



## **Análise dos Focos da Aprendizagem Científica quanto ao seu enquadramento na orientação CTS/PC**

### **Analysis of the Focuses of Scientific Learning in terms of its framing in the STS/CT orientation**

### **Análisis del Enfoque del Aprendizaje Científico en términos de su encuadre en la guía CTS/PC**

**Gabriela Gonzaga Cher**

Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências e Educação Matemática  
Universidade Estadual de Londrina, Brasil  
gabicher@live.com  
<https://orcid.org/0000-0002-4273-4841>

**Sergio de Mello Arruda**

Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências e Educação Matemática  
Universidade Estadual de Londrina, Brasil  
sergioarruda@uel.br  
<https://orcid.org/0000-0002-4149-2182>

**Marinez Meneghello Passos**

Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências e Educação Matemática  
Universidade Estadual de Londrina, Brasil  
marinezmp@sercomtel.com.br  
<https://orcid.org/0000-0001-8856-5521>

#### **Resumo**

Este artigo se trata de um estudo teórico, o qual teve como objetivo tecer conexões e evidenciar pontos convergentes entre um instrumento avaliativo, intitulado Focos da Aprendizagem Científica (FAC) e a orientação Ciência-Tecnologia-Sociedade/Pensamento Crítico. A análise buscou identificar se os seis Focos da Aprendizagem Científica - interesse, conhecimento, reflexão, raciocínio, comunidade e identidade - são capazes de atuar como uma ferramenta avaliativa de indícios de aprendizagens científicas em materiais didático-pedagógicos fundamentados na orientação CTS/PC. Para isso, foram utilizados três critérios considerados fundamentais que esta orientação deve abarcar, segundo os estudos de Tenreiro-Vieira e Vieira, sendo eles: i) visão holística da Ciência; ii) educação cidadã e iii) abordagem de situações-problema. Os resultados indicaram que os FAC podem ser utilizados na verificação de evidências de aprendizagem científica a partir da orientação CTS/PC, no sentido de que possuem potencial para tal, uma vez que seus significantes conseguem contemplar os três critérios utilizados como



parâmetro para a análise, abrangendo os demais aspectos da aprendizagem, além dos conhecimentos científicos.

**Palavras-chave:** Focos da Aprendizagem Científica; Ciência-Tecnologia-Sociedade; Pensamento Crítico.

### Abstract

This article is a theoretical study, which aimed to weave connections and highlight converging points between an assessment instrument, entitled Focuses of Scientific Learning (FSL) and the Science-Technology-Society/Critical Thinking orientation. The analysis sought to identify whether the six Focuses of Scientific Learning - interest, knowledge, reflection, reasoning, community and identity - are capable of acting as an evaluation tool for evidence of scientific learning in teaching-pedagogical materials based on the STS/CT orientation. For this, three criteria considered fundamental were used, which this orientation must cover, according to the studies by Tenreiro-Vieira and Vieira, namely: i) holistic view of Science; ii) citizenship education and iii) approach to problem situations. The results indicated that the FSL can be used to verify evidence of scientific learning based on the STS/CT orientation, in the sense that they have the potential to do so, since their signifiers can contemplate the three criteria used as a parameter for the analysis, covering other aspects of learning, in addition to scientific knowledge.

**Keywords:** Focuses of Scientific Learning; Science-Technology-Society; Critical Thinking.

### Resumen

Este artículo es un estudio teórico, que tuvo como objetivo tejer conexiones y resaltar puntos convergentes entre un instrumento de evaluación, titulado Enfoques del Aprendizaje Científico (EAC) y la orientación Ciencia-Tecnología-Sociedad/Pensamiento Crítico. El análisis buscó identificar si los seis Enfoques del Aprendizaje Científico - interés, conocimiento, reflexión, razonamiento, comunidad e identidad - son capaces de actuar como instrumento para evaluar evidencias de aprendizaje científico en materiales didácticos-pedagógicos basados en la orientación CTS/PC. Para ello, se utilizaron tres criterios considerados fundamentales y que esta directriz debe abarcar, de acuerdo con los estudios de Tenreiro-Vieira y Vieira, a saber: i) visión holística de la Ciencia; ii) educación para la ciudadanía y iii) abordaje de situaciones problemáticas. Los resultados indicaron que los EAC pueden ser utilizados para verificar evidencias de aprendizaje científico con base en la orientación CTS/PC, en el sentido de que tienen potencial para hacerlo, ya que sus significantes pueden contemplar los tres criterios utilizados como parámetro para el análisis, abarcando otros aspectos del aprendizaje, además del conocimiento científico.

