de engenharia, projeto e manutenção de sistemas e o processo de pesquisa científica.

Conroy e Walker (2000), em pesquisa com 406 professores de ensino secundário em Agricultura nos EUA, relataram que 96 destes ensinam Aquicultura e se esforçam para integrá-la com outras disciplinas, tais como a Biologia, Química, Física e Matemática. Aos autores também chamou a atenção a resposta de um professor que expressou que a aquicultura é uma ferramenta para ensinar sobre áreas diversas, como interação social, economia e empreendedorismo. Além disso, professores de economia doméstica forneceram instruções sobre nutrição relacionada a peixes, estudantes de negócios mantiveram registros financeiros e gráficos e os estudantes de artes criaram materiais promocionais.

Entretanto, El-Ghamrini (1996) e Wingenbach, Gartin e Lawrence (2000) questionaram os professores sobre as barreiras e dificuldades para implantar um programa de aquicultura nas escolas dos EUA. As cinco maiores dificuldades relatadas foram: instalações limitadas para abrigar o programa; necessidade de manutenção dos peixes aos finais de semana e feriados; alto custo dos equipamentos para ensinar aquicultura; pouco conhecimento por parte dos professores sobre aquicultura e alto custo para a adaptação das instalações para a aquicultura.

No Brasil, o ensino técnico agrícola passou por muitas reformas ao longo do século XX (Sobral, 2009) e, atualmente, o Ensino Profissionalizante (nível médio integrado) em agricultura é de responsabilidade dos Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia (IFs).

As últimas reformas na Base Nacional Curricular Comum (BNCC) (BRASIL, 2018) causaram receio na educação profissionalizante, como a mudança de carga horária do segundo e o terceiro anos do curso de nível médio integrado, com composição dos cursos somente por disciplinas de português, matemática e as demais do itinerário formativo da Educação Profissional, de maneira a excluir disciplinas das ciências humanas e das ciências da natureza. Entretanto, De Oliveira (2017, p.45) reflete que as reformas podem ser positivas por oferecer autonomia para as escolas, abrindo possibilidade para o oferecimento do Ensino Profissionalizante “(...) que atenda estritamente as necessidades e os interesses dos agentes econômicos locais”, ideias semelhantes às defendidas por El-Ghamrini (1996) e Conroy e Walker (2000) na educação secundária norte-americana. Souza e Murata (2015) defendem que o conhecimento do currículo tradicional pode ser transformado para a realidade à qual se apresenta, utilizando questões reais enfrentadas na criação de peixes para o aprendizado de Ciências, Biologia, Geografia e História, bem como dos conhecimentos técnicos da área.

Além da produção de alimentos, outra forma de utilização da aquaponia está relacionada ao contexto educacional. Professores de diversas disciplinas, principalmente do ensino fundamental e médio, valem - se dos conceitos técnicos da aquaponia para melhorar o aprendizado de seus alunos. Em outras palavras, sistemas simples e compactos de aquaponia podem se tornar ferramentas de ensino muito eficientes para temas tão distantes quanto biologia, meio ambiente, física, química, matemática, economia e engenharia (Carneiro et al., 2015a). Na literatura nacional são escassas as descrições de projetos educacionais que envolvam a aquaponia como, por exemplo, a instalação de sistema aquapônico para produção de hortaliças e tambaquis (*Colossoma macropomum*) no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima – Campus Amajari (Barros; Rodrigues, 2017).

4. Resultados

4.1 Etapas para implantação do sistema aquapônico

O projeto proposto é do tipo Laboratório Dirigido, segundo a classificação de Talbert, Vaughin e Croom (2005) *apud* Roberts e Harlim (2007). Neste caso, o objetivo é o desenvolvimento de projetos para a produção sustentável de alimentos, para a conscientização sobre a importância do ciclo do nitrogênio na Natureza. Desse modo, os alunos tem independência para decidir quais espécies serão criadas de acordo com a região em que a escola está localizada, como e com que frequência os peixes serão alimentados, quais parâmetros da água serão monitorados - determinando quais os intervalos aceitáveis para cada parâmetro, e quais as saídas para os problemas enfrentados durante a execução do projeto. O professor deve estar atento às seis etapas do projeto de ABP: concepção, planejamento, desenvolvimento, monitoramento, avaliação e encerramento (adaptado de Fleck, 2007).

