

ALEXANDRIA

Revista de Educação em Ciência e Tecnologia

Aproximando Pedagogia Libertadora, Educação CTSA Crítica e Ensino por QSC para Ações Sociopolíticas e Socioambientais

Linking Liberating Pedagogy, Critical STSE Education and SSI-based Education for Sociopolitical and Socioenvironmental Actions

Pedro Nascimento Melo^a; Dália Melissa Conrado^{b, d}; Nei Nunes-Neto^{c, d, e, f}

a Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Brasil – pedromelo@ufrrb.edu.br

b Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Brasil - profdalia@gmail.br

c Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Brasil – neinunesneto@ufgd.edu.br

d Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estudos Interdisciplinares e Transdisciplinares em Ecologia e Evolução (INCT IN-TREE).

e Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, Brasil.

f Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, Brasil.

Palavras-chave:

Ensino de ciências.
Formação crítica.
Pedagogia freiriana.
Temas controversos.

Resumo: O presente artigo buscou mostrar como linhas de educação científica que utilizam a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) e a abordagem de questões sociocientíficas (QSC) se aproximam teórica e metodologicamente à proposta de educação libertadora e problematizadora de Paulo Freire. Buscou-se compreender essas aproximações, tendo como referência, para análise e discussões, os conceitos freirianos de ontologia humana, problematização e *práxis* autêntica. Percebeu-se que as linhas analisadas incorporam uma concepção ontológica do ser humano compatível com a ontologia humana adotada por Freire, e tomam a realidade como ponto de partida para a ação educativa, tendo o desenvolvimento ético-moral e emocional dos/das educandos/educandas como um dos princípios fundadores de sua formação crítica. Além disso, tomam a problematização como meio de análise e investigação da realidade, incorporando, de alguma forma, o princípio da reflexão-ação (*práxis* autêntica). Portanto, as aproximações aqui discutidas possibilitam uma abordagem integrada para currículos de educação científica fundamentados na educação crítica.



Esta obra foi licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Keywords:

Science education.
Critical training.
Freirean pedagogy.
Controversial topics

Abstract: This article shows some links between two approaches to science education: Science-Technology-Society-Environment (STSE) education and the socioscientific issues (SSI)-based education with the proposal of a liberating and problematizing education by Paulo Freire. For analysis and discussions, we adopted Freire's concepts of human ontology, problematization and authentic praxis, in order to understand these approaches. We noticed that the analyzed lines incorporate an ontological conception of the human being compatible with the human ontology adopted by Freire, and take reality as a starting point for the educational action. Besides, one of the founding principles of a critical education is in the ethical-moral and emotional development of the students in these analyzed perspectives. In addition, they take problematization as a means of analyzing and investigating reality, incorporating, in some way, the principle of reflection-action (authentic praxis). Therefore, the approaches discussed here enable an integrated approach to science education curricula based on critical education.

Introdução

O presente artigo é um estudo predominantemente teórico sobre aproximações entre a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA)¹ e a utilização de questões sociocientíficas (QSC) no ensino de ciências e a pedagogia libertadora de Paulo Freire, que resultou da pesquisa de doutorado do primeiro autor (MELO, 2021). Particularmente, no ensino de ciências, observam-se muitos trabalhos envolvendo a pedagogia freiriana e, particularmente, estudos na perspectiva educacional Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente CTSA (ex. NASCIMENTO; VON LINSINGEN, 2006; SANTOS, 2008; 2009; ZAUIH; HAYASHI, 2013; SOUZA; CHAPANI, 2013; SOLINO; GEHLEN, 2015; FONSECA *et al.*, 2019; LACERDA; STRIEDER, 2019), buscando maior desenvolvimento de criticidade do estudante, em perspectivas emancipatória e humanizadora da educação científica e tecnológica em diferentes níveis escolares, sobretudo no questionamento do status da ciência e suas relações com a sociedade e o ambiente.

Nas últimas décadas, com o agravamento dos problemas socioambientais, e as dificuldades de implementação dos fundamentos da educação CTSA, no contexto da educação crítica, tem havido maior interesse no desenvolvimento de abordagens usando QSC, tanto na formação de professores, quanto na prática pedagógica da formação básica do cidadão (ex.: LEVINSON, 2006; MARTÍNEZ PÉREZ, 2012; CARVALHO; CARVALHO, 2012; MARTÍNEZ PÉREZ; PARGA LOZANO, 2013; MARQUES; REIS, 2018;

¹ De modo geral, como parte de nossa opção teórica, utilizamos a sigla CTSA, em lugar de CTS, por compreendermos que todas as questões que envolvem a Ciência e a Tecnologia, além de terem sua origem e seu desenvolvimento no contexto das relações sociais, possuem influência e são influenciadas por relações no meio ambiente. Tal decisão por uma expressão e não outra, entretanto, não é meramente terminológica, mas sim parte de uma ênfase sobre o meio ambiente como a própria condição de possibilidade ontológica para as sociedades, a ciência e a tecnologia. Em outras palavras, isso significa reconhecer o ambiente como condição mínima para a ocorrência das relações CTS e, devido à crise socioambiental atual, devemos ressaltar o ambiente nas relações CTS. Porém, a sigla CTS foi mantida em sua forma original nas citações diretas de outros autores, incluindo os autores que já realizaram as primeiras aproximações entre CTS e os trabalhos de Freire. Neste sentido, concordamos com Martínez-Pérez e Lozano (2013) que, reconhecendo a importância de se destacar as questões ambientais nos estudos CTS, optaram por utilizar a sigla CTSA, adotando a letra A entre parênteses quando citam um autor que utiliza a sigla CTS.

CONRADO; NUNES-NETO, 2018; SANTOS *et al.*, 2018; BENCZE *et al.*, 2018; 2019; SARMENTO *et al.*, 2019; DIONOR *et al.*, 2020). Nesse sentido, essas três abordagens foram – e estão sendo – utilizadas no processo de formação de cidadãos mais críticos e participativos. Contudo, por serem abordagens com características, contextos de uso e particularidades próprias, muitas vezes são implementadas de modo separado, quando poderiam ser utilizadas de modo integrado. Considerando tanto uma situação de pesquisa acadêmica em educação, ou de aplicação escolar, visando contribuir para alcançar uma formação crítica dos sujeitos, essas três abordagens poderiam ser, por exemplo, complementares. Para isso, é necessário esclarecer quais pontos de convergência podem justificar um trabalho integrado ou complementar entre essas três abordagens.

A construção da concepção de educação que orientou a proposta político-pedagógica de Paulo Freire esteve sempre fundada em uma base ontológica humana (ontologia humana de Freire) que compreende o ser humano como *inacabado, histórico* e como *ser de relações* e que se manteve inalterada, em sua essência, durante quase todo o processo de evolução do seu pensamento político-pedagógico, tendo sofrido a incorporação não-dogmática de elementos do referencial marxiano-marxista (SCOCUGLIA, 1999; CHABALGOITY, 2014), o que possibilitou, ao próprio Freire e a outros pesquisadores, redimensioná-la e construir uma leitura mais crítica da relação entre consciência, educação e transformação social.

O caminho proposto por Freire, no âmbito do seu projeto político-pedagógico para que homens e mulheres possam construir olhares e posicionamentos críticos sobre a realidade, foi a educação a partir de uma concepção problematizadora, sob a perspectiva da *práxis* autêntica, aquela que resulta do esforço permanente de reflexão dos seres humanos sobre situações concretas da realidade, “reflexão e ação dos homens sobre o mundo para transformá-lo” Freire (1987, p. 21). Uma educação capaz de pôr homens e mulheres em contato dialógico com a realidade, abrindo-se para ela, analisando-a, questionando-a, investigando-a, revisando criticamente os achados da sua investigação, estabelecendo relações contextuais e globais, buscando compreendê-la profundamente, duvidando e não aceitando passivamente o conhecimento já existente e o conhecimento imposto. Freire deixa claro que a libertação do oprimido só poderá se efetivar na *práxis* libertadora:

Vale dizer pois, que reconhecer-se limitados pela situação concreta de opressão, de que o falso sujeito, o falso “ser para si”, é o opressor, não significa ainda a sua libertação [...].

Não basta saber-se numa relação dialética com o opressor – seu contrário antagônico – descobrindo, por exemplo, que sem eles o opressor não existiria, (Hegel) para estarem de fato libertados. É preciso, enfatizemos, que se entreguem à *práxis* libertadora. (FREIRE, 1987, p. 19)

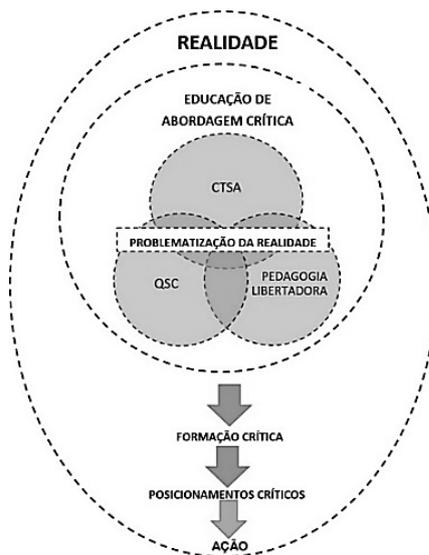
O presente artigo tem como objetivo principal mostrar como linhas de educação científica que utilizam a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) e o ensino baseado em QSC, ambos já muito próximos entre si, se aproximam teórica e metodologicamente da proposta de educação libertadora e problematizadora de Paulo Freire. A figura 1, que será explicada posteriormente, sintetiza algumas interrelações entre as três perspectivas em referência à realidade. De maneira geral, a figura mostra a realidade como ponto de partida e de chegada – estando nela (existindo nela) – de uma proposta de educação direcionada para a formação crítica fundamentada na pedagogia libertadora de Paulo Freire e que dialoga com a educação CTSA crítica e o ensino baseado em QSC para a ação socioambiental e sociopolítica, tendo como eixo transversalizador a problematização da realidade e voltada para a promoção de ações transformadoras.