**Palabras-clave:** Enfoques del Aprendizaje Científico; Ciencia-Tecnología-Sociedad; Pensamiento crítico.

## Introdução

No processo educativo, a avaliação é um dos pontos que sempre esteve presente. Tradicionalmente, atribui-se uma nota - um valor numérico - ao desempenho dos estudantes por meio



de provas e testes. Nos últimos anos, esse tipo de avaliação, denominada de somativa, “que visa apenas a atribuição de notas ou a verificação do aproveitamento do aluno em um determinado conteúdo escolar” (Arruda et al., 2018), tem sido alvo de críticas por parte da comunidade escolar, uma vez que foca apenas no conteúdo, de forma pontual, sem levar em consideração os demais aspectos da aprendizagem, como o interesse (engajamento) e a reflexão.

Além disso, o ato de avaliar é algo complexo. Como podemos nos certificar de que realmente houve aprendizagem? E como podemos identificar tais aprendizagens? Partindo desses questionamentos, Arruda et al. (2018) entendem que a aprendizagem só pode ser identificada por meio de evidências ou indícios e que tais indícios são perceptíveis a partir de uma “mudança em sua relação com o saber” (Arruda et al., 2018).

Com base nessas compreensões, o Grupo de Pesquisa Educação em Ciências e Matemática da Universidade Estadual de Londrina (EDUCIM/UEL)<sup>1</sup> desenvolveu instrumentos intitulados Focos da Aprendizagem Científica (FAC), Focos da Aprendizagem Docente (FAD) e Focos da Aprendizagem para a Pesquisa (FAP), os quais têm como finalidade verificar indícios ou evidências de aprendizagem em diversos contextos (científico, docente e da pesquisa).

Ao longos dos últimos 10 anos, o grupo EDUCIM já publicou inúmeros artigos, dissertações e teses valendo-se dos Focos da Aprendizagem. Os FAC, mais especificamente, o qual nos centramos neste artigo, já foi utilizado na análise de dados, como categorias a priori, em oito artigos, sendo eles: Arruda et al. (2013), Fregolente et al. (2013), Fejolo et al. (2013), Pedro et al. (2015), Filgueira e Silva (2017), Corrêa et al. (2018), Filgueira et al. (2019), Arruda et al. (2019), duas dissertações, Fregolente (2012), Pedro (2014) e três teses, Teixeira (2018), Lima (2018) e Filgueira (2019).

Atualmente, esses instrumentos foram resumidos em um único conjunto, os Focos da Aprendizagem de um Saber (FAS) - saber científico, saber docente e saber da pesquisa - e representado por cinco significantes, sendo eles: interesse, saber, reflexão, comunidade e identidade. Esses focos têm sido utilizados nas pesquisas do grupo como categorias a priori para a análise de dados, cuja finalidade é identificar os indícios de aprendizagem em um determinado contexto (Arruda et al., 2018).

Tendo em vista a necessidade de construir materiais didático-pedagógicos, incluindo instrumentos avaliativos, que consigam avaliar de forma (mais) coerente as aprendizagens oriundas de um ensino pautado nos aspectos CTS/PC, levando em consideração, por exemplo, a reflexão, o raciocínio, a criticidade, elementos essenciais na prática científica, vislumbrou-se a possibilidade dos Focos da Aprendizagem Científica se configurarem como um instrumento capaz de avaliar tais aprendizagens, uma vez que engloba dimensões da aprendizagem científica que coadunam com os aspectos CTS/PC.

Portanto, o objetivo desta pesquisa é analisar o instrumento FAC quanto ao seu enquadramento nos aspectos CTS/PC. Para isso, utilizaremos como referencial teórico os trabalhos de Tenreiro-Vieira e Vieira, uma vez que os autores apresentam uma longa trajetória na construção de materiais didático-pedagógicos que envolvem tais aspectos, além da validação dos mesmos.