A concepção consiste na definição de um tema central, que nesse caso é a produção sustentável de alimentos e o ciclo do nitrogênio, pelo levantamento dos conhecimentos que os alunos têm sobre o tema através da sua discussão com o professor (Fleck, 2007).

O planejamento deve ser elaborado de forma participativa entre alunos e professores envolvidos no projeto a fim de se definir quais atividades serão desenvolvidas (atividades de pesquisa, visitas a pisciculturas, aplicação prática dos conhecimentos etc.), quem ficará responsável por cada atividade e também para formalizar um cronograma de realização das atividades (Souza et al., 2019). No desenvolvimento do projeto inicia-se a atividade de pesquisa, que pode ser feita de maneira individual ou em grupo. Para a atividade de pesquisa pode-se fazer a pré-seleção do material de referência a ser consultado pelos alunos. Após a pesquisa, será estruturado o planejamento das outras atividades, bem como a tomada de decisão de quais espécies serão utilizadas (Fleck, 2007).

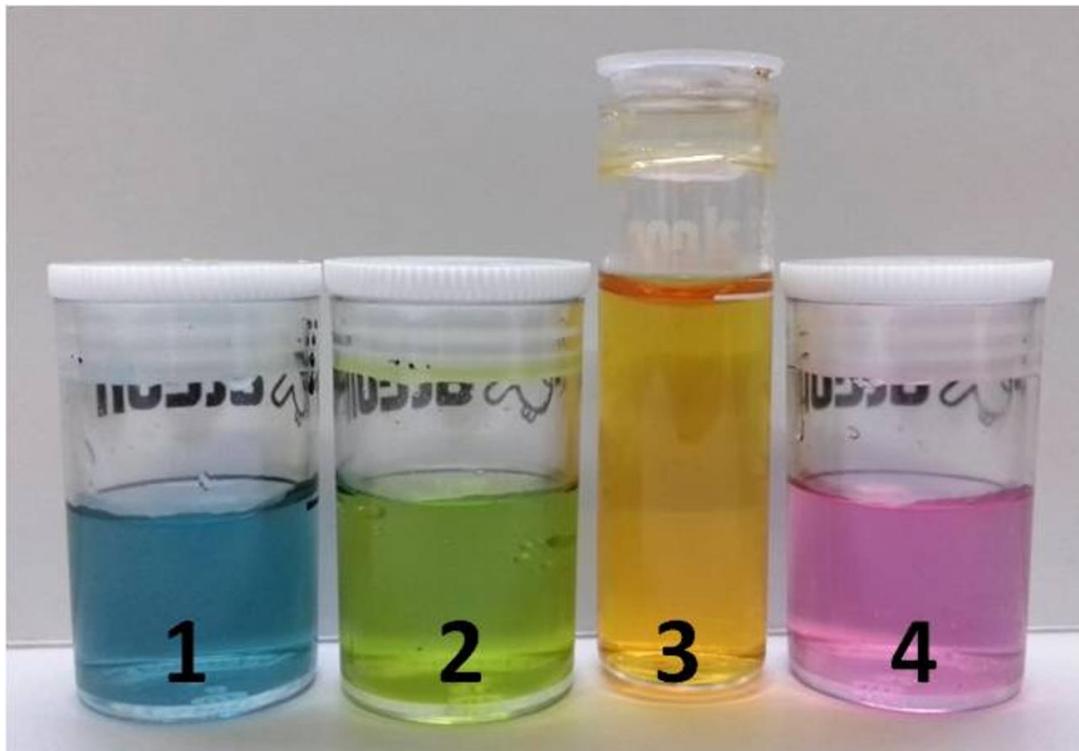
Diante da realidade brasileira, o sistema compacto (*media - filled bed* ou *gravel bed*) foi o escolhido para viabilizar a proposta de montagem do sistema de aquaponia. Este sistema se consiste em uma caixa com capacidade para 300L (caixa d'água plástica ou de fibrocimento) com um vasilhame sobre a caixa (por exemplo, caixas de isopor), que servirá como cama de cultivo dos vegetais. A cama de cultivo deve ter ao redor de 20 centímetros de profundidade, e um furo próximo a uma de suas faces menores, para a instalação do sifão regulador de nível do tipo “*bell*” ou sino para a troca total da água (efeito maré). A construção passo a passo do sifão sino pode ser encontrada em Canastra (2017), mas muitos vídeos na plataforma *Youtube* (www.youtube.com) também ensinam como montar sifões simples com canos de diâmetros diferentes, flanges, garrafas pet e uma mangueira simples. A circulação da água é mantida com o uso de bomba submersa de 500 ou 1000 L/h e uma mangueira de ½ polegada fixada com abraçadeira, que interliga a bomba e a cama de cultivo dos vegetais. Antes de ser utilizado, o substrato de argila expandida deve ser lavado porque pode conter pó de argila, podendo levar à queima da bomba submersa e causar estresse aos peixes.

Indica-se o uso de peixes de fácil aquisição em regiões de criação, como a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e o lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*) ou peixes ornamentais como a carpa koi (*C. carpio*) e o goldfish ou “peixinho-dourado” (*Carassius auratus auratus*), pois estas espécies são mais rústicas às nossas condições e a ração é menos dispendiosa. Os peixes podem ser adquiridos de grandes fornecedores e mantidos nas caixas de criação com oxigenação constante utilizando uma bomba compressora e pedra porosa. Para acompanhar a qualidade da água indica-se kits colorimétricos disponíveis no comércio para aquários a fim de se avaliar os níveis de amônia, nitrito, oxigênio dissolvidos e do pH (Figura 1). Também é indicado um termômetro de aquário para o acompanhamento da temperatura da água (Queiroz et al., 2017).

Sugere-se que o projeto de criação de peixes e cultivo de hortaliças deve ter uma duração média de 50-

60 dias para se respeitar a duração do ciclo de produção da alface (Costa; Leal, 2009) ou do agrião, entre 50 e 70 dias (Precioso et al., 2004).

Figura 1 - Resultados colorimétricos para os kits de pH (1), amônia (2), oxigênio dissolvido (3) e nitrito (4). A partir da intensidade e comparação da cor resultante com padrões trazidos nas bulas dos kits, determina-se a concentração destes parâmetros.



Fonte: arquivo pessoal (2019).

As mudas de alface ou agrião hidropônico podem ser adquiridas nos Centros de Distribuição de Alimentos (Ceasas) municipais ou em lojas de jardinagem. Na Tabela 1, o custo para a implantação do sistema de aquaponia foi detalhado com preços pesquisados na cidade de São Paulo/SP em Março de 2020. Indubitavelmente, esses valores sofrem variação em outros municípios e estados da federação. É interessante observar que é possível substituir muitos dos componentes, ou utilizar outros elementos já existentes nas dependências da escola. Também a bomba compressora de ar pode ser compartilhada entre vários aquários do projeto. Portanto, o valor final informado pode ser alterado e o custo de implantação reduzido.

Tabela 1 - Custos iniciais para a implantação de um sistema de aquaponia. São Paulo/SP, Março de 2020. Preços coletados em distribuidores de peixes e na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), lojas de materiais de construção e para aquários.

Componente	Quantidade	Preço (R\$)
Lambari com 3-4 cm	100	50,00
Cano PVC ¾ pol. - 3 metros	1	8,00
Adaptador com anel para cano PVC ¾ pol (flange)	1	30,00
Caixa d'água para 300L	1	150,00
Bomba compressora de ar	1	45,00
Pedra porosa	1	2,00
Argila expandida saco c/ 20 kg	1	25,00

Mudas de alface crespa	20	15,00
Bomba submersa 650L/h	1	70,00
Mangueira de jardim ½ pol. - 10 metros	1	20,00
Abraçadeira rosca sem fim ½ pol.	1	2,00
Saco de ração 20 kg com 32% de proteína	1	80,00
Termômetro para aquário	1	10,00
Kit pH para aquário – 50 testes	1	15,00
Kit amônia para aquário – 50 testes	1	30,00
Kit nitrito para aquário – 50 testes	1	25,00
Caixa de isopor	1	15,00
Total		592,00

Fonte: os autores (2020).

4.2 Funcionamento do ABP nas escolas

O monitoramento do projeto deve ser constante, permite observar se o objetivo de aprendizagem está sendo atingido ou se será necessário intervir e propor novas ações e/ou reflexões. Para tal, propõem-se duas ferramentas: o encontro semanal com os alunos para discutir o projeto e seu andamento, e o registro de todas as ações realizadas durante a execução do projeto (diários, fotos, vídeos). Para os registros escritos, os alunos devem ser orientados a descrever todas as atividades executadas, os questionamentos que existirem durante a execução do projeto, as dificuldades enfrentadas e quais medidas foram adotadas para resolvê-las. O registro permite organizar o andamento do projeto, reflexões sobre as ações e dificuldades encontradas, além de ser uma ferramenta para avaliação do projeto, bem como ele também ajuda no compartilhamento da experiência. Registros numéricos podem ser de grande valia para a introdução de conceitos e cálculos de média e desvio padrão (Fleck, 2007). Estes dados podem ainda ser utilizados em aulas de construção de gráficos nas aulas de Matemática, e explorados por outras disciplinas, como em Química e Física (Wingenbach; Gartin; Lawrence, 1999).

A avaliação dos alunos ocorre simultaneamente à concepção, execução e finalização do projeto. Na fase de concepção do projeto avaliam-se os conhecimentos prévios dos alunos; em seguida, durante o desenvolvimento do projeto a avaliação formativa visa revelar e analisar os caminhos percorridos pelo aluno para a construção do conhecimento através das discussões e registros e, então, na avaliação final é levado em conta o aprendizado dos alunos durante todo o desenvolvimento do projeto e os resultados atingidos (Oliva, 2017).

Ao encerrar o projeto, os professores e alunos retomam o processo de seu desenvolvimento refletindo sobre as principais aprendizagens feitas e se os objetivos educativos foram atingidos (Santana; Franzolin, 2018). Todo esse processo pode ser realizado através de discussões coletivas e autoavaliação, bases da educação científica humanística (Santos, 2008). Outro ponto interessante é a opinião dos alunos quanto às relações interpessoais e aprendizado individual durante a execução do projeto. Sugere-se a divulgação dos resultados do projeto para a comunidade através de feiras de ciências, portfólios e em redes sociais com fotos e vídeos.

5. Discussão

A aplicação de projetos nas escolas, como o descrito neste trabalho, objetiva aproximar o conteúdo teórico e não contextualizado ao dia-a-dia dos alunos, a fim de que estes possam testemunhar que os conceitos teóricos fazem parte sua realidade e que estão integrados ao ambiente próximo.

Durante toda a duração do projeto, os alunos devem ser estimulados a escrever e a argumentar seus resultados, procurando justificativas plausíveis para seus achados. Atualmente, o Ensino de Biologia

necessita de incentivo ao uso de práticas científicas em um ambiente investigativo que abordem aspectos epistemológicos da ciência, a fim de que os alunos não apenas adquiram conceitos, mas que também se apropriem das práticas sociais da comunidade científica. Estas práticas epistêmicas podem ser agrupadas em quatro grandes práticas associadas ao fazer científico, dentre elas a proposição, a comunicação, a avaliação e a legitimação (Batistoni; Trivelato, 2017). As justificativas devem ser fomentadas a partir da relação dos dados e conclusões, da avaliação de enunciados teóricos à luz de dados empíricos para o desenvolvimento da argumentação (Kuhn, 1993), fase mais importante no aprendizado científico.

No fim do projeto, espera-se encontrar resultados positivos no tocante ao aprendizado dos alunos nas relações interpessoais e no desenvolvimento de características pessoais como responsabilidade e assiduidade, semelhantes aos descritos por Wingenbach, Gartin e Lawrence (1999). A ABP é um instrumento que possibilita fomentar a interdisciplinaridade a fim de que o aprendizado ocorra em situações do cotidiano dos alunos. Também proporciona a integração entre professores de diferentes disciplinas na elaboração do plano pedagógico interdisciplinar (Conroy; Walker, 2000).

Neste contexto, é necessário apresentar aos professores propostas inovadoras e criativas para que tenham interesse na prática de metodologias como a ABP. O envolvimento dos professores em atividades de planejamento coletivo é imprescindível, de forma que se sintam parte integrante e sejam estimulados a cooperar na discussão interdisciplinar (Souza et al., 2019). Os relatos das primeiras experiências trazem pontos de acertos e outros que necessitam de ajustes para a implantação da ABP em escolas de ensino fundamental e médio (Parisoto; Oliveira; Fisher, 2016; Santana; Franzolin, 2018; Souza et al., 2019).

Mesmo existindo a ideia de que a escola não deve apenas formar trabalhadores para o mercado de trabalho (Krasilchik, 1995), a adoção de tecnologias educacionais avançadas de aquicultura pode ajudar o desenvolvimento econômico nas comunidades do entorno das escolas e assim proporcionar oportunidades de emprego ou educacionais aos jovens (El-Ghamrini, 1996).

6. Considerações finais

As aulas de Biologia com enfoque em Ecologia podem ser apresentadas pela ABP ao se utilizar o sistema de aquaponia na escola, sendo útil também na exploração de outros ciclos naturais, como da água e do carbono. Através desta prática investigativa, os alunos são educados para o fazer científico.

Espera-se que este modelo desperte a consciência dos alunos de que o impacto de atividades agroecológicas intensivas pode ser minimizado com a implantação de métodos complementares como, por exemplo, a aquaponia. Finalmente, tanto o retorno econômico pelo aumento de renda em uma propriedade familiar quanto o ganho ambiental com o uso de recursos naturais de forma racional são estímulos para futuros empreendedores da aquaponia no país.

7. Referências

Avnimelech, Y. (1999). Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, 176(3-4), 227-235.

Barros, R. L. N., Rodrigues, N. L. (2017, novembro). Implantação de sistema de aquaponia para práticas de aprendizagem. **Fórum de Integração Ensino, Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica do IFRR**, Amajari, RR, Brasil, 6.

Batistoni, M., & Trivelato, S. L. F. (2017). A mobilização do conhecimento teórico e empírico na produção de explicações e argumentos numa atividade investigativa de Biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, 22(2), 139.

- Brasil. (2018). Ministério da Educação. **Base Nacional Curricular Comum**. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/BNCC_19dez2018_site.pdf>. Acessado em: 24 jul. 2020.
- Brooks, M. (2012). **A.Q.U.A.: a question to understand aquaculture**. Waialua: Center for Tropical and Subtropical Aquaculture.
- Canastra, I. I. O. (2017). **Aquaponia: Construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Portugal.
- Cardoso, S. B., Bianchini, P. P. T., Alberto, J., Pantaleão, F., Pereira, V. M., & Okura, M. H. (2019). Aquaponics pilot system: case study. **International Journal of Advanced Engineering, Management and Science**, 5, 512-517.
- Carneiro, P. C. F., Maria, A. N., Nunes, M. U. C. & Fujimoto, R. Y. (2015a). **Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais**. In: TAVARES-DIAS, M.; Mariano, W. S. (Org.). Aquicultura no Brasil: novas perspectivas. São Carlos: Pedro e João, p. 683-706.
- Carneiro, P. C. F., Morais, C. A. R. S., Maria, A. N., Nunes, M. U. C. & Fujimoto, R. Y. (2015b). **Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 27p.
- Conrado, A. L. V., Borges, R. G., Ramos, C. C., Cardoso, F., & Terplak, R. (2017). Plano de trabalho docente integrativo entre a biologia celular e a clínica médica veterinária no modelo de PBL misto. **Revista Brasileira de Ensino Superior**, 3(2), 18-37.
- Conroy, C. A., & Walker, N. J. (2000). An examination of integration of academic and vocational subject matter in the aquaculture classroom. **Journal of Agricultural Education**, 41(2), 54-64.
- Costa, E., & Leal, P. A. (2009). Produção de alface hidropônica em três ambientes de cultivo. **Engenharia Agrícola**, 29(3), 358-369.
- da Rocha, F. B., Plácido, T. P., & De, A. C. (2009). Proposta didática para o ensino de Ecologia. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, (Extra), 1776-1781.
- De Oliveira, C. D. (2017). A reforma do Ensino Médio como submissão aos arranjos produtivos locais: uma perspectiva a partir do IFSP de São Roque. **Colloquium Humanarum**, 14(3), 44-52.
- El-Ghamrini, S. A-H. M. (1996). **Adoption of aquaculture education by high school agriculture teachers in the central region of the United States**. Tese de doutorado, Iowa State University, Ames, IA, Estados Unidos.
- Fagundes, L. C., de Nevado, R. A., Basso, M. V., Bitencourt, J., de Menezes, C. S., & Monteiro, V. C. P. (2006). Projetos de Aprendizagem - uma experiência mediada por ambientes telemáticos. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, 14(1).

- Fleck, M. L. S. (2007). Pedagogia de Projetos: o princípio, o fim e o meio. **Diálogo**, Canoas, (11), 117-140.
- Hundley, G. C., & Navarro, R. D. (2013). Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 3(2), 52-61.
- Kilpatrick, W. H. (1918). The project method. **Teachers College Record**, 19(4), 319-335.
- Kilpatrick, W. H. (1925). **Foundations of method: Informal talks on teaching**. New York: MacMillan.
- Krasilchik, M. (1995). The ecology of science education: Brazil 1950-90. **International Journal of Science Education**, 17(4), 413-423.
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. **Science Education**, 77(3), 319-337.
- Marques, L. William Kilpatrick e o método de projeto. **Cadernos de Educação de Infância**, 107(4), 4-5.
- Motokane, M. T., & Trivelato, S. L. (1999). Reflexões sobre o ensino de ecologia no ensino médio. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Valinhos, Brasil, II
- Nicol, E. (1990). Hydroponics & aquaculture in the high school classroom. **The American Biology Teacher**, 52(3), 182-184.
- Oliva, L. (2017, outubro). La acuaponia como recurso didáctico transversal. **Encuentro de Jóvenes Investigadores de la Universidad Nacional del Litoral**, Santa Fé, Argentina, XXI.
- Pagel, U. R., Campos, L. M., & Batitucci, M. D. C. P. (2015). Metodologias e práticas docentes: uma reflexão acerca da contribuição das aulas práticas no processo de ensino-aprendizagem de biologia. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, 10(2), 14-25.
- Parisoto, M. F., Oliveira, M. H. A. & Fisher, R. (2016). Aprendizagem por projetos: relação dialética entre teoria e prática na formação de professores. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, 11(2), 190-208.
- Precioso, M. B., Luz, J. M. Q., Haber, L. L. & Silva, M. A. D. (2004). Cultivo do agrião em hidroponia, sob diferentes concentrações de solução nutritiva em sistema NFT. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, Suplemento 2.
- Queiroz, J. F., Freato, T. A., Luiz, A. J. B., Ishikawa, M. M. & Frighetto, R. T. S. (2017). **Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 29p.
- Rakocy, J., Masser, M. P., & Losordo, T. (2016). Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. **Oklahoma Cooperative Extension Service**, SRAC-454, 16p.
- Roberts, T. G., & Harlin, J. F. (2007). The Project Method in Agricultural Education: Then and Now. **Journal of Agricultural Education**, 48(3), 46-56.
- Rossassi, L. B. & Polinarski, C. A. (2012). **Reflexões sobre metodologias para o ensino de biologia: uma**

perspectiva a partir da prática docente. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/491-4.pdf>>. Acessado em: 28 jul. 2020.

Santana, R. S., & Franzolin, F. (2018). O ensino de ciências por investigação e os desafios da implementação na práxis dos professores. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, 9(3), 218-237.

Santos, W. L. P. (2008). Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino de CTS. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, 1(1), 109-131.

Sobral, F. J. (2009). Retrospectiva histórica do ensino agrícola no Brasil. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, 2(2), 78-95.

Souza, R. T. Y. B. D., Souza, L. D. O., Oliveira, S. R. D., & Takahashi, E. L. H. (2019). Formação continuada de professores de ciências utilizando a Aquaponia como ferramenta didática. **Ciência & Educação** (Bauru), 25(2), 395-410.

Souza, A. M. & Murata, A. T. (2015). **A piscicultura como estratégia de ensino nas escolas de educação do campo.** Disponível em: <<https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/38631/R%20-%20E%20-%20ANDERSON%20MENEZES%20DE%20SOUZA.pdf?sequence=1>>. Acessado em: 26 jul. 2020.

Talbert, B. A., Vaughn, R. & Croom, D. B. (2005). **Foundations of Agricultural Education.** Upper Saddle River: Professional Educators Publications, 455p.

Teixeira, P. M. M. (2008). **Pesquisa em ensino de Biologia no Brasil (1972-2004): um estudo baseado em dissertações e teses.** 413f. Tese de doutorado, Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

Thomas, J. W. (2000). **A review of research on project-based learning.** Disponível em: <<https://www.asec.purdue.edu/lct/HBCU/documents/AReviewofResearchofProject-BasedLearning.pdf>>. Acessado em: 28 jul. 2020.

Wingenbach, G. J., Gartin, S. A., & Lawrence, L. D. (1999). Students' perceptions of aquaculture education in the Northeast region. **Journal of Agricultural Education**, 40, 14-22.

Wingenbach, G. J., Gartin, S. A., & Lawrence, L. D. (2000). Assessing the aquaculture curricula in the northeastern region. **Journal of Agricultural Education**, 41(2), 2-10.