A construção do projeto político-pedagógico de Paulo Freire incorporou desde o início uma concepção de educação que pode ser definida como problematizadora, cuja presença pode ser observada de forma mais evidente em sua obra, a partir de *Educação Como Prática da Liberdade*. O termo problematizadora aparece com grande frequência em *Pedagogia do Oprimido* ao lado de concepção, educação, prática e visão, tornando-se mais raro ou ausente em outras publicações. No entanto, compreende-se que isso não significa que Paulo Freire os tenha utilizado como conceitos diferentes.

No contexto da educação problematizadora, a problematização, sua forma de manifestação na prática, pode ser definida como a ação de desvelar a realidade, investigando-a, questionando-a, estabelecendo relações contextuais e globais, buscando compreendê-la e explicá-la, é “a atitude do sujeito do conhecimento diante do objeto [...] de dúvida, de não aceitação passiva do saber que existe sobre o objeto” (MÜHL, 2010, p. 329). O sentido político da educação problematizadora também pode ser traduzido como uma proposta de desvelamento da realidade, ação necessária à superação do nível de consciência real ou efetiva (FREIRE, 1987) e sua evolução para o nível de consciência máxima possível (FREIRE, 1987), exigindo, portanto, o reconhecimento da existência de um problema, em outras palavras, o reconhecimento da existência de uma situação-limite (FREIRE, 1987; FREIRE, 2010).

Por meio da problematização de sua situação, homens e mulheres podem se iniciar no processo de tomada de consciência do qual poderá resultar sua inserção crítica na realidade e a concretização dessa inserção, ou seja, a *práxis* autêntica. Pois, não basta aos seres humanos reconhecerem-se oprimidos para superarem a relação de dominação presente na contradição opressor-oprimido. É preciso o engajamento na luta da libertação.

Figura 1 – Representação das interrelações entre a pedagogia libertadora de Paulo Freire, educação CTSA e ensino baseado em QSC



Fonte: Autor (2021, p. 196).

A figura 1 expõe graficamente as interrelações aqui discutidas. Para explicar essa figura, discutiremos, a seguir, aspectos e caminhos que nos permitiram estabelecer essas interrelações, como aspectos em comum entre essas três abordagens, sobretudo quando percebemos a ênfase nas dimensões ética e política da pedagogia libertadora e da educação CTSA, além da problematização e da contextualização como fundamentos do pensamento freiriano e referenciais do ensino baseado em QSC.

Analisando o diálogo entre a educação CTSA, o ensino baseado em QSC e a ontologia humana de Freire

Em conformidade com o pensamento político-pedagógico de Freire, a educabilidade do ser humano e sua capacidade de transformar a realidade, humanizando-a ou desumanizando-a, é uma possibilidade relacionada à sua condição ontológica de *ser inacabado* (i.e., em constante construção), *de relações* (i.e., aberto à realidade), *histórico* (i.e., construtor da realidade) e à sua vocação ontológica de humanizar-se, de *ser mais*, de tornar-se sujeito da sua história. No presente tópico, mostramos como essa concepção ontológica do ser humano (*ontologia humana de Freire*) aparece nas bases teórico-metodológicas que orientam as abordagens de educação crítica no ensino baseado em QSC, propostas por autores como Hodson (2010, 2011, 2018), Zeidler e Nichols (2009), Mueller e Zeidler (2010) e Karisan e Zeidler (2017), nas perspectivas CTSA defendidas por Auler e Delizocoiv (2001), Auler (2007a; 2007b) e, particularmente, na corrente de justiça socioambiental, apresentada por Pedretti e Nazir (2011).

A formação crítica, enquanto possibilidade histórica e ontológica realizada por meio da educação científica, é uma finalidade na qual estão focadas as linhas de educação CTSA e ensino baseado em QSC citadas no parágrafo acima. No âmbito dessas linhas, a crença nessa possibilidade é compatível com uma concepção de ontologia humana que vê o ser humano como um ser capaz de modificar suas visões de mundo e de agir de acordo com essas visões, tal como na *ontologia humana de Freire*.

Na proposta de educação CTSA defendida por Auler e Delizoicov (2001) e Auler (2007a, 2007b), a influência do pensamento político-pedagógico de Paulo Freire aparece de forma bastante clara e explícita, tendo a problematização como o principal elemento de aproximação entre essa proposta e seu pensamento. Os autores apelam para a superação das percepções ingênuas e mágicas sobre os processos de interações entre CTSA, considerando a importância cada vez mais presente da Ciência-Tecnologia (CT) na dinâmica social contemporânea.

Como meio de superação das percepções ingênuas e mágicas sobre os processos de interações entre CTSA e de potencialização da democratização dos processos decisórios em questões socioambientais relacionadas à CT, Auler (2007a, 2007b) e Auler e Delizoicov (2001) propõem a problematização dos mitos historicamente construídos sobre CT fundamentada em uma *práxis* educacional orientada pela aproximação entre o pensamento político-pedagógico de Freire e os pressupostos do movimento CTSA (LACERDA; STRIEDER, 2019).

Auler (2007) defende uma forma de ensino preocupado não só com o aspecto cognitivo do aprendizado, mas também com o interesse, a motivação do/da estudante, a atribuição de significados, a ação participativa dialógica e que associe os conceitos científicos a uma abordagem problematizadora de temas de relevância social (NASCIMENTO; VON LINSINGEN, 2006; FONSECA, 2019).

Busca-se superar a concepção de que é preciso primeiro saber sobre para depois colocar em prática, dissociando o processo de pensar do atuar. Os processos de conhecer e intervir no real não se encontram dissociados. Em síntese, aprende-se participando (AULER, 2007a, p. 184; 2007b, p. 16).

Na sua proposição de uma educação científica que enfatiza a leitura crítica das interações entre CTSA, está embutida a crença na possibilidade do/da estudante conseguir superar concepções distorcidas sobre essas interações, concepções que traduzem uma determinada visão de mundo e especificamente no que diz respeito às implicações socioambientais das atividades da CT. Já no ensino baseado em QSC, observamos a importância de se capacitar para agir a partir da pesquisa e do diagnóstico, o que significa não só ser capaz de perceber as implicações socioambientais das decisões de CT, mas também de

intervir na vida coletiva, transformando a si mesmo no processo (BENCZE *et al.*, 2018; 2019). Desse modo, o aprendizado a partir da problematização passa a não ser apenas em nível cognitivo e motor, mas também ético e atitudinal.

Nesse contexto, a crença de que o ser humano é capaz de se transformar e, ao mesmo tempo, transformar a realidade através da educação, de forma dialógica está fundamentada na ideia de que homens e mulheres são capazes de construir a própria história, de buscar, de ir além, de transcender. Essa capacidade ou inclinação decorre do fato de serem, homens e mulheres, *seres de relação*, abertos para o mundo, não estando apenas nele, mas com ele. Além disso, por serem inacabados/inacabadas e terem consciência do seu inacabamento é que podem crescer e elaborar uma realidade melhor, sempre no sentido de maior solidariedade e sustentabilidade socioambiental.

Ainda no campo da educação CTSA, a corrente de justiça socioambiental (PEDRETTI; NAZIR, 2011) de abordagem sociológica, apela enfaticamente para a justiça social, voltando-se para a resolução de problemas sociais e ambientais decorrentes das atividades da CT, buscando o desenvolvimento do senso crítico e de justiça socioambiental dos/das educandos/educandas. A orientação teórico-metodológica dessa corrente também busca promover uma educação científica preocupada com a promoção de um tipo de cidadania comprometida com a mobilização para a ação transformadora da realidade (REIS, 2013; MARQUES; REIS, 2018; BENCZE *et al.*, 2018; 2019; SARMENTO *et al.*, 2019). Dessa forma, a crença na possibilidade de se promover a formação desse tipo de cidadão/cidadã, através da educação científica, também reflete uma concepção de ontologia humana compatível com aquela elaborada por Paulo Freire.

Vale destacar que, na educação crítica que utiliza QSC, Santos (2008; 2009) discute a influência da pedagogia freiriana para o desenvolvimento de estratégias didáticas, visando a discussão de temas socialmente relevantes, numa perspectiva política de educação CTSA (ZAUITH; HAYASHI, 2013). Santos (2009) aponta que as QSC podem atuar como temas geradores, possibilitando a exploração de conhecimentos prévios do estudante e a aproximação do seu contexto real com o conteúdo a ser ensinado. Concordamos com Santos (2009) sobre o potencial problematizador das QSC no contexto de uma educação voltada para o desenvolvimento crítico do estudante. Porém, é importante ressaltar que na perspectiva da pedagogia libertadora os temas geradores surgem do “cotidiano local”, buscando a compreensão dos problemas na realidade dos e para os educandos por meio de uma análise problematizadora globalizante enquanto a utilização de QSC sob a perspectiva CTSA envolve uma abordagem menos globalizante de temas amplamente divulgados nos meios de comunicação (ANDRADE; ALMEIDA, 2018, p. 6).

Santos (2009) explora as possibilidades de discussão sobre relações CTSA que envolvem uma QSC, permitindo diálogos entre os conhecimentos científico, histórico, social, cultural, filosófico, em atividades interativas em sala de aula que questionam o sentido e o significado da CT nas sociedades, como complementa Santos (2008, p.114): “Entendemos que pensar em uma educação científica crítica significa fazer uma abordagem com a perspectiva de questionar os modelos e valores de desenvolvimento científico e tecnológico em nossa sociedade”. Nesse processo, Hodson (2011; 2018) defende a reflexão do estudante sobre seus próprios valores e princípios, além dos valores e princípios dos envolvidos em uma QSC e como estes orientam decisões que afetam a sociedade e o ambiente. Aqui, percebemos elementos da educação humanizadora freiriana, ao se enfatizar reflexões sobre valores que guiarão tomadas de decisão responsáveis e, posteriormente, implementação de ações sociopolíticas.

As propostas de educação científica defendidas por autores como Hodson (2010, 2011, 2018), Zeidler e Nichols (2009), Karisan e Zeidler (2017), Bencze *et al.* (2018; 2019) utilizam QSC como meio para se atingir os objetivos de uma formação crítica pautada na crítica social, no esclarecimento de valores éticos e preocupada com a tomada de decisão informada e responsável sobre questões socioambientais que envolvam as atividades da CT e com ações sociopolíticas e ambientais voltadas para a promoção de uma sociedade mais justa, mais democrática e mais preocupada com as questões ambientais, enfatizando o desenvolvimento ético-moral, a clarificação e a mudança de valores e o conhecimento da natureza da ciência e das implicações sociais de CT.

Considerando o campo da ontologia moral, as propostas do ensino baseado em QSC para justiça socioambiental estão pautadas em perspectivas não-antropocêntricas, ou seja, há uma preocupação comum com o bem-estar de outras formas de vida além da humana, que vão além da percepção de interdependência de humanos com outras formas de vida planetária. Nesse contexto, o desenvolvimento da criticidade associa o raciocínio lógico e o raciocínio moral, em que o sujeito se percebe como componente de sistemas complexos que integram aspectos ecológicos e sociais interdependentes (NUNES-NETO; CONRADO, 2021).

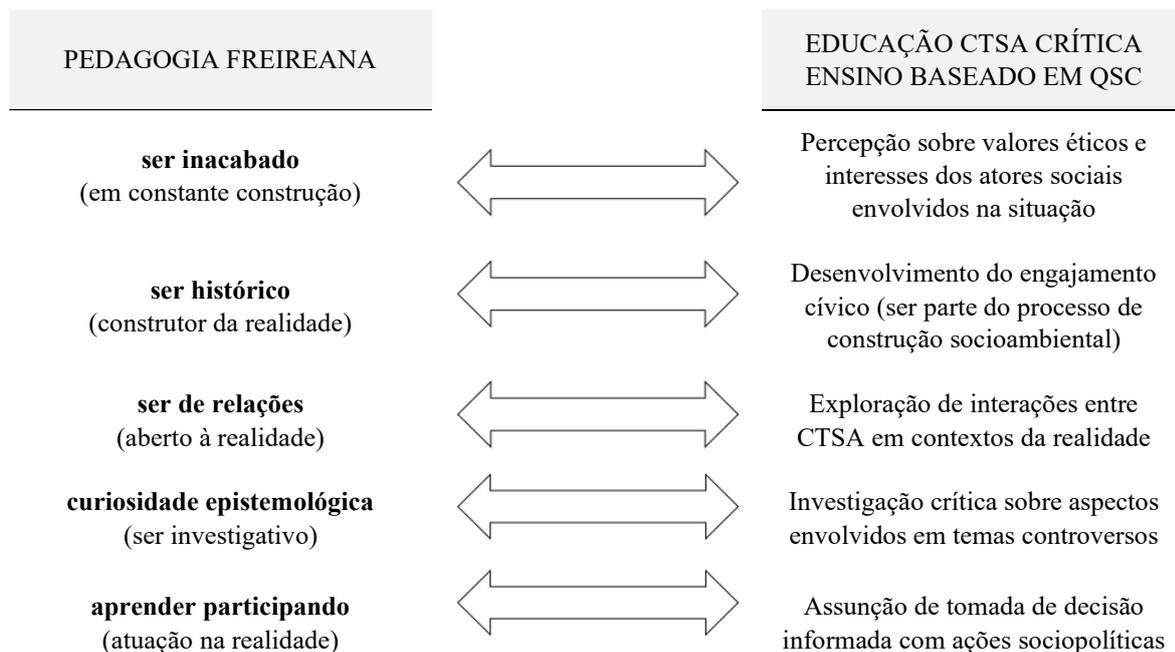
As propostas defendidas por Hodson (2010, 2011, 2018), Zeidler e Nichols (2009), Mueller e Zeidler (2010), Karisan e Zeidler (2017), Bencze *et al.* (2018; 2019) pressupõem a existência de um potencial no ser humano que o possibilita a construir os rumos da história da humanidade e da sua própria história e a produzir novos conhecimentos durante esse processo de construção. Trata-se do ser humano ao qual se refere Paulo Freire: um ser *inacabado, de relações e histórico*. Podemos dizer que, em algum sentido, o campo da moralidade ou ética é um ponto de aproximação relevante entre a proposta da *ontologia humana de Freire*, de um lado, e a proposta dos teóricos da educação CTSA e do ensino baseado em QSC, de outro.

Com base em um quadro teórico desenvolvido por Nunes-Neto e Conrado (2021), a ética pode ser compreendida como a reflexão sobre os próprios valores e ações, desde um ponto de vista normativo, buscando justificáveis racionais, com o objetivo de aprimorar a convivência. O mundo humano não pode ser exaustivamente explicado e compreendido apenas com base nas leis ou padrões que explicam a natureza (provenientes de uma visão científica de mundo), pois os seres humanos possuem um aspecto que escapa à natureza. Este aspecto humano, que pode ser identificado com a sua segunda natureza, é justamente dado por aquilo que pode ser de uma forma diferente da que é, que poderia ser de outras formas, de modo que nada é absolutamente dado ou inexorável no mundo humano, mas sempre indeterminado, aberto a outras possibilidades. Neste sentido é que podemos dizer que o ser humano é *inacabado*, diferentemente da natureza que seria plena ou acabada, muito embora seja dinâmica e sempre em transformação. Para mais detalhes sobre este ponto, recomendamos a consulta de Nunes-Neto e Conrado (2021).

De forma bastante direta, o campo da ética está presente nas discussões sobre QSC, pois, no âmbito das propostas educacionais de ensino baseado em QSC, aqui apresentadas, estão envolvidos, inevitavelmente, dilemas morais e éticos sobre as atividades da CT e suas implicações sociais e ambientais, incluindo discussões e questionamentos sobre aquilo que é do campo do que poderia ser de uma forma diferente da que é (e não meramente aquilo que é, necessariamente ou naturalmente): valores antagônicos, como o certo e o errado e sobre o que podemos/devemos e o que não podemos/devemos fazer. Certamente, trata-se de discussões e questionamentos complexos, tanto no campo da ética quanto da moral, já que envolvem valores enraizados nas culturas dos participantes e aqueles já incorporados historicamente às atividades da CT (SARMENTO *et al.*, 2019). Por outro lado, o encaminhamento de posicionamentos sobre uma QSC, o que inclui tomada de decisões e ações responsáveis, pode requerer a mudança dos valores e posicionamentos já existentes. Pois, se, por um lado, busca-se a promoção da justiça social e ambiental através desse tipo de educação, por outro lado, busca-se também o desenvolvimento da criticidade e da autonomia dos/das educandos/educandas na tomada de decisão e na implementação de ações individuais e/ou coletivas.

A figura 2 resume alguns diálogos e aproximações discutidos aqui entre a pedagogia freiriana e a educação CTSA crítica e o ensino baseado em QSC para a justiça socioambiental.

Figura 2 – Síntese da articulação teórico-metodológica entre elementos do pensamento político-pedagógico de Paulo Freire e referenciais da educação CTSA crítica e o ensino baseado em QSC.



Fonte: os autores

A alfabetização científica crítica deve desenvolver a capacidade de entendimento de alunos e alunas sobre questões ético-morais e exercitar a tomada de decisões sobre essas questões para que possam participar da reconstrução social e “[...] efetuar mudanças na maneira como conduzimos nossas vidas” (HODSON, 2011, p. 40, *tradução nossa*). Ao lidar com dilemas ético-morais, os/as educandos/educandas se envolvem com situações que poderão lhes proporcionar a revisão dos seus valores e a análise dos valores incorporados às atividades da CT, o que contribui, dessa forma, para o seu desenvolvimento ético-moral. A ênfase no crescimento ético-moral do/da educando/educanda revela a crença em sua capacidade de mudança interior, incluindo a reflexão e a mudança de valores e de princípios ético-morais norteadores das concepções que orientam sua relação com o mundo (a realidade) e na sua capacidade de promover mudanças nessa realidade a partir dos valores incorporados e das concepções construídas, confirmando-o como um ser em construção (*inacabado*), aberto a mudanças interiores (*de relações*) e capaz de promover a justiça social e ambiental a partir da tomada de decisão e da ação informadas e responsáveis (*histórico*).

Problematização e *práxis* autêntica na educação científica com CTSA e QSC

Compreende-se que a problematização em Paulo Freire consiste no desvelamento da realidade, obtido pela investigação, pelo questionamento e estabelecendo-se relações contextuais e globais para compreendê-la e explicá-la, acontecendo em um ambiente

dialógico de aprendizagem, sem o qual não seria possível se estabelecer a verdadeira comunicação. Por meio da problematização, em situação de *práxis* autêntica, engajando-se na luta por sua libertação, é possível que homens e mulheres desenvolvam uma compreensão profunda da realidade, atingindo a superação da consciência ingênua e mágica, e mobilizando-se para a ação crítica transformadora. Essa capacidade de superar a consciência ingênua e de transformar a realidade encontra-se sustentada no princípio da *história enquanto possibilidade* e na *concepção ontológica freiriana de ser humano*. Tomando a situação do/da educando/educanda como ponto de partida, valorizando o diálogo, a criatividade, a descoberta, a análise e a decodificação de situações da realidade, a educação problematizadora, em oposição à educação bancária, é a resposta pensada por Paulo Freire para a humanização de homens e mulheres, colocando estes em situação de reflexão, análise e debate sobre as questões da realidade, sobre sua responsabilidade na transformação das situações de opressão e em estado de mobilização para o empreendimento dessa transformação.

Mostramos no presente tópico como as linhas de educação CTSA (AULER; DELIZOICOV, 2001; AULER, 2007a, 2007b) e o ensino baseado em QSC (HODSON, 2010, 2011, 2018; ZEIDLER; NICHOLS, 2009; MUELLER; ZEIDLER, 2010; KARISAN; ZEIDLER, 2017) na educação científica aqui defendida se aproximam à proposta de educação problematizadora de Paulo Freire, tomando-se como referência os conceitos freirianos de problematização e de *práxis* autêntica. A problematização foi analisada, verificando-se como o desvelamento da realidade por meio de processo investigativo, a postura questionadora diante dela e a valorização do diálogo durante a ação educativa estão contemplados nessas linhas. Percebemos que há uma aproximação da ideia de ação sociopolítica do ensino baseado em QSC ao conceito de *práxis* autêntica, já que a reflexão e o aprofundamento da compreensão da realidade se mostram relacionados com o compromisso com sua transformação. Buscou-se, por essa perspectiva, elaborar uma síntese curta dessas aproximações, porém, com densidade suficiente para atender ao objetivo deste tópico.

Santos (2008; 2009) e Solino e Gehlen (2015) explicam a importância da problematização tanto como parte do processo de um despertar sobre a necessidade de aprender o conteúdo quanto como etapa fundamental para uma educação libertadora e humanizadora, uma vez que os dois caminhos indicam contradições que permeiam a realidade dos estudantes. Por isso, os autores defendem a apresentação do contexto social como base para o estudo dos conteúdos científicos e tecnológicos, indicando uma educação CTSA com uma ênfase sociocultural e sobretudo reintegrando à educação o seu caráter político-transformador.

A proposta de educação científico-tecnológica defendida por Auler e Delizoicov (2001) e Auler (2007a, 2007b), localizada no campo das interações CTSA, enfatiza a leitura crítica dessas interações, tomando, explicitamente, o pensamento político-pedagógico de Paulo Freire como referencial teórico inspirador para perceber a realidade para além do que é apresentado como hegemônico nessas relações CTSA (SOLINO; GEHLEN, 2015; LACERDA; STRIEDER, 2019; FONSECA 2019). Nesse sentido, a superação da percepção ingênua e mágica da realidade exige o desvelamento dos discursos ideológicos vinculados à CT, disseminadores da crença – vinculada ao modelo linear de progresso, dominante na sociedade contemporânea – na suposta neutralidade das atividades da CT, e da forma de produção do conhecimento no campo dessa interação (AULER; DELIZOICOV, 2001; SARMENTO *et al.*, 2019; RODRIGUES *et al.*, 2019). Nesse contexto, Santos (2008; 2009); Bencze *et al.* (2018); Hodson (2018) complementam, discutindo a importância de se reconhecer quais grupos sociais serão beneficiados e quais serão prejudicados com o desenvolvimento e os resultados da CT.

Assim, a perspectiva de educação CTSA crítica defendida pelos autores propõe a problematização dos mitos historicamente construídos sobre a atividade científico-tecnológica, tais como superioridade/neutralidade do modelo de decisões tecnocráticas, perspectiva salvacionista/redentora atribuída à Ciência-Tecnologia e o determinismo tecnológico, que ainda vemos presentes no raciocínio da população, inclusive nas universidades (ex. CONRADO; CONRADO, 2016; SANTOS; MARTINS, 2013; GIL-PÉREZ *et al.*, 2001). Auler e Delizoicov (2001) e Auler (2007a, 2007b) defendem, então, um ensino em que os conceitos científicos sejam abordados mediante a problematização de temas de relevância social, sob a perspectiva do aprendizado na ação, ou seja, o aprender participando, buscando-se superar a dissociação entre o atuar e o pensar, priorizando, dessa forma, uma associação direta entre conhecer e intervir na realidade, o que significa um alinhamento entre o pensar e o agir (CORTELLA, 2015; AULER, 2007a).

Espera-se, portanto, que uma prática educativa planejada segundo a perspectiva da educação CTSA crítica, em relação de coerência com o referencial freiriano, deverá promover o questionamento, o desvelamento investigativo da realidade, sua compreensão profunda, valorizar a relação dialógica entre os participantes e incorporar a *práxis* autêntica.

Também no campo da educação CTSA, foram analisadas as aproximações da corrente de justiça socioambiental (PEDRETTI; NAZIR, 2011) com a educação problematizadora de Paulo Freire, de acordo com a perspectiva de análise que vem sendo utilizada no presente tópico. Essa corrente se caracteriza pela ênfase na justiça social e na resolução de problemas sociais e ambientais decorrentes dos impactos das atividades da CT sobre o indivíduo, a sociedade e o ambiente, buscando desenvolver o senso crítico e de justiça dos/as

educandos/educandas por meio de ações sociopolíticas democraticamente escolhidas, incentivando a aprendizagem pela demonstração da relevância social dos temas.

Elementos como resolução de problemas, reflexão e crítica, presentes nessa corrente, também fazem parte do referencial freiriano e convergem para a abordagem problematizadora de situações da realidade, tomadas como ponto de partida da ação educativa. No que tange ao estabelecimento de relações contextuais e globais nessa forma de abordagem da realidade, a corrente justiça socioambiental apresenta duas variantes mais comuns. A primeira delas parte da problematização de situações do contexto mais imediato (por exemplo, o entorno do contexto educacional) e a outra utiliza situações mais gerais relacionadas diretamente à ciência e à tecnologia (por exemplo, CT no combate às doenças no mundo).

Compreendemos também que procedimentos metodológicos como a adoção de estratégias de debates em sala e na comunidade do entorno da escola, além da realização de eventos de exposição científica (LEVINSON, 2006; SANTOS, 2009; REIS, 2013; MARQUES; REIS, 2018; BENCZE *et al.* 2018; 2019), propostos por essa corrente, são indicativos da valorização do diálogo durante a realização da ação educativa. Para Hodson (2011; 2018), podemos praticar uma aprendizagem sobre e a partir de ações sociopolíticas de forma direta ou indireta, isto é, por meio de intervenções diretas com a realidade local e os problemas analisados nessa realidade, ou, ainda, por meio de intervenções indiretas, como a confecção de cartas e solicitações para a criação de leis. Por fim, verificou-se que a ênfase na solução de problemas, na agência, na transformação da realidade e na emancipação humana possibilita que a educação científica orientada pela corrente justiça socioambiental possa promover o aprendizado e a produção de conhecimento em um ambiente de superação da separação entre o atuar e o pensar, entre a reflexão e a ação, se aproximando dessa forma da *práxis* autêntica freiriana.

Hodson (2010, 2011, 2018) propõe a utilização de QSC na educação científica como um caminho para se atingir um tipo de formação crítica pautada na crítica social, na clarificação de valores, preocupada com a tomada de decisão informada e responsável sobre questões socioambientais que envolvam a CT e com o planejamento e a realização de ações

voltadas para a promoção de uma sociedade mais justa², mais democrática e mais preocupada e ativa com as questões ambientais do nosso tempo e com o futuro do nosso planeta. Zeidler e Nichols (2009), Mueller e Zeidler (2010), Karisan e Zeidler (2017), Bencze *et al* (2018; 2019) também defendem uma proposta comprometida com o desenvolvimento crítico e ético-moral do/da educando/educanda por meio da utilização de QSC na educação científica, enfatizando o desenvolvimento do senso de justiça (ver nota de rodapé 2), a tomada de decisão informada e o ativismo.

Hodson (2010) parte da crítica às formas convencionais de educação CTSA e ensino baseado em QSC para propor um currículo focado na ação sociopolítica (HODSON, 2010, 2011, 2018) e que, embora incorpore a abordagem CTSA e a utilização de QSC, avança no sentido da politização dos/das educandos/educandas, visando a construção de uma sociedade democrática mais justa e estilos de vida ambientalmente mais sustentáveis. Propõe um currículo organizado em quatro estágios que avançam no sentido da intensificação e do aprofundamento do envolvimento dos/das educandos/educandas com uma QSC, com o objetivo de capacitá-los/capacitá-las para a ação sociopolítica (HODSON, 2010, 2011, 2018).

Educandos/educandas são postos/postas em situação de aproximação ativa, e não contemplativa ao objeto de estudo, que, nesse caso, são as implicações dos produtos do desenvolvimento CT sobre a sociedade e seus impactos ambientais, bem como a reflexão sobre os valores e demandas sociais, que influenciam os caminhos de CT. Busca-se motivá-los/motivá-las intrinsecamente a aprofundarem seu conhecimento sobre as características intrínsecas do objeto (aspectos conceituais, sociais, políticos, culturais, econômicos e ético-morais) e sobre suas relações com o contexto em que este está situado, a tomarem decisões informadas, fundamentadas na clarificação de valores e no compromisso ético-moral e a se comprometerem com ações sociopolíticas, sob orientação de um/uma educador/educadora experiente.

Os estudantes podem ganhar experiência de ação e, assim, aprender através da ação e também a partir da ação [...] se envolver em intervenções e projetos orientados para a ação, em paralelo com uma crítica qualificada e confiável, os estudantes aumentam tanto a sua compreensão do que constitui a ação sociopolítica, quanto sua capacidade de praticá-la com sucesso. Em outras palavras, o ativismo social é uma atividade reflexiva: conhecimento e perícia informam e determinam a condução da

² Assumimos aqui uma noção de justiça como virtude que, conforme Comparato (2016, p.529), “é uma virtude voltada inteiramente para os outros e não para o próprio sujeito”, sendo necessário para manifestar essa virtude que o sujeito entenda o mundo e seu papel nele: “cada qual deve cumprir, na sociedade, a função que lhe incumbe [...] a justiça proporcional parte da desigualdade de fato entre os cidadãos, para estabelecer a igualdade de direito” (COMPARATO, 2016, p.531), sendo aqui a desigualdade considerada não apenas entre cidadãos, mas também levando em conta outros seres vivos e ecossistemas. Por fim, a justiça humana é ativa e refletida com base na moral: “O homem justo é aquele que, além de não cometer injustiças, pratica ações justas” (COMPARATO, 2016, p.532); “a virtude da justiça tende sempre a alcançar um certo estado de equilíbrio, longe de todo excesso [...] e sua realização... pressupõe, necessariamente, um constante sopesamento [(distribuição)] de valores” (COMPARATO, 2016, p.533). Nesse caso, uma sociedade mais justa é composta de sujeitos que possuem e manifestam essa virtude da justiça.

atividade e, simultaneamente, o envolvimento em ações (e reflexão crítica sobre elas) refina o conhecimento e aguça a perícia (HODSON, 2018, p. 49).

A estimulação do aprendizado e da participação através da experiência nos remete a uma condição definida por Freire (2002, p. 13) como *curiosidade epistemológica*. Relacionada à ideia de que o ser humano é ontologicamente curioso, essa condição desenvolve-se à medida em que o/a educando/educanda vai descobrindo as verdadeiras inter-relações do objeto cognoscível, tornando, dessa forma, seu aprendizado e sua compreensão sobre o objeto mais críticos. Em termos de motivação, ao se partir de contextos social e pessoalmente relevantes estimula-se a participação do/a educando/educanda na ação educativa (REIS, 2013; SOLINO; GEHLEN, 2015; BENCZE *et al.*, 2018; SARMENTO *et al.*, 2019) e se fornece elementos para construção de “uma compreensão pessoalmente relevante, significativa e importante” (HODSON, 2011, p. 36, *tradução nossa*).

Tanto para Hodson (2010, 2011, 2018), quanto para Paulo Freire, a finalidade social da educação é a formação crítica dos/das educandos/educandas no sentido do aprofundamento da compreensão das questões da realidade, situadas em sua trama contextual, tendo a reflexão como fio condutor do aprendizado e da compreensão profunda dessas questões e como condição *sine qua non* para a ação transformadora e responsável. Os dois autores propõem que a relação do/a educando/educanda com o objeto de estudo, do qual ele/ela também é parte, seja orientada pelo princípio da *reflexão-ação (práxis autêntica* para Freire) e mediada pela problematização investigativa. Espera-se, então, que ações educativas, decorrentes de uma proposta de educação científica orientada por essa perspectiva, incluam o diálogo, enquanto relação horizontal, como elemento mediador das relações interpessoais entre os sujeitos participantes, uma vez que, sob a perspectiva da *ontologia humana de Freire*, não é possível ao ser humano, enquanto *ser de relações e inacabado*, comunicar-se com o mundo e produzir conhecimento sobre a realidade se não for por meio do diálogo. O diálogo é o “encontro dos homens, mediatizados pelo mundo, para pronunciá-lo, não se esgotando, portanto, na relação eu-tu”. (FREIRE, 1987, p. 45)

A partir do que foi exposto no parágrafo anterior buscamos analisar como a categoria diálogo aparece nas publicações de Hodson (2010, 2011, 2018) analisadas neste tópico. Tomou-se como ponto de partida para a referida análise um trecho em que Hodson (2010, p. 201, *tradução nossa*) explicita os compromissos que embasam sua proposta de currículo de quatro estágios:

O currículo que estou defendendo aqui está firmemente enraizado no compromisso de rejeitar ações que são meramente convenientes, expeditas ou unicamente em nossos próprios interesses em favor de uma consideração cuidadosa e crítica do que é bom, justo e honrado. É impulsionado por um profundo compromisso com a educação antidiscriminatória; Isto é, expondo as raízes comuns do sexismo, do racismo, da homofobia, do eurocentrismo e do Nortismo na tendência de dicotomizar e gerar um

sentido de outro; Trabalhando ativamente para enfrentar a mentalidade "nós e eles" que invariavelmente nos vê como a norma, o desejável e o superior. Culmina no compromisso com a crença de que as vozes alternativas podem e devem ser ouvidas para que as decisões na ciência e na tecnologia reflitam sabedoria e justiça, em vez de poderosos interesses seccionais.

Para efeito de análise, destacou-se da transcrição acima o compromisso assumido por Hodson com a educação antidiscriminatória e com a crença de que as vozes alternativas devem ser ouvidas. Comprometer-se com uma educação antidiscriminatória, considerando a perspectiva apresentada pelo autor, significa pensar a educação pela ótica da democratização, da inclusão e do respeito às diversas formas de ser do ser humano e à sua diversidade cultural. Consequentemente, significa acolher dos diversos sujeitos participantes da ação educativa suas várias formas de significar e interpretar o mundo, sua diversidade de leituras da realidade e de posicionamentos para tomada de decisão, dialogando com essas formas, sem perder de vista o conhecimento científico.

Tomando-se como referência o pensamento político-pedagógico de Paulo Freire, depreende-se que o verdadeiro acolhimento de tal diversidade no contexto de uma prática educativa focada na ação sociopolítica, comprometida com a clarificação de valores e a construção de uma sociedade democrática mais justa e estilos de vida ambientalmente mais sustentáveis, requer o exercício do verdadeiro diálogo; o diálogo enquanto relação horizontal entre os sujeitos participantes, principalmente entre educadores/educadoras e educandos/educandas, sendo incorporado na prática educativa (ZAUITH; HAYASHI, 2013; SOUZA; CHAPANI, 2013; SOLINO; GEHLEN, 2015; BENCZE *et. al.*, 2018; HODSON, 2018; SARMENTO *et al.*, 2019; RODRIGUES, 2019).

Hodson (2018) faz alusão à importância do diálogo para o desenvolvimento da habilidade de argumentação dos/das educandos/educandas e da coragem para o compromisso social, quando discute o papel do/da educador/educadora na mediação das discussões sobre os pressupostos associados às posições assumidas pelos/pelas educandos/educandas diante de uma questão controversa. O autor fala da importância que estes/estas profissionais³ têm como mediadores do encorajamento dos/das educandos/educandas para desafiarem, discutirem e debaterem tais pressupostos, situações que pressupõem a prática do diálogo.

Considerando o compromisso assumido pelo autor com a educação antidiscriminatória e com a crença de que as vozes alternativas devem ser ouvidas, é possível pressupor se tratar de uma prática dialógica conceitualmente mais próxima do que mais distante da concepção de relação dialógica presente no pensamento político-pedagógico de Paulo Freire. A partir dessas

³ Para assumir esse compromisso, vários trabalhos tratam de requisitos para uma formação docente adequada. Por exemplo, Lacerda; Strieder (2019), Fonseca et al. (2019) e Nascimento; von Linsingen (2006) recomendam ações para desenvolver a autonomia docente, a partir de processos formativos que integrem pressupostos freirianos e de educação CTSA crítica.

oportunidades de reconhecimento e ampliação de pontos de vista, pode-se perceber contradições e silenciamentos inerentes ao sistema hegemônico, presentes na própria ciência-tecnologia e seus produtos, sendo, desse modo, uma etapa importante no processo de superação das desigualdades sociais (BENCZE *et. al.*, 2018; 2019; RODRIGUES, 2019; FONSECA, 2019). Outras situações que também pressupõem a incorporação da prática dialógica na proposta de educação científica defendida por Hodson (2018) foram analisadas, encontrando-se várias passagens em que o autor se refere ao trabalho em equipe, enfatizando a ação coletiva, compartilhada e cooperativa.

Zeidler e Nichols (2009), Mueller e Zeidler (2010), Karisan e Zeidler (2017) ancoram sua proposta de ensino baseado em QSC na linha da alfabetização científica funcional (*functional scientific literacy*) e no paradigma ecojustiça, uma vez que apoiam ações, no campo educacional, visando o bem-estar de comunidades humanas juntamente com ecossistemas naturais (MUELLER; ZEIDLER, 2010). A primeira compreende que a ciência é uma atividade social e busca capacitar o/a educando/educanda a utilizá-la como método de investigação das questões da realidade, comprometendo-se com os aspectos éticos e morais das ciências e com o crescimento moral, psicológico, social e emotivo do/a educando/educanda (ZEIDLER; KEEFER, 2003), dentro de um currículo interdisciplinar que inclui o envolvimento constante com questões morais e éticas e conceitos morais e científicos, preparando-os/preparando-as para as experiências sociais presentes e futuras. O paradigma ecojustiça, apoiado no ecocentrismo, fundamenta-se na ideia da existência de uma relação holística entre as formas vivas e não vivas da Terra, conectadas, por sua vez, ao meio (MUELLER; ZEIDLER, 2010). Desse modo, a formação do estudante ancora tanto elementos do biocentrismo quanto do ecocentrismo.

A análise dos textos citados no parágrafo acima pôs em evidência a existência de uma proposta de educação científica bastante focada no desenvolvimento do pensamento crítico, no desenvolvimento moral e intelectual do/da educando/educanda e do seu senso de justiça (MUELLER; ZEIDLER, 2010), visando torná-lo/torná-la apto/apta a tomar decisões informadas para participarem ativamente das escolhas da vida cotidiana, tornando-se ativistas em seu próprio aprendizado (MUELLER; ZEIDLER, 2010). Propõe-se a participação ativa dos/das educandos/educandas em situações de diálogo, discussão, debate e argumentação envolvendo QSC, objetivando-se o desenvolvimento do pensamento crítico, do raciocínio moral e da reflexão, oferecendo-lhes oportunidades para desafiar seus sistemas de crenças pessoais e a partir deles alcançarem outras formas de conhecimento, inclusive o conhecimento científico e da natureza da ciência.

Sob a perspectiva do paradigma ecojustiça, Mueller e Zeidler (2010) visualizam três implicações decorrentes da utilização de QSC. Em primeiro lugar, propõem focar a ação

educativa na comunidade à qual os/as educandos/educandas pertencem, nas suas rotinas diárias, sendo, desse modo, uma ação predominante com o contexto do cotidiano escolar. Em segundo lugar, é preciso superar a educação científica limitada à sala de aula, avançando para além dos muros da escola no sentido da interação com o contexto social através de ações ativistas, isto é, uma maior interação entre a comunidade escolar e os movimentos sociais locais (BENCZE *et al.*, 2018; 2019). Por último, os/as educandos/educandas precisam se envolver na problematização de situações locais para os quais devem buscar e apresentar soluções, sendo possível desenvolver capacidades de percepção da amplitude dos problemas socioambientais, de aplicação de conhecimentos e técnicas aprendidos, de reflexão ética sobre aspectos envolvidos, de comunicação com diferentes atores sociais, e de envolvimento coletivo em ações sociopolíticas (REIS, 2013; MARTÍNEZ PÉREZ; PARGA LOZANO, 2013; HODSON, 2011; 2018; MARQUES; REIS, 2018; BENCZE *et al.*, 2018; 2019).

Depreende-se, então, que o envolvimento ativo dos/das educandos/educandas na análise e na compreensão crítica de uma QSC, considerando os vários aspectos ou dimensões dessas questões, os coloca em situação de questionamento investigativo, de visualização e compreensão das relações internas e externas do objeto de estudo, possibilitando a ampliação da sua capacidade de percepção dessas interrelações, sem a qual não seria possível atingir uma compreensão mais profunda da realidade e avançar no sentido da superação da consciência ingênua e da ação transformadora (SANTOS, 2009; CARVALHO; CARVALHO, 2012; MARTÍNEZ PÉREZ, 2012; MARQUES; REIS, 2018; CONRADO *et al.*, 2019).

A abordagem problematizadora de uma QSC no âmbito da proposta de educação científica que está sendo analisada também inclui o trabalho coletivo por meio do debate e da discussão. O necessário exercício do debate e da discussão, quando se lida com QSC, pressupõe o exercício do diálogo, já que, de acordo com o pensamento político-pedagógico de Paulo Freire, não é possível ao ser humano comunicar-se se não através do diálogo, considerando sua condição ontológica de *ser inacabado e de relações*. Dessa forma, depreende-se que sem comunicação não haverá debate nem discussão e, por consequência, não haverá diálogo.

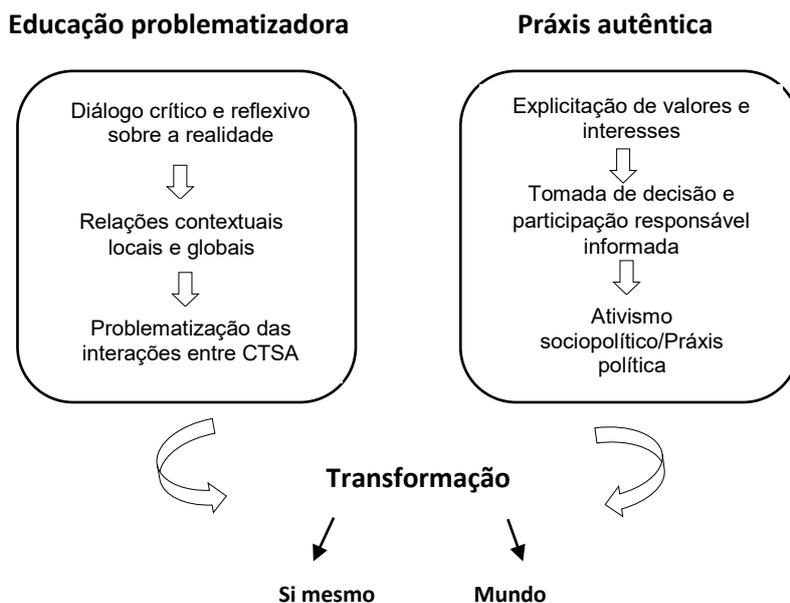
O diálogo enquanto relação horizontal também está presente no tipo de educação científica defendida por Zeidler e Nichols (2009), Mueller e Zeidler (2010), Karisan e Zeidler (2017), uma vez que sua dimensão metodológica contém elementos de humanização das relações interpessoais compatíveis com a instalação de condições favoráveis ao estabelecimento desse tipo de diálogo, tais como a democratização das práticas grupais, a tolerância e o respeito mútuo.

A participação ativa nas decisões da vida cotidiana, uma das finalidades da educação científica defendida por Zeidler e Nichols (2009), Mueller e Zeidler (2010), Karisan e Zeidler (2017), quando analisada sob a perspectiva do paradigma ecojustiça aparece sob a forma de ativismo: “Não é apenas desejável, mas necessário que os alunos possam se tornar mais plenamente informados para participar das escolhas da vida cotidiana e se tornarem ‘ativistas’ em seu próprio aprendizado” (MUELLER; ZEIDLER, 2010, p. 125, *tradução nossa*). Tornar-se ativista em seu próprio aprendizado significa adquirir conhecimento e aprender a partir do engajamento em estudos de problemas locais, da compreensão profunda das questões sociocientíficas, da reflexão sobre princípios e valores morais envolvidos e de ações individuais e coletivas decorrentes dessa compreensão ampliada (MARQUES; REIS, 2018; BENCZE *et al.*, 2018; 2019; SARMENTO *et al.*, 2019).

Essa relação entre conhecimento, aprendizado e ação nos remete mais uma vez ao referencial freiriano. Na concepção problematizadora e libertadora de educação proposta por Freire, a ação transformadora da realidade exige sua compreensão profunda como condição para o desenvolvimento da consciência crítica e do verdadeiro conhecimento, sendo construídos no processo mesmo de transformação da realidade, ou seja, em situação de *práxis* autêntica (ação-reflexão-ação), estabelecendo-se, dessa forma, mais um ponto de aproximação da forma de educação científica proposta por Zeidler e Nichols (2009), Mueller e Zeidler (2010), Karisan e Zeidler (2017) à educação problematizadora e libertadora defendida por Paulo Freire.

Portanto, a partir das discussões nesta seção, podem ser estabelecidos alguns pontos de convergência dessas três abordagens, em torno da educação problematizadora e da *práxis* autêntica, visando transformações individuais e coletivas, que são fatores fundamentais da educação crítica, como pode ser visualizado na figura 3.

Figura 3 – Síntese dos elementos em comum que integram a pedagogia libertadora com a educação CTSA crítica e o ensino baseado em QSC para a justiça socioambiental



Fonte: os autores.

Nesse sentido, elementos de problematização e de *práxis* autêntica na educação científica se fazem presentes nas abordagens educacionais críticas CTSA e QSC, a partir do estabelecimento de reflexões, diálogos e tomadas de decisão, tendo ambas as abordagens o objetivo de formação de sujeitos capazes de refletir e transformar a si mesmos e ao mundo em que vivem, no processo de realização de ações em direção à cada vez maior justiça socioambiental.

Considerações finais

O presente artigo consistiu em um estudo predominantemente teórico sobre aproximações entre a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), a utilização de questões sociocientíficas (QSC) no ensino de ciências, de um lado, e a pedagogia libertadora de Paulo Freire, de outro lado. Isoladamente, os temas da educação CTSA ou das QSC, e a pedagogia de Paulo Freire, têm sido muito investigados pela comunidade de educação em ciências, no Brasil e no exterior. Entretanto, a relação entre os dois campos ainda carece de mais reflexões e estudos, merecendo mais trabalhos. O presente texto pretende, portanto, ser uma contribuição para o preenchimento dessa lacuna.

Percebeu-se que, de maneira geral, as linhas de educação científica aqui analisadas sob a perspectiva da aproximação à proposta de educação libertadora e problematizadora de Paulo Freire, defendem um tipo de educação preocupada com a formação crítica dos seres humanos, visando o aprofundamento da compreensão das relações causais e circunstanciais de questões da realidade, a democratização da participação de cidadãos/cidadãs na tomada de decisão

sobre questões sociais e/ou ambientais relevantes e a ação transformadora informada e responsável, tomando a realidade como ponto de partida e sua problematização como um instrumento de análise e investigação, incorporando o princípio da *reflexão-ação (práxis autêntica* para Freire) como elemento mediador necessário à construção do conhecimento, à compreensão profunda da realidade e à ação transformadora. Assume-se também que essas linhas de educação científica incorporam uma concepção ontológica do ser humano compatível com a ontologia humana adotada por Freire. Outro elemento de aproximação, visivelmente presente na pedagogia freiriana e nas linhas/vertentes analisadas sobre ensino baseado em QSC, é a preocupação com o desenvolvimento ético-moral e emocional dos/das educandos/educandas como um dos princípios fundadores de sua formação humana e crítica.

Acredita-se, portanto, que as linhas de educação científica aqui analisadas, ao se aproximarem, dessa forma, à concepção libertadora e problematizadora de Paulo Freire, são apropriadas para comporem currículos de educação científica crítica fundamentados no pensamento político-pedagógico freiriano e, conseqüentemente, em sua pedagogia problematizadora e libertadora. Nesse sentido, espera-se que o presente artigo possa contribuir para inspirar e orientar docentes e pesquisadores que busquem, a partir da educação crítica no ensino de ciências, promover uma formação humanizadora de cidadãos capazes de agir em direção à maior justiça socioambiental.

Referências

ANDRADE, M. A. S.; ALMEIDA, R. O. Diálogos entre a abordagem de questões sociocientíficas sob o enfoque ciência, tecnologia, sociedade e ambiente e a pedagogia freireana: reinventando Paulo Freire no contexto da formação de professores de ciências. In: CONGRESSO INTERNACIONAL PAULO FREIRE: O LEGADO GLOBAL, 2., 2018, Belo Horizonte. *Anais [...]*. Belo Horizonte, MG: Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

AULER, D. Articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e do movimento CTS: Novos caminhos para a educação em ciências. *Contexto & Educação*, Ano 22, n. 77, p. 167-188, 2007a.

AULER, D. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: Pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*, vol. 1, número especial, 2007b.

AULER, D; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 03, n. o 1, 2001

BENCZE, L.; EL HALWANY, S.; KRSTOVIC, M.; MILANOVIC, M.; PHILLIPS, C.; ZOUDA, M. Estudantes agindo para abordar danos pessoais, sociais; ambientais relacionados à ciência e à tecnologia. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Orgs.). *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EDUFBA, p. 515-562, 2018.

BENCZE, L.; EL HALWANY, S.; MILANOVIC, M.; QURESHI, N.; ZOUDA, M. Roadblocks to critical and active civic engagement in/through school science: stories from the field. Bloqueios ao engajamento cívico crítico e ativo na/através da Ciência Escolar: Histórias do Campo. *Educação e Fronteiras*, Dourados, v. 9, n. 25, p. 47-70, abr. 2019. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/educacao/article/view/11010/5527>. Acesso em: 02 jan. 2021. doi:<https://doi.org/10.30612/eduf.v9i25.11010>.

CARVALHO, L. M. O.; CARVALHO, W. L. P. (orgs). *Formação de Professores e Questões Sociocientíficas no ensino de ciências*. São Paulo: Escrituras, 2012.

CHABALGOITY, D. *A construção da ontologia do oprimido - Estudo do pensamento filosófico em Paulo Freire*. Tese de Doutorado em Educação - Universidade Federal Fluminense, Niteroi, 2014.

COMPARATO, F. K. *Ética: direito, moral e religião no mundo moderno*. 3.ed.rev. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

CONRADO, D. M.; CONRADO, I. S. Análise Crítica do Discurso sobre Imagens da Ciência e da Tecnologia em Argumentos de Estudantes de Biologia. *Revista Pesquisa Qualitativa*, v. 4, n. 5, p. 218-231, 2016.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. (orgs.) *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: UFBA, 2018.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Como abordar questões sociocientíficas na sala de aula: a estratégia didática de cinco fases para o ensino de ciências. *Indagatio Didactica*, v. 11, n. 2, p. 915-928, 2019.

CORTELLA, M. S. *Educação, convivência e ética: audácia e esperança*. São Paulo Cortez 2015.

DIONOR, G. A.; CONRADO, D. M.; MARTINS, L.; NUNES-NETO, N. F. Avaliando Propostas de Ensino Baseadas em Questões Sociocientíficas: Reflexões e Perspectivas para Ciências no Ensino Fundamental. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)*. v.20, p. 429-464, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u429464> Acesso em: 12 fev. 2021.

FONSECA, E. M.; LINDEMANN, R. H. ; DUSO, L. Práticas educativas pautadas por temas FREIRE-CTS: indicativos de pesquisas em educação em ciências. *Revista Ciências & Ideias*, v.10, n.3, p. 136-151, 2019.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 17ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia – Saberes necessários à prática educativa*. 25ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002. Coleção Leitura.

FREIRE, A. M. A. Inédito viável. In: STRECK, D. N.; REDIN, E.; ZITKOSKI, J. J. (Orgs.). *Dicionário Paulo Freire*. 2ª ed. rev. ampl. Belo Horizonte: Autêntica, p. 223 – 226, 2010.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, Bauru, v.7, n.2, p.125-153, 2001. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/DyqhTY3fY5wKhzFw6jD6HFJ/?format=pdf&lang=pt>
Acesso em: 02 fev. 2021.

HODSON, D. Science Education as a Call to Action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10:3, p. 197-206, 2010.

HODSON, D. *Looking to the Future: Building a Curriculum for Social Activism*. Rotterdam: Sense Publishers, 2011.

HODSON, D. Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas. In: CONRADO, D. M.;

NUNES-NETO, N. (Org.). *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EDUFBA, p. 27-57, 2018.

KARISAN, D.; ZEIDLER, D. L. Contextualization of Nature of Science Within the Socioscientific Issues Framework: A Review of Research. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, v. 5, n. 2, p. 139-152, 2017.

LACERDA, N. O. S.; STRIEDER, R. B. Educação CTS e formação de professores: dimensões a serem contempladas a partir do modelo crítico-transformador. *Educação e Fronteiras*, Dourados, v. 9, n. 25, p. 110-126, abr. 2019. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/educacao/article/view/11015/5530>. Acesso em: 02 jan. 2021. doi:<https://doi.org/10.30612/eduf.v9i25.11015>.

LEVINSON, R. Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socioscientific Issues. *International Journal of Science Education*, v.28, n.10, p.1201-1224, 2006.

MARQUES, R.; REIS, P. O desenvolvimento de exposições científicas como estratégia de ativismo em contexto escolar. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Orgs.). *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EDUFBA, p. 491-514, 2018.

MARTÍNEZ PÉREZ, L. F. *Questões sociocientíficas na prática docente: ideologia, autonomia e formação de professores*. São Paulo: Unesp, 2012.

MARTÍNEZ PÉREZ, L. F.; PARGA LOZANO, D. L. La emergencia de las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSA. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v.8, n.1, p.23-35, 2013.

MELO, P. N. *Avaliação de uma sequência didática com questão sociocientífica na educação CTSA, sob a perspectiva da pedagogia libertadora de Paulo Freire para o ensino de Biologia do nível médio*. 2021. 284 f.: il. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências – Universidade Federal da Bahia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2021.

MUELLER, M. P.; ZEIDLER, D. L. Moral–Ethical Character and Science Education: EcoJustice Ethics Through Socioscientific Issues (SSI). In: TIPPINS, D. J.; MUELLER, M. P.; VAN EIJCK, M.; ADAMS, J. D. (Org.). *Cultural studies and environmentalism - The confluence of ecoJustice place-based (Science) education, and indigenous knowledge Systems*. Springer, 2010. p. 105-128.

MÜHL. E. H. Problematização. In: STRECK, D. N.; REDIN, E.; ZITKOSKI, J. J. (Org.). *Dicionário Paulo Freire*. 2. ed. rev. ampl. Belo Horizonte: Autêntica, p. 328-330, 2010.

NASCIMENTO, T.G; VON LINSINGEN, I. Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire com base para o ensino de ciências. *Convergencia*, México, v.13, p.95-116, 2006.

NUNES-NETO, N. F.; CONRADO, D. M. Ensinando Ética. *Educação em Revista* (UFMG), v. 37, n 1. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-469824578>, p. 1-28. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/edrevista/article/view/24578/27861>. Acesso em: 07 dez. 2023.

PEDRETTI, E.; NAZIR, J. Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. *Science Education*, n. 95, p. 601–626, 2011.

REIS, P. Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de Cidadania. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*. v.3, n.1, p.1-10, 2013.

RODRIGUES, V. A. B.; LINSINGEN, I. V.; CASSIANI, S. Formação cidadã na educação científica e tecnológica: olhares críticos e decoloniais para as abordagens CTS. *Educação e Fronteiras*, Dourados, v. 9, n. 25, p. 71-91, 2019. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/educacao/article/view/11012/5528>. Acesso em: 02 jan. 2021. doi:<https://doi.org/10.30612/eduf.v9i25.11012>.

SANTOS, H. P.; MARTINS, J. B. O cientificismo como obstáculo à compreensão ético-política da Psicologia. *Psicologia: Ciência e Profissão*. v. 33, n. spe, pp. 42-53, 2013.

SANTOS, W. L. P. Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino de CTS. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*. UFSC, Florianópolis, v.1 n1, p.109-131, mar., 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37426/28747>. Acesso em: 02 jan. 2021.

SANTOS, W. L. P. Scientific literacy: a Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. *Science Education*, v.93, n.2, p.361-382, 2009.

SANTOS, W.L.P.; ALMEIDA E SILVA, K.M.; SILVA, S. M. B da. Perspectivas e desafios de estudos de QSC na educação científica brasileira. In: CONRADO, D.M.; NUNES-NETO, N. *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EDUFBA, 2018, pp. 427-451. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9788523220174.0021>. Acesso em: 02 jan. 2021.

SARMENTO, A. C. de H.; MUNIZ, C. R. R.; GUIMARÃES, A. P. M.; NUNES-NETO, N. F. Princípios de design para um ensino de Ciências contextualizado pelas relações entre ciência-tecnologia-sociedade-ambiente. *Educação e Fronteiras*, Dourados, v. 9, n. 25, p. 183-207, abr. 2019. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/educacao/article/view/11101/5545>. Acesso em: 02 jan. 2021. doi:<https://doi.org/10.30612/eduf.v9i25.11101>.

SCOCUGLIA, A. C. *A História das Idéias de Paulo Freire e a Atual Crise de Paradigmas*. 2ª ed. João Pessoa: Editora Universitária – UFB, 1999.

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. O papel da problematização freireana em aulas de ciências/física: articulações entre a abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação. *Ciência & Educação*. v.21, n.4, pp.911-930, 2015.

SOUZA, A. L.; CHAPANI, D. T. Teoria crítica de Paulo Freire, formação docente e o ensino de ciências nos anos iniciais de escolaridade. *Revista Lusófona de Educação*, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, n. 25, pp. 119-133, 2013.

ZAUITH, G.; HAYASHI, M. C. P. I. A influência de Paulo Freire no ensino de ciências e na educação CTS: uma análise bibliométrica. *Revista HISTEDBR On-line*, v. 13, n. 49, p. 267–293, 2013. DOI: 10.20396/rho.v13i49.8640332. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8640332>. Acesso em: 22 jan. 2021.

ZEIDLER, D. L.; KEEFER, M. The role of moral reasoning and the status of socioscientific issues in science education. In: ZEIDLER, D. L. (ed.). *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003.

ZEIDLER, D. L.; NICHOLS, B. H. Socioscientific Issues: Theory and Practice. *Journal of Elementary Science Education*, v. 21, n. 2, p. 49-58, 2009

SOBRE OS AUTORES

PEDRO NASCIMENTO MELO. Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Católica do Salvador (UCSAL), com especialização em Metodologia e Didática do Ensino Superior pela UCSAL, mestrado em Ecologia e Biomonitoramento pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e doutorado em Filosofia, História e Ensino de Ciências pela (UFBA) com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB). Atuou como Professor da rede pública estadual da Bahia e da UCSAL até 2009. Atuou também na formação continuada de professores de educação básica de várias redes municipais do estado a Bahia. Ocupa o cargo de professor Adjunto no Curso de Licenciatura em Biologia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, com ingresso em 2009, onde atua como coordenador do PIBID-Biologia e coordenador de área de Conhecimento, tendo ocupado também o cargo de coordenador do Curso de Licenciatura em Biologia. Tem experiência em pesquisa e extensão sobre biologia e ecologia de abelhas e, atualmente, desenvolve estudos na linha da educação crítica para o ensino das Ciências sob a perspectiva da articulação entre a pedagogia freiriana, a perspectiva CTSA e o ensino das Ciências com utilização de questões sociocientíficas.

DÁLIA MELISSA CONRADO. Bacharel em Ciências Biológicas (Universidade Estadual de Maringá – UEM-PR). Licenciada em Biologia (Faculdade de Ciências da Bahia – FACIBA-BA). Mestre e Doutora em Ecologia (PPGECOBIO – UFBA). Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC – UFBA/UEFS-BA). Em 2015, realizou Pós-doutorado na Universidade do País Basco (UPV, Espanha). Atualmente, é Professora Visitante do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECMat) e Professora Colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGEDU) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD-MS). Pesquisadora do Instituto de Ciência e Tecnologia em Estudos Inter e Transdisciplinares em Ecologia e Evolução (INCT IN-TREE – UFBA-BA), Brasil. Atua nas áreas: ensino de ciências; ética ambiental; educação em saúde.

NEI NUNES-NETO. Biólogo. Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências (2008). Doutor em Ecologia (2013). Em 2015, realizou Pós-doutorado em Filosofia da Biologia na Universidade do País Basco (UPV, Espanha). Atualmente, é Professor Associado da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, da Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, MS. Professor Colaborador do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS, BA). Professor Permanente do Programa de

Pós-Graduação em Educação Científica e Matemática (UEMS, MS). Pesquisador do INCT IN-TREE (UFBA, BA), Brasil. Atua nas áreas: ensino de ciências; ética; filosofia da biologia; agroecologia.

NOTAS DE AUTORIA

Nome Completo: Pedro Nascimento Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3194-420X>

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas-BA, CEP: 44380000, Brasil. secad@ccaab.ufrb.edu.br

E-mail do autor: pedromelo@ufrb.edu.br

Nome Completo: Dália Melissa Conrado

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7955-2515>

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Dourados, MS, Brasil. CEP: 79825-070. ppgecmat@ufgd.edu.br

E-mail da autora: dalia.ufgd@gmail.com

Nome Completo: Nei de Freitas Nunes-Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8185-2007>

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Dourados, MS, Brasil. CEP: 79825-070. fcba.direcao@ufgd.edu.br

E-mail do autor: neinunesneto@ufgd.edu.br

Agradecimentos

Os autores agradecem a PPGEFHC (UFBA/UEFS, BA); PPGECMat (UFGD, MS); FUNDECT (MS); INCT IN-TREE (UFBA, BA), CCAAB (UFBA), CCAAB (UFRB).

Como citar esse artigo de acordo com as normas da ABNT

MELO, P. N.; CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. Aproximando pedagogia libertadora, educação CTSA crítica e ensino por QSC para ações sociopolíticas e socioambientais. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Florianópolis, v. 17, p. 1-27, 2024.

Contribuição de autoria

Pedro Nascimento Melo: concepção, coleta de dados e análise de dados, elaboração do manuscrito, redação, discussão de resultados, gestão do projeto.

Dália Melissa Conrado: análise formal, redação, discussão de resultados, revisão.

Nei Nunes-Neto: elaboração do manuscrito, redação, discussão de resultados, validação, supervisão.

Financiamento:

Não se aplica

Consentimento de uso de imagem:

Não se aplica

Aprovação de comitê de ética em pesquisa:

Não se aplica

Conflito de interesses:

Não se aplica

Licença de uso

Os/as autores/as cedem à Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution \(CC BY\) 4.0 International](#). Esta licença permite que terceiros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

Publisher

Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Publicação no [Portal de Periódicos UFSC](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus/suas autores/as, não representando, necessariamente, a opinião dos/as editores/as ou da universidade.

Histórico

Recebido: 05 de abril de 2023.

Revisado: 20 de fevereiro de 2024.

Aprovado: 07 de março de 2024.

Publicado: 31 de julho de 2024.