<sup>1</sup> A página oficial do grupo de pesquisa EDUCIM pode ser acessada em: [www.educim.com.br](http://www.educim.com.br).



## Contextualização teórica

As bases teóricas em que este artigo se fundamentou são: a Orientação CTS e o Pensamento Crítico. Portanto, a seguir, discutiremos cada uma delas e evidenciaremos como se conectam.

### Orientação Ciência-Tecnologia-Sociedade e Pensamento Crítico

A orientação CTS tem sua origem no final da década de 1970 e início dos anos 1980, e está relacionada ao agravamento das questões socioambientais provenientes dos avanços científico-tecnológicos. O uso acrítico de dispositivos e técnicas científico-tecnológicas, sem a devida discussão acerca dos seus benefícios e malefícios, ocasionou uma piora na qualidade de vida da população (poluição da terra, das águas e do ar, desmatamento) e o aumento de desigualdades sociais (acesso desigual às tecnologias de informação e comunicação, por exemplo). Esse cenário provocou uma mudança nos currículos escolares acerca do que devemos ensinar e aprender sobre Ciências. Os currículos começaram, então, a pensar os conteúdos científico-tecnológicos a partir de uma perspectiva da educação cidadã e da alfabetização científica (Santos & Mortimer, 2002).

A orientação CTS assumiu, ao longo dos anos, diversas compreensões e objetivos. Em um estudo que objetivou revisar tais compreensões, Ribeiro et al. (2023) evidenciou a polissemia do termo e suas diferentes interpretações e associações. Os autores explicam que, a orientação CTS quando denominada “movimento CTS” é caracterizada por algo mais amplo, que abarcou diferentes continentes, mas que tem suas especificidades de acordo com cada região.

Por exemplo, na Europa, a orientação CTS teve cunho humanístico em que intencionou trazer “discussões sobre o desenvolvimento científico-tecnológico como fruto de fatores sociais, políticos e econômicos, além de epistêmicos” (Ribeiro et al., 2023, p. 47). Já nos Estados Unidos e Canadá, a orientação CTS está atrelada às consequências ético-ambientais causadas pelos produtos da Ciência e da Tecnologia. Na América Latina, por sua vez, a orientação CTS, está voltada “para a discussão e criação de políticas públicas relacionadas ao avanço tecnocientífico, destinadas ao desenvolvimento regional, buscando autonomia nas suas bases tecnológicas” (Ribeiro et al., 2023, p. 47). Os autores ainda sustentam que a orientação CTS pode estar vinculada a outros referenciais teóricos, tais quais: Alfabetização Científica, Educação Ambiental, Questões Sociocientíficas (QSC) e Paulo Freire.

Neste artigo, assumimos a denominação “orientação CTS” uma vez que os referenciais teóricos basilares deste estudo utilizam tal designação. Já o termo “aspectos CTS/PC” é utilizado para se referir, principalmente, aos três aspectos estipulados para a análise do enquadramento dos FAC. No entendimento de Tenreiro-Vieira e Vieira (2016; 2019; 2020), a orientação CTS está vinculada à educação cidadã e à alfabetização científica. Enquanto a educação cidadã visa a participação dos cidadãos em debates públicos, tomadas de decisão e desenvolvimento de soluções alternativas para os problemas atuais que envolvam questões científico-tecnológicas, a alfabetização científica busca munir os cidadãos com conhecimentos científico-tecnológicos, os quais podem capacitar esses indivíduos a participarem de forma crítica e consciente em debates de questões dessa natureza.



A orientação CTS tem, portanto, o propósito de evidenciar as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e, para isso, exige que os(as) estudantes tenham uma visão da Ciência e da Tecnologia menos fragmentada, diferentemente de como ocorre com os conteúdos disciplinares. Compreender as conexões entre esses três campos é essencial para que se consiga pensar em atitudes voltadas para o exercício da cidadania, como a resolução de problemas socioambientais. A esse respeito, Tenreiro-Vieira e Vieira (2016) afirmam que o “pensamento interdisciplinar e globalizante é fundamental para a compreensão do mundo na sua globalidade e complexidade” (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2016, p. 147).

Em termos de estratégias e atividades sob a orientação CTS, os autores afirmam que a abordagem de questões e situações-problema de relevância social e dos interesses dos(as) estudantes permite uma visão mais holística, no sentido de integrada, da Ciência, da Tecnologia e da Sociedade, superando a aprendizagem de conteúdos e informações de modo fragmentado (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2016).

A educação cidadã e a alfabetização científica, as quais fundamentam a orientação CTS, vão além do ato de ensinar conhecimentos científico-tecnológicos. De acordo com os autores:

A orientação CTS para o ensino das ciências advoga a (re)construção de conhecimentos científicos e o desenvolvimento de atitudes e de capacidades de pensamento, incluindo de pensamento crítico, no contexto da abordagem de assuntos e da resolução de problemas sociais que envolvem a ciência e a tecnologia. Assim sendo, potencia o criar de condições para que tais aprendizagens se tornem úteis no dia a dia, não numa perspectiva meramente instrumental mas sim numa perspectiva de ação, tendo em consideração preocupações atuais de desenvolvimento sustentável. (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2016, p. 146)

Desse modo, podemos constatar que o PC se torna fundamental no que tange os aspectos CTS uma vez que demanda a mobilização de suas capacidades e atitudes para transformar as aprendizagens em ações, tais como as tomadas de decisão e resolução de problemas de caráter científico-tecnológico.

O Pensamento Crítico no âmbito educacional teve seu início nos anos 1980 por meio de uma série de publicações de artigos da Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD), os quais expuseram a necessidade de ensiná-lo aos estudantes. Dentre os artigos publicados, podemos citar: Nickerson (1981), Sternberg (1981), Paul (1984), Segal e Chipman (1984), Ennis (1985), Marzano e Arredondo (1986), Chambers (1988), Lipman (1988). Esses estudos também buscaram caracterizar e operacionalizar o Pensamento Crítico para que fosse possível abordá-lo pedagogicamente (Tenreiro-Vieira, 2000).

Existem diversas definições do PC na literatura, Ennis (1985), por exemplo, o define como uma atividade prática ou reflexiva, que tem como objetivo decidir no que acreditar, quando relacionado a uma crença, ou no que fazer, quando se trata de uma ação. Para esta atividade prática/reflexiva, Ennis (1985) afirma que precisamos desenvolver capacidades e disposições do PC, as quais estão dispostas sob a forma de uma taxonomia.

Nas capacidades, o autor inclui: identificar a questão principal de um problema; identificar razões; capacidade de exemplificar; inferir hipóteses; inferir conclusões; avaliar enunciados; utilizar fontes de



informação confiáveis; capacidade de generalizar etc. As disposições, por outro lado, dizem respeito às atitudes e valores que devemos cultivar para desenvolver o PC, dentre eles: respeitar a opinião alheia; estar bem-informado; ter uma visão holística dos problemas e ter abertura de espírito (Ennis, 1985).

Lipman (1988), por sua vez, relata que o PC “é um pensamento hábil e responsável, que facilita o bom senso porque (1) se baseia em critérios, (2) é autocorrigido e (3) sensível ao contexto” (Lipman, 1988, p. 39, tradução nossa). O autor relaciona o PC às operações de julgamento que estamos fazendo a todo momento, tanto em nossa vida profissional, quanto pessoal. Por isso, para defender nossas opiniões e os resultados de nossos julgamentos, o PC depende de critérios e argumentos bem fundamentados. De acordo com Lipman (1988), o PC está associado às capacidades de avaliar, classificar, apresentar hipóteses, inferir logicamente, estimar etc. (Lipman, 1988).

O PC apresenta particularidades que variam de acordo com o autor que o define, no entanto, podemos destacar alguns aspectos que, de forma geral, o caracterizam, por exemplo: a racionalidade, intencionalidade, avaliação e reflexão. Estes aspectos, por sua vez, estão estritamente conectados com a atividade científica.

As capacidades elencadas por Ennis (1985) e por Lipman (1988) revelam similaridades com a prática científica, como, avaliar argumentos e enunciados, inferir hipóteses e conclusões, capacidade de generalizar, estimar etc. e com os valores científicos, por exemplo, estar bem-informado, utilizar fontes críveis de informação, ouvir as opiniões alheias, olhar para o problema de forma abrangente, entre outros.

Sendo a compreensão acerca do funcionamento da atividade científica, uma das metas da orientação CTS, o PC representa um fator essencial para tal finalidade, já que possibilita o entendimento de como a Ciência se desenvolve por meio da mobilização de suas capacidades, atitudes e valores, os quais se assemelham com os da prática científica (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2019). Portanto, os aspectos CTS conciliados ao PC se tornam potencialmente promissoras em proporcionar aprendizagens mais adequadas no que concerne a atividade científico-tecnológica e suas implicações na sociedade, incluindo o meio ambiente.

## Encaminhamentos metodológicos

Este artigo se trata de um estudo teórico, desenvolvido no contexto da pesquisa qualitativa, em que objetivou-se encontrar pontos convergentes e produzir conexões entre um referencial teórico-metodológico, os FAC, e aspectos CTS/PC. Portanto, buscamos analisar se esse instrumento é capaz de identificar evidências de aprendizagens científicas condizentes com os aspectos CTS/PC.

Para a realização da análise a partir dos estudos de Tenreiro-Vieira e Vieira (2019; 2020; 2022), sintetizamos três aspectos CTS/PC elencados pelos autores como fundamentais, sendo eles: i) visão holística da Ciência; ii) exercício da cidadania e iii) abordagem de situações-problema. Esses aspectos, segundo os autores, “têm fundamentado o desenvolvimento (concepção, construção, implementação e avaliação) de propostas didáticas” (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2020, p. 476).

É importante ressaltar que os estudos dos autores supracitados buscam analisar e validar materiais didático-pedagógicos, atividades e estratégias de ensino quanto aos aspectos CTS/PC



incorporados. Neste estudo, no entanto, analisamos um instrumento de caráter avaliativo das aprendizagens, dessa forma, critérios estipulados pelos autores foram adaptados.

Os FAC, objeto deste artigo, constituem uma ferramenta conceitual utilizada como categorias a priori na identificação de evidências de aprendizagem científica e é composta por seis significantes: interesse, conhecimento, raciocínio, reflexão, comunidade e identidade. Assim, intencionou-se analisar se os seis significantes contemplam os três aspectos estipulados.

## Resultados e sua discussão

Neste tópico, exploramos e argumentamos acerca das convergências e conexões entre os FAC e os três aspectos CTS/PC estipulados previamente. Antes de realizarmos a aproximação teórica entre os FAC e os aspectos CTS/PC, apresentaremos a seguir os resultados de alguns artigos que utilizaram os FAC como instrumento de identificação de evidências de aprendizagem científica.

O primeiro artigo a utilizar os FAC como categorias de análise a priori, intitulado “O aprendizado científico no cotidiano” (Arruda et al., 2013), teve como objetivo analisar aprendizagens científicas no cotidiano por meio de diálogos de aprendizagem informal (DIAI) entre uma mãe (professora) e suas filhas (crianças) e entrevistas semiestruturadas com pessoas escolhidas de forma aleatória que estavam transitando em locais públicos.

Os resultados deste estudo revelaram a presença dos focos 1, 2, 3 e 4 - interesse, conhecimento científico, raciocínio científico e reflexão, respectivamente - nos DIAI entre mãe e filhas. Já nas entrevistas foram identificados todos os focos, com destaque para o foco 3, raciocínio científico. Acerca dos focos, os autores afirmam que se configuraram como um importante instrumento para detecção de aprendizagens que vão além das usualmente utilizadas nos sistemas de ensino. Além disso, argumentam com relação às aprendizagens científicas que:

[...] a partir dos focos, podemos compreendê-la não apenas como uma simples apropriação de um conteúdo, mas, também, como um processo em que aspectos importantes para a aprendizagem estão sendo implementados, tais como: o desenvolvimento do interesse pela ciência e da motivação para o aprendizado científico; a prática de um raciocínio sobre os processos naturais, semelhante ao científico; a apropriação de alguns termos da linguagem científica; a utilização de critérios para atribuição de validade ou plausibilidade para afirmações sobre o mundo natural; o desenvolvimento de uma identidade com pessoas que detêm algum saber sobre o mundo ou que detêm algum conhecimento científico etc. (Arruda et al., 2013, p. 496)

Na sequência, o estudo de Fejolo et al. (2013), “Aprendizagem Científica Informal no PIBID: identificando e interpretando os focos”, investigou a aprendizagem científica informal no contexto do Ensino Superior, no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID). Os participantes da investigação foram licenciandos(as) do curso de Física que faziam parte do PIBID, enquanto os dados coletados foram constituídos por filmagens das interações entre os(as)



estudantes no laboratório de espectroscopia, por essa razão, considerou-se as aprendizagens oriundas dos diálogos como informais. Os diálogos contidos nas gravações foram transcritos e interpretados a partir dos FAC.

Foi possível identificar nos dados analisados a presença dos seis focos, com variações na frequência de acordo com o estudante. Os autores também traçaram perfis de dois estudantes com base nos FAC e apreenderam que os estudantes apresentam semelhanças e diferenças com relação à frequência de cada um dos FAC, sendo um mais centrado nos focos 1, 3, e 5 e outro, 2, 3 e 5. O desenvolvimento dos perfis e sua posterior discussão com os estudantes analisados, segundo Fejolo et al. (2013), pode “contribuir com a construção da consciência de si, sobre a própria maneira de aprender; e desenvolver um tipo de autonomia que o permitirá escolher com base em sua própria maneira, aquilo que quer aprender” (Fejolo et al., 2013, p. 648).

O artigo, “Os Focos da Aprendizagem Científica: em busca de evidências da aprendizagem em uma atividade lúdica” (Filgueira & Silva, 2017), assim como o artigo supracitado, teve como objetivo a identificação de evidências de aprendizagem científica por meio de diálogos transcritos das filmagens das aulas. Neste caso, as aulas eram de Química e o tema “Energia”. Os participantes do estudo, por sua vez, foram 17 estudantes de um curso técnico (Ensino Médio) de uma instituição federal pública brasileira.

A análise dos resultados da aplicação da atividade lúdica utilizou os FAC como categorias a priori. Os autores identificaram a presença dos focos 1, 2 e 3 - interesse, conhecimento e raciocínio científico, com ênfase no foco 1, o qual foi aprofundado no estudo a partir das Fases do Interesse, desenvolvidas por Hidi e Renninger. Filgueira e Silva (2017) destacam que os FAC foram eficazes na identificação de evidências de aprendizagem científica e que se mostrou um instrumento capaz de avaliar outras dimensões da aprendizagem que vão além do conhecimento científico.

Por fim, trazemos o artigo “Estudantes do Ensino Médio e os Focos da Aprendizagem Científica: um possível mapeamento” (Corrêa et al., 2018), o qual investigou as percepções de estudantes do Ensino Médio acerca da própria aprendizagem. Os participantes foram estudantes de três turmas, de diferentes faixas etárias, de um instituto federal brasileiro. Já a coleta dos dados foi realizada por meio de mapas conceituais que foram interpretados por meio dos FAC. Corrêa et al. (2018) destacam-se na análise dos resultados, os focos 4 e 5, reflexão e comunidade, respectivamente.

Segundo os autores, “Os dados nos permitiram inferir que, pela percepção dos próprios estudantes, o processo de aprendizagem possui uma dinâmica e realiza um movimento que se origina no indivíduo, se apoia na sociedade e retorna para o indivíduo” (Corrêa et al., 2018, p. 164). Nesse sentido, a análise permitiu evidenciar e compreender a comunidade escolar - o instituto federal - como um elemento importante no processo de aprendizagem dos estudantes, permitindo que a instituição se conscientize do seu papel e promova aprendizagens mais efetivas.

A partir da exposição dos artigos, podemos observar que os FAC foram aplicados em diferentes contextos, informal e formal, e em diferentes níveis de ensino/escolaridade, por exemplo



com crianças, estudantes do Ensino Médio e Superior. Os dados analisados, por sua vez, se constituíram de diálogos e entrevistas transcritas e mapas conceituais, apresentando diