

AQUAPONIA COMO RECURSO PARA A ALFABETIZAÇÃO ECOLÓGICA E A EDUCAÇÃO INTEGRAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA

AQUAPONICS AS A RESOURCE FOR ECOLOGICAL LITERACY AND INTEGRAL EDUCATION IN BASIC EDUCATION

Recebido em: 20/01/2024

Reenviado em: 30/04/2024

Aceito em: 10/05/2024

Publicado em: 14/06/2024

Yoshiaki Nogueira Miyazaki¹
Ministério da Pesca e Aquicultura

Renan Pinton de Camargo²
Universidade Estadual de Campinas

Maxwell Luiz da Ponte³
Universidade Estadual do Ceará

Resumo: No contexto do ensino de Ecologia na educação básica do Brasil, identifica-se uma lacuna, sendo criticado por ser predominantemente teórico e baseado na memorização de conceitos, o que compromete o desenvolvimento de habilidades socioemocionais e a formação de uma ética ambiental nos estudantes. Diante desse cenário, propõe-se a utilização do sistema aquapônico como recurso didático para promover a alfabetização ecológica e contribuir para a formação integral dos estudantes. A técnica, integrando aquicultura e hidroponia, destaca-se por seu potencial pedagógico pouco explorado na educação básica, proporcionando uma abordagem prática e integrada às questões ambientais. A pesquisa apresenta possíveis práticas de ensino com o sistema aquapônico, relacionando-as às diretrizes curriculares da BNCC, aos conceitos-chave e princípios para a alfabetização ecológica e aos quatro pilares da educação da UNESCO. Conclui-se que o potencial contributo do uso do sistema aquapônico vai além de dinamizar aulas ou torná-las práticas, promovendo uma abordagem integrada às questões científicas, tecnológicas e sociais, reiterando a importância da sua disseminação mediante políticas intersetoriais para formação de professores e integração com comunidades e famílias.

Palavras-chave: Ensino de Ecologia. Sistema Aquapônico. Currículo.

Abstract: In the context of Ecology education in Brazil's basic education, a gap is identified, criticized for being predominantly theoretical and based on memorization of concepts, compromising the development of socio scientific skills, and the formation of environmental ethics in students. Given this scenario, the use of aquaponic systems is proposed as a didactic resource to promote ecological literacy and contribute to students' comprehensive education. The technique, integrating aquaculture and hydroponics, stands out for its underexplored pedagogical potential in basic education, offering a practical and integrated approach to environmental issues. The research presents potential teaching practices with aquaponic systems, relating them to the curricular guidelines of the BNCC, key concepts, principles for ecological literacy, and the four pillars of UNESCO education. It is concluded that the potential contribution of using aquaponic systems goes beyond making classes dynamic or practical,

¹ Licenciado em Ciências Biológicas em IBILCE/UNESP. Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), Brasília (DF). E-mail: yoshi.nogueira@live.com.

² Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas (SP), Brasil. E-mail: ehctrenan@gmail.com

³ Professor Adjunto do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Ceará. Membro do grupo de pesquisa "Ensino em Ciências e Formação Docente – ENCEFORD" (UECE/CNPq). E-mail: maxwell.ponte@uece.br.

promoting an integrated approach to scientific, technological, and social issues. Emphasizing the importance of its dissemination through cross-sectoral policies for teacher training and integration with communities and families.

Keyword: Keywords: Ecology Education. Aquaponic System. Curriculum.

INTRODUÇÃO

A Ecologia é o 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; BOWMAN; HACKER, 2018; CRUZ, 2015). O estudo em Ecologia busca melhor compreender os princípios de organização e funcionamento dos ecossistemas naturais (ODUM, 2001). O conhecimento da Ecologia 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 (KRIZEK; MULLER, 2021; STONE; BARLOW, 2006; FONSECA; CALDEIRA, 2008; RIBEIRO; CAVASSAN, 2012; BARROS; ARAÚJO, 2017).

Não obstante a importância desta ciência, o ensino de Ecologia na educação básica do Brasil foi considerado um “fracasso” por Krizek e Muller (2021, p. 717), caracterizado pelos autores como predominantemente teórico e baseado na memorização de conceitos, comprometendo o desenvolvimento de habilidades socio científicas pelos estudantes e emocionais e a formação de uma ética ambiental e de um cidadão crítico, preconizadas pelas diretrizes legais da educação nacional, como a Lei 9.394/1996 (BRASIL, 1996) e a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018). As pesquisas em ensino de Ecologia, campo ainda pouco estudado e incipiente no Brasil, carecendo de um maior volume de publicações e pesquisadores voltados ao tema (MACIEL; GÜLLICH, 2018), têm buscado contribuir para a implementação de práticas e ao desenvolvimento de estratégias e recursos didáticos (FELIX; OLIVEIRA, 2021).

Nesse contexto, reconhecendo tais desafios para o ensino de Ecologia, desenvolveu-se um estudo dos potenciais didáticos de um sistema aquapônico como recurso para o ensino desta ciência em ambientes escolares voltado ao processo reconhecido como alfabetização ecológica (CAPRA, 2006), que mobiliza os conhecimentos da Ecologia para a compreensão da vida em uma perspectiva sistêmica e holística (CAPRA, 2005, 2006, 2007). A perspectiva da alfabetização ecológica foi adotada em atenção à formação integral dos estudantes, ou seja, seguindo os preceitos da “educação integral” – pressupondo a integração intersetorial, a interdisciplinaridade, a multiplicidade de tempos e espaços na formação de cidadãos durante a

educação básica – considerando todas as dimensões cognitivas e afetivas (BRASIL, 2018; GADOTTI, 2009; MOLL, 2009).

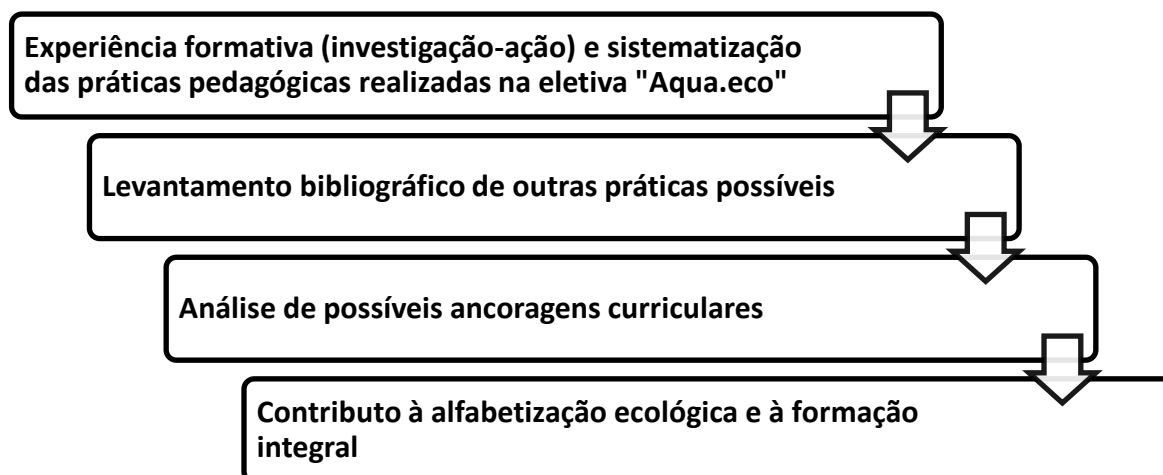
O sistema aquapônico foi adotado por seu promissor potencial pedagógico (GENELLO *et al.*, 2016; MIRANDA *et al.*, 2023; SCAGLIONE *et al.*, 2019; SCHNELLER *et al.*, 2015) ainda pouco explorado na educação básica. Consiste em uma técnica integrada de duas práticas agrícolas: a produção de organismos aquáticos (aquicultura) e a produção de organismos vegetais em substrato aquoso (hidroponia) (DIVER; RINEHART, 2010; SOUZA *et al.*, 2019), 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; RAMOS-NETO; DELPRETE, 2018). Além de possibilitar uma fácil visualização dos ciclos biogeoquímicos, pela criação de um ecossistema portátil, a aquaponia é vista como uma tecnologia na produção de alimentos que contribui para discussão de assuntos como sustentabilidade social, ambiental e econômica (DUARTE *et al.*, 2015; KÖNIG *et al.*, 2016).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo emergiu do desenvolvimento de uma investigação-ação (ELLIOTT, 2005; 2010) realizada no âmbito de um Estágio Curricular Supervisionado Obrigatório em um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas desenvolvido junto a duas comunidades escolares da rede pública de ensino localizadas no município de Icém/SP, sendo uma comunidade de ensino médio e uma de ensino fundamental. O uso do sistema aquapônico no ensino foi realizado durante a disciplina eletiva denominada “AQUA.ECO - Aquaponia para o ensino de ecologia” idealizada e desenvolvida durante o referido estágio. Registra-se que o desenvolvimento da eletiva foi parcialmente remoto devido à pandemia de COVID-19.

A partir de resultados obtidos na investigação-ação, notou-se a importância de sistematizar e registrar os potenciais do uso de um sistema de aquaponia para o ensino de Ecologia na perspectiva da alfabetização ecológica e as possíveis ancoragens curriculares, por isso, desenvolveu-se esta pesquisa descritiva (VOLPATO, 2015) que se valeu de referenciais metodológicos de pesquisa documental para análise de diretrizes curriculares (CARMO; FERREIRA, 2008), conforme as etapas da pesquisa indicadas na figura 1.

Figura 1 – Etapas da pesquisa.



Fonte: Elaborada pelos autores.

As práticas de ensino com uso da aquaponia foram elencadas a partir da realização da eletiva “Aqua.eco” e da experiência relatada por Miranda *et al.* (2023). Na sequência, analisou-se as relações destas práticas com diretrizes de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Fundamental e Ensino Médio da BNCC (BRASIL, 2018). Para referenciar as habilidades curriculares, adotou-se os códigos alfanuméricos de referência, composto por quatro letras e quatro números, adotados por currículos estaduais de todo o Brasil, conforme consta na BNCC. Nos códigos, o primeiro par de letras indica a etapa do ensino, sendo que “EF” indica Ensino Fundamental e “EM” indica Ensino Médio. O primeiro par de números indica o ano do Ensino Fundamental ou série no Ensino Médio. Para o Ensino Fundamental, os sextos anos são representados por 06, os sétimos anos são representados por 07, os oitavos anos são representados por 08 e os nonos anos são representados por 09. Para o Ensino Médio, a primeira série é representada por 11, a segunda série é representada por 12 e a terceira série é representada por 13. O segundo par de letras indica o componente curricular, sendo que “CI” refere-se ao componente Ciências e “CNT” refere-se ao componente Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Finalmente, o último par de números especifica cada habilidade dentro de um mesmo ano/série e componente curricular.

Para analisar a correlação das práticas e das habilidades da BNCC com o ensino de Ecologia, utilizou-se os referenciais teóricos de Capra (2006; 2007). O quadro 1 apresenta os conceitos-chave utilizados como referenciais para o desenvolvimento da alfabetização ecológica, a saber: redes como padrões básicos de organização de todos os sistemas vivos;

sistemas alinhados; interdependência; diversidade, fluxos e ciclagem de matéria e energia (CAPRA, 2006, 2007).

Quadro 1 - Conceitos da Ecologia para estudo do sistema vivo.

ID	CONCEITO	DEFINIÇÃO
R	Redes	As redes são padrões básicos de organização de todos os sistemas vivos. A vida é uma rede e sua sustentação não é uma competência atribuída apenas ao indivíduo, mas é uma propriedade atinente a um conjunto de indivíduos.
SA	Sistemas aninhados	Em todas as escalas da natureza, redes se encontram dentro de redes. Embora os princípios de organização sejam os mesmos em qualquer sistema vivo, seus níveis de complexidade podem ser diferentes.
I	Interdependência	Existe uma interdependência entre seres vivos que oportuniza a sustentação da vida e, portanto, nenhum organismo pode existir isoladamente.
DV	Diversidade	A diversidade tem relação direta com a resiliência de um ecossistema. Uma maior diversidade biológica significa uma maior capacidade de um sistema vivo suportar e se reorganizar a partir de um distúrbio.
C	Ciclos	A ciclagem de matéria ocorre, justamente, porque os sistemas vivos estão organizados em redes.
F	Fluxos	O fluxo de energia ocorre entre o organismo e seu ambiente. Portanto, todos os sistemas vivos são abertos.
DS	Desenvolvimento	O desenvolvimento de um sistema vivo obedece a uma sequência de estágios, caracterizados por diferentes taxas de crescimento e graus de estabilidade.
ED	Equilíbrio dinâmico	Ciclos de retroalimentação permitem que as comunidades ecológicas continuamente se autorregulem e se auto-organizem. Assim, mesmo que o fluxo de energia e ciclagem de matéria apresentem instabilidade, o sistema vivo se encontrará em um estado de equilíbrio dinâmico.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Capra (2006, 2007).

Ademais, à luz deste referencial teórico, considera-se que, uma vez que os elementos bióticos e abióticos estão conectados em redes, o estudo do sistema vivo requer a construção de pensamento sistêmico (CAPRA, 2006; 2007) (Quadro 2).

Quadro 2 - Princípios para a construção do pensamento sistêmico.

ID	Princípios	Definição
I	Das partes para o todo	O sistema vivo é o “todo” que possui propriedades sistêmicas que nenhum de seus componentes — as “partes” — possuem. A célula viva, por exemplo, é um “todo”, pois possui características que nenhuma de suas organelas isoladas — as “partes” — apresentam.
II	Dos objetos para as relações	O sistema vivo não é simplesmente um aglomerado de diversos organismos. Em verdade, ocorre uma rede de relação interespecífica, bem como intraespecífica, de modo a se constituir tal sistema vivo.
III	Do conhecimento objetivo para o	A mudança de percepção “das partes para o todo” implica em uma mudança do pensamento analítico para o pensamento contextual, uma vez que as propriedades das “partes” só podem ser compreendidas à luz do “todo”.

	conhecimento contextual	
IV	Da quantidade para a qualidade	Em geral, a construção do conhecimento científico está assentada na quantificação de objetos e fenômenos. Em associado, faz-se necessário que as relações e os contextos, que não podem ser estudados a partir de ferramentas de mensuração, passem também a se constituir em objeto de estudo da Ciência.
V	Da estrutura para o processo	O sistema vivo não apresenta estrutura estática e imutável. Ao contrário, ele está sujeito aos processos de renovação, mudança e transformação.
VI	Dos conteúdos para os padrões	O padrão é a repetição de certas configurações existentes nas relações. Portanto, o estudo dos padrões requer um olhar sob a perspectiva dinâmica de espaço e tempo.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Capra (2006, 2007).

Finalmente, a análise da contribuição do uso da aquaponia para a formação integral balizou-se nos quatro pilares da educação da UNESCO (DELORS et al., 2010, p. 31), cujos conceitos estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Quatro pilares da educação da UNESCO.

Aprender a conhecer/aprender	“Aprender a conhecer, combinando uma cultura geral, suficientemente ampla, com a possibilidade de estudar, em profundidade, um número reduzido de assuntos, ou seja: aprender a aprender, para se beneficiar das oportunidades oferecidas pela educação ao longo da vida”.
Aprender a fazer	“Aprender a fazer, a fim de adquirir não só uma qualificação profissional, mas, de uma maneira mais abrangente, a competência que torna a pessoa apta a enfrentar numerosas situações e a trabalhar em equipe. Além disso, aprender a fazer no âmbito das diversas experiências sociais ou de trabalho, oferecidas aos jovens e adolescentes, seja espontaneamente na sequência do contexto local ou nacional, seja formalmente, graças ao desenvolvimento do ensino alternado com o trabalho”.
Aprender a conviver	“Aprender a conviver, desenvolvendo a compreensão do outro e a percepção das interdependências – realizar projetos comuns e preparar-se para gerenciar conflitos – no respeito pelos valores do pluralismo, da compreensão mútua e da paz”.
Aprender a ser	“Para desenvolver, o melhor possível, a personalidade e estar em condições de agir com uma capacidade cada vez maior de autonomia, discernimento e responsabilidade pessoal. Com essa finalidade, a educação deve levar em consideração todas as potencialidades de cada indivíduo: memória, raciocínio, sentido estético, capacidades físicas, aptidão para comunicar-se”.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de UNESCO (2010).

RESULTADOS

Os resultados do estudo partem da definição de práticas pedagógicas que podem ser realizadas na educação básica, as quais foram elencadas a partir da realização da eletiva “Aqua.eco” e da experiência relatada por Miranda *et al.* (2023). Inicialmente, o professor pode começar envolvendo os estudantes na construção do sistema, o que oportuniza o ensino do

conceito de sistemas e de outros objetos de conhecimento que constam do currículo, como “máquinas e trabalho” e “corrente elétrica”, por exemplo. Na sequência, considerando a água como o meio principal do sistema aquapônico, pode-se dar enfoque no ensino de “Propriedades físico-química da água”, “composição da água”, tipos de água”, “a importância da água para os seres vivos” e “qualidade da água”. A observação de reações diversas e a adição de minerais e substâncias no sistema, bem como as ações necessárias à manutenção do volume de água, possibilitam que o professor siga com novas abordagens, como “Propriedades das Substâncias: ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade” e “transformações”.

O funcionamento do sistema possibilita a observação dos ciclos biogeoquímicos, das relações ecológicas entre plantas, peixes e microrganismos, importantes conceitos no que se refere ao ensino de Ecologia, sobretudo na perspectiva sistêmica (MIYAZAKI; PONTE, 2022). Ademais, a escolha das espécies de peixes que comporão o sistema deve levar em conta a ictiofauna local, oportunizando que a escola se vincule a outros setores da sociedade. O professor pode levar os alunos a uma comunidade de pescadores, promovendo a interação entre os estudantes e comunidades locais tradicionais. No caso do estágio que deu origem a este estudo, os peixes do sistema foram doados por uma colônia de pescadores local. Pode-se apreender e estudar sobre a pesca artesanal e a aquicultura familiar na região

Oportunamente, pode-se abordar conceitos relacionados a impactos e danos causados pela introdução de peixes não nativos em rios e riachos nos ecossistemas locais, e como isso impacta a vida dos pescadores e de toda a sociedade, destacando as relações de interdependência socioambientais nas quais os alunos estão inseridos. Associados a isso, estão conceitos como “Produção racional de alimentos, sustentabilidade e a relação desse sistema com o meio ambiente”. Os estudantes devem ser mobilizados a manterem em pleno funcionamento, cuidando para que as condições mínimas e suprimentos necessários sejam repostos para que o equilíbrio seja mantido. Além disso, devem ser motivados a utilizarem o sistema inclusive em casa, para produção de alimentos (hortaliças e peixes) para o consumo familiar, além de tornarem-se divulgadores do sistema a toda a comunidade.

A partir do levantamento das práticas pedagógicas, foi possível realizar as ancoragens curriculares, conforme as diretrizes que constam da BNCC para o ensino fundamental e médio (BRASIL, 2018), evidenciando que o sistema aquapônico pode ser utilizado para o ensino de diversos conceitos afins ao ensino de Ecologia em perspectiva sistêmica. Para evidenciar tal potencial didático, as práticas e os componentes curriculares a elas correlatos foram

relacionados com os conceitos-chave e princípios de alfabetização ecológica (CAPRA, 2006; 2007) e com os quatro pilares da educação da UNESCO (DELORS *et al.*, 2010), que estão alinhados à educação integral para o século XXI (RODRIGUES, 2021). Todas as relações estão sintetizadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Práticas pedagógicas com uso da aquaponia e ancoragens curriculares.

Prática	Ref.	Relação com a BNCC	Alfabetização ecológica	Educação Integral
Construção do sistema: máquinas e trabalho; corrente elétrica	a; b	(EF07CI01) Discutir a aplicação, ao longo da história, das máquinas simples e propor soluções e invenções para a realização de tarefas mecânicas cotidianas.	Conceitos-chave: DS Princípios: IV	Aprender a fazer
		(EF07CI03) Utilizar o conhecimento das formas de propagação do calor [...] e/ou construir soluções tecnológicas a partir desse conhecimento.	Conceitos-chave: C; F; ED Princípios: V	Aprender a fazer;
		(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.	Conceitos-chave: I; C; F; DS; ED Princípios: I; II; V; VI	Aprender a ser; Aprender a conviver
		(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, com base na análise dos efeitos das variáveis termodinâmicas e da composição dos sistemas.	Conceitos-chave: SA; C; F; DS; ED Princípios: I; II; III; IV; V; VI	Aprender a ser; Aprender a conviver; Aprender a aprender
Propriedades físico-química da água; Composição da água; Tipos de água; A importância da água para os seres vivos; Qualidade da água	b	(EF06CI01) Classificar como homogênea ou heterogênea a mistura.	Conceitos-chave: SA Princípios III; V; VI	Aprender a aprender
		(EF06CI02) Identificar evidências de transformações químicas a partir do resultado de misturas de materiais que originam produtos diferentes dos que foram misturados.	Conceitos-chave: SA; C; F; DS; ED Princípios: IV; V	Aprender a aprender
		(EF06CI03) Selecionar métodos mais adequados para a separação de diferentes sistemas heterogêneos a partir da identificação de processos de separação.	Conceitos-chave: C; F Princípios: IV; V	Aprender a fazer
Propriedades das Substâncias: ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade; transformações	b	(EF09CI01) Investigar as mudanças de estado físico da matéria e explicar essas transformações com base no modelo de constituição submicroscópica.	Conceitos-chave: C; F; ED Princípios: V; VI	Aprender a aprender
		(EF09CI02) Comparar quantidades de reagentes e produtos envolvidos em transformações químicas, estabelecendo a proporção entre as suas massas.	Conceitos-chave: C; F; ED Princípios: IV; V; VI	Aprender a aprender Aprender a fazer
Observação e investigação de ciclos	a	(EF07CI07) Caracterizar os principais ecossistemas brasileiros quanto à paisagem, à quantidade de água, ao tipo de solo, à	Conceitos-chave: R; SA; I; DV; C; F;	Aprender a ser

biogeoquímicos no sistema		disponibilidade de luz solar, à temperatura etc., correlacionando essas características à flora e fauna.	Princípios: I; II; III; VI	Aprender a aprender Aprender a conviver
		(EM13CNT105) Analisar a ciclagem de elementos químicos no solo, na água, na atmosfera e nos seres vivos 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.	Conceitos-chave: R; SA; I; DV; C; F; DS; ED Princípios: I; II; III; VI	Aprender a conviver Aprender a ser
Ictiofauna local e a importância da biodiversidade de peixes nativos	a	(EF08CI07) Comparar diferentes processos reprodutivos em plantas e animais em relação aos mecanismos adaptativos e evolutivos.	Conceitos-chave: DV; I; C; DS Princípios: II; V; VI	Aprender a conviver Aprender a ser
Interações entre plantas, peixes e microrganismos	b	(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.	Conceitos-chave: R; I; DV; C; F; ED Princípios: I; II; III	Aprender a aprender Aprender a conviver
		(EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.	Conceitos-chave: R; I; DV; C; F; ED Princípios: I; II; III. IV. V; VI	Aprender a aprender Aprender a conviver
Introdução de peixes não nativos em rios e riachos – danos ambientais e desequilíbrio ecossistêmico	a	(EF07CI08) Avaliar como os impactos provocados por catástrofes naturais ou mudanças nos componentes físicos, biológicos ou sociais de um ecossistema afetam suas populações, podendo ameaçar ou provocar a extinção de espécies.	Conceitos-chave: R; SA; I; DV; C; F; ED Princípios: I; II; III. IV. V; VI	Aprender a aprender Aprender a ser Aprender a conviver
Produção racional de alimentos, sustentabilidade e a relação desse sistema com o meio ambiente	b	(EF07CI06) Discutir e avaliar mudanças econômicas, culturais e sociais, tanto na vida cotidiana quanto no mundo do trabalho, decorrentes [...] de novos materiais e tecnologias.	Conceitos-chave: SA; I; DS; SD Princípios: I; II; III	Aprender a ser Aprender a conviver
		(EF08CI16) Discutir iniciativas que contribuam para restabelecer o equilíbrio ambiental a partir da identificação de alterações climáticas regionais e globais provocadas pela intervenção humana.	Conceitos-chave: R; SA; I; DV; C; F; DS; ED Princípios: I; II; III; VI	Aprender a conviver Aprender a ser
		(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.	Conceitos-chave: I; C; F; DS; ED Princípios: I; II; V; VI	Aprender a ser; Aprender a conviver
		(EM13CNT106) Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência	Conceitos-chave: I; C; F; DS; ED Princípios: I; II; V; VI	Aprender a ser; Aprender a conviver

		energética, a relação custo/ benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.		
		(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, interpretando os mecanismos de manutenção da vida com base nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia.	Conceitos-chave: R; SA; I; DV; C; F; DS; ED Princípios: I; II; III; V; VI	Aprender a conviver Aprender a ser
		(EM13CNT206) Justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.	Conceitos-chave: R; SA; I; DV; C; F; DS; ED Princípios: I; II; III; IV; V; VI	Aprender a fazer Aprender a ser Aprender a conviver Aprender a aprender
Pesca artesanal e aquicultura familiar na região	a	(EF07CI11) Analisar historicamente o uso da tecnologia, incluindo a digital, nas diferentes dimensões da vida humana, considerando indicadores ambientais [...].	Conceitos-chave: I; C; F; DS Princípios: II; III; IV; V; VI	Aprender a conviver Aprender a ser Aprender a fazer
		(EF09CI13) Propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da cidade ou da comunidade, com base na análise de ações de consumo consciente e de sustentabilidade.	Conceitos-chave: SA; I; D Princípios: V; VI	Aprender a conviver Aprender a fazer
Divulgação do sistema a toda a comunidade	a	(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 [...].	Conceitos-chave: R; SA; I. DV; C; F; DS; ED Princípios: I; II; III; IV; V; VI	Aprender a ser Aprender a fazer Aprender a conviver Aprender a aprender
		(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos [...] de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.	Conceitos-chave: R; SA; I. DV; C; F; DS; ED Princípios: I; II; III; IV; V; VI	Aprender a ser Aprender a fazer Aprender a conviver

Legenda: a. Eletiva Água.eco b. Miranda et al. (2023); R = Redes, SA = Sistemas aninhados; I = interdependência; DV = Diversidade; C = Ciclos; F = Fluxos; DS = Desenvolvimento; ED = Equilíbrio dinâmico. Fonte: Elaborado pelos autores; Princípios: I - Das partes para o todo; II - Dos objetos para as relações; III - Do conhecimento objetivo para o conhecimento contextual; IV - Da quantidade para a qualidade; V - Da estrutura para o processo; VI - Dos conteúdos para os padrões. Fonte: elaborada pelos autores.

Durante a análise das diretrizes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, pode-se ainda identificar um potencial do sistema aquapônico para o letramento científico e a investigação científica, previsto no currículo para os componentes Biologia, Física e Química. Segundo Brasil (2018), 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. O quadro 5 apresenta uma proposta que evidencia como a aquaponia pode ser utilizada para o letramento científico e para ensino por investigação estipulados pela BNCC.

Quadro 5 - Correlação entre procedimentos de investigação em Ciências e o uso de um sistema de aquaponia.

Procedimentos de investigação em Ciências segundo Brasil (2018)		Possíveis práticas com a 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 modo significativo, o conhecimento científico; Desenvolver soluções para problemas cotidianos usando diferentes ferramentas, inclusive digitais.	Após a atividade de problematização, o docente poderá realizar uma visita a empreendimentos agrícolas convencionais e àqueles que se valem de tecnologias alternativas: agrocológicos, 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 listar as diferenças observadas nos diferentes empreendimentos no que se refere ao uso e manejo dos recursos naturais (solo, água e cultivares). Em seguida, dentre as diversas alternativas, o docente poderá explicar as potencialidades da aquaponia como uma das alternativas sustentáveis de produção de alimentos. Os estudantes devem então iniciar pesquisas 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;	Os alunos serão convidados a apresentar os resultados e registros feitos por eles sobre o sistema de aquaponia para a

	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.	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 pelos autores a partir de São Paulo (2019).

DISCUSSÃO

O ensino de conceitos afins à Ecologia está previsto na BNCC, documento que orienta a elaboração de currículos e materiais didáticos para educação básica nacional, embora o termo “Ecologia” seja citado explicitamente uma única vez no documento (KRIZEK; MULLER, 2021). Conceitos afins à ecologia são integrados principalmente à área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias na BNCC e nota-se que os conceitos ecológicos são pulverizados ao longo das diversas etapas da educação básica, em objetos de conhecimento específicos da BNCC tais como “Cadeias Alimentares”, “Níveis de Organização da Vida”, “Ecossistemas Brasileiros”, “Problemas Ambientais, Consumo Consciente e Sustentabilidade Bem-sucedidas” e “Fluxo de Matéria e Energia nos Ciclos Biogeoquímicos”. Apesar disso, pode-se identificar oportunidades para práticas interdisciplinares articulado com outras disciplinas, como Matemática e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas - por exemplo, ao abordar Ecologia de populações, é possível estabelecer relações com a disciplina de Matemática, desenvolvendo habilidades específicas, e com a área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, analisando gráficos populacionais, pirâmides etárias e eventos históricos relacionados ao crescimento populacional humano e aos impactos da ação antrópica no ambiente natural (LOPES; ROSSO, 2020).

Assim, o estudo 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, a aquaponia pode ser utilizada como recurso pedagógico de baixo custo, sendo possível reaproveitar materiais e adaptar muitos dos processos de montagem

(MIYAZAKI; PONTE, 2022). Outros estudos apontam, ainda, o potencial interdisciplinar com atividades em Química, Física e Matemática e transdisciplinar para a Educação ambiental (MARTINS, 2017; MIRANDA *et al.*, 2023; SOUZA *et al.*, 2019; SOUZA; SOUZA; SOUZA, 2022).

Além disso, o envolvimento dos estudantes na construção do sistema, bem como na manutenção, fornecerá dados e informações que podem ser utilizados em procedimentos de investigação (vide o Quadro 5). Desse modo, o estudo evidenciou que o uso de sistemas de aquaponia como recurso 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 a BNCC (BRASIL, 2018), 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 partir da análise aqui apresentada, nota-se que com o uso de sistemas aquapônicos é possível o ensino de conceitos curriculares afins à alfabetização ecológica e à formação integral dos estudantes, ao oportunizar a compreensão dos sistemas naturais – integrando a Ecologia a outras ciências relacionadas, considerando a complexidade e a interdependência dos sistemas vivos. Também, a partir do uso da aquaponia, é possível fomentar o desenvolvimento da capacidade de perceber as interconexões e os impactos das ações humanas no meio ambiente, a responsabilidade individual e coletiva de agir para proteger e restaurar o meio ambiente, o pensamento sistêmico, habilidade de pensar de forma holística e integrada, em vez de fragmentada e linear. princípios propostos por Capra (2006, 2007).

As práticas relacionadas à divulgação do sistema junto a familiares e a comunidade em geral podem contribuir para os objetivos preconizados pela BNCC de “que esses alunos tenham um novo olhar sobre o mundo que os cerca, como também façam escolhas e intervenções conscientes e pautadas nos princípios da sustentabilidade e do bem comum” (BRASIL, 2018, p 321).

Finalmente, destaca-se que a Aquaponia possibilita a formação na perspectiva integral do cidadão, possibilitando que o ensino e aprendizagem de conceitos afins à alfabetização ecológica estejam também balizados pelos pilares da educação da UNESCO (DELORS *et al.*, 2010): aprender a ser; aprender a fazer; aprender a conviver e aprender a aprender. A montagem

e uso de sistema de aquaponia por estudantes, dentro e fora da escola, para produção alimentos pode ser uma ação intersetorial para o desenvolvimento social sustentável (SOUZA *et al.*, 2019), conforme espera-se da educação que se diz integral (ANTUNES; PADILHA, 2010; BRASIL, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo evidenciou os potenciais do uso da aquaponia para o ensino e aprendizagem de Ciências da Natureza de modo integrado a referenciais da educação básica, como a BNCC e manuais de Educação Integral do Ministério da Educação e Pilares da Educação da UNESCO, e de referenciais para alfabetização ecológica. Os docentes podem usar o sistema aquapônico sem prescindir do cumprimento dos currículos elaborados a partir da BNCC. Como evidenciou o estudo, o potencial do sistema aquapônico é muito maior do que o de promover aulas práticas, ilustrar processos e fenômenos. É possível organizar e desenvolver as aulas de modo a envolver os estudantes da montagem à manutenção do sistema aquapônico, favorecendo o ensino de Ecologia de modo integrado às questões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais e que os estudantes aprendam a aprender, fazer, ser e conviver.

Apesar de seus potenciais, a disseminação no uso de sistemas aquapônicos necessitam de políticas intersetoriais que promovam a formação de professores, a aproximação com comunidades de pescadores e as famílias.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, A.; PADILHA, P. R. **Educação Cidadã, educação integral**: fundamentos e práticas. São Paulo: Editora e Livraria Instituto Paulo Freire, 2010.

BARROS, A.; ARAÚJO, J.. Aulas de campo como metodologia para o ensino de ecologia no ensino médio. **Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 9, n. 20, p. 80-88, 2017. Disponível em: <https://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/249>. Acesso em: 20 jan. 2024.

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. **LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996

BRASIL. **Educação integral**: texto referência para o debate nacional. Brasília: MEC, Secad, 2009. 52 p.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC/CONSED/UNDIME. 2018.

CAIN, M.; BOWMAN, W.; HACKER, S. **Ecologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

CAPRA, F. **As conexões ocultas: ciência para uma vida sustentável**. São Paulo: Cultrix, 2005.

CAPRA, F. Falando a linguagem da natureza: princípios da sustentabilidade. In: STONE, M.; BARLOW, Z. (Orgs.). **Alfabetização ecológica: a educação das crianças para um mundo sustentável**. São Paulo: Cultri, 2006. pp. 46-57.

CAPRA, F.. Sustainable Living, Ecological Literacy, and the Breath of Life. **Canadian Journal of Environmental Education**, v. 12, n. 1, p. 9-18. Disponível em: <https://cjee.lakeheadu.ca/article/view/624>. Acesso em: 20 jan. 2024.

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

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

DELORS, J.; AL MUFTI, I.; AMAGI, I.; CARNEIRO, R.; CHUNG, F.; GEREMEK, B.; GORHAM, W.; KORNHAUSER, A.; MANLEY, M.; NANZHAO, Z.; QUERO, M. P.; SAVANÉ, M. A.; SINGH, K.; STAVENHAGEN, R.; SUHR, M. W.; NANZHAO, Z. **Educação, um tesouro a descobrir: relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI**. São Paulo, SP: Cortez, 2010. 281 p.

DIVER, S.; RINEHART, L.. **Aquaponics – Integration of hydroponics with aquaculture**. Montana, Estados Unidos da América: Attra, 2010. 28p.

DUARTE, A.. J.; MALHEIRO, B.; RIBEIRO, 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. DOI: 10.3926/jotse.205

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

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

FELIZ, F. H. M.; OLIVEIRA, M. C. A. Ensino de Ecologia em artigos do Encontro Nacional De Ensino De Biologia (EnEBio). In: LIMA, J. R.; OLIVEIRA, M. C. A.; CARDOSO, N. S. (Orgs.). **Itinerários de resistência: pluralidade e laicidade no Ensino de Ciências e Biologia**. 1ed.Campina Grande: Editora Realize, 2021, v. 1, p. 3880-3888.

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, p. 70-92, 2008. DOI: 10.3895/S1982-873X2008000300006.

GADOTTI, M. **Educação Integral no Brasil: inovações em processo**. São Paulo: Editora e Livraria Instituto Paulo Freire, 2009.

GENELLO, L.; FRY, JILIAN P.; FREDERICK, JOHN ADAM; LI, XIMIN; LOVE, DAVID C. Fish in the classroom: a survey of the use of aquaponics in education. **European Journal of Health & Biology Education**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2016. DOI: 10.20897/lectito.201502.

KÖNIG, B.; JUNGE, R.; BITTSANSZKY, A.; VILLARROEL, M.; KÖMÍVES, T.. On the sustainability of aquaponics. **Ecocycles**, v. 2, n. 1, p. 26-32, 2016. DOI: 10.19040/ecocycles.v2i1.50

KRIZEK, J. P. O.; MULLER, M. V. D. V. Desafios e potencialidades no ensino de Ecologia na Educação Básica. **REnBio – Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, v. 14, n. 1, p. 700-720, 2021. DOI: 10.46667/renbio.v14i1.401

LOPES, S.; ROSSO, S. **Ciências da natureza: Lopes & Rosso – manual do professor**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.

MACIEL, E. A.; GÜLLICH, R. I. C. Metodologias diferenciadas para o Ensino de Ecologia. In: GÜNZEL, E. E.; GÜLLICH, R. I. C. **Aprendendo Ciências: ensino e extensão**. Bagé, RS: Faith. 2018. pp. 34-37.

MARTINS, P. Aquaponia, uma novidade na educação ambiental. **Ambientalmente Sustentable: Revista científica galego-lusófona de educación ambiental**, v. 23, p. 101-106, 2017. DOI: 10.17979/ams.2017.23-24.0.3369

MIRANDA, I. C.; CARDOSO, I. S.; SILVA, J. P. P.; XAVIER, D. T. O.; GUEDES, A. C. B.; OLIVEIRA, L. C.; MODESTO, R. C.; FLEXA, C. E.; VASCONCELOS, V. M. M.; SILVA, F. N. L. Propostas didáticas em aquicultura para o currículo da educação do campo na região amazônica. **Revista Brasileira de Educação do campo**. v. 8, e13973, 2023. DOI: 10.20873/uft.rbec.e13973

MIYAZAKI, Y.N.; PONTE, M.L.P. **Aquaponia como Instrumento de Ensino**. São José do Rio Preto/SP: Reconecta Soluções Educacionais, 2022.

MOLL, J. (Org.). **Educação integral: texto referência para o debate nacional**. Brasília: MEC/Secad, 2009.

ODUM, E. P. **Fundamentos da Ecologia**. 6. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.

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. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/135006>. Acesso em 20 jan. 2024.

RODRIGUES, Z. B. Educação: Um estudo com base no relatório da UNESCO sobre os quatro pilares do conhecimento. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. v. 4, n. 1, p. 53-60, 2021. DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/educacao/quatro-pilares

SÁTIRO, T. M.; NETO, K. X. C. R.; DELPRETE, S. E. Aquaponia: Sistema que integra produção de peixes com produção de vegetais de forma sustentável. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 11, n. 1, p. 38-54, 2018. DOI: 10.18817/repesca.v11i1.1513

SCAGLIONE, M.C.; CADOCHE, L.; CERUTTI, R. D.; GARCÍA, M. J.; BOSCAROL, B. M.. Retracción y retiro del artículo La acuaponia como estrategia didáctica para la integración de conocimientos. **El cardo**, v. 15, p. 53-73, 2019. Disponível em: <http://rct.fc.edu.uner.edu.ar/index.php/cardo/article/view/126>. Acesso em: 20 jan. 2024.

SCHNELLER, A.; 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, J. S. S.; SOUZA, R. T. Y. B.; SOUZA, L. O. A aquaponia como ferramenta didáticometodológica no ensino de ciências e matemática: experiências e propostas didáticas no contexto amazonense. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 15, p. 1-20, 2022. DOI: 10.3895/rbect.v15n2.13864

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: 10.1590/1516-731320190020008.

STONE, M. K.; BARLOW, Z. **Alfabetização ecológica: a educação das crianças para um mundo sustentável**. São Paulo: Cultrix, 2006.

VOLPATO, G. L. O método lógico para redação científica. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, v. 9, n. 1, p. 1-14, 2015. DOI: 0.29397/reciis.v9i1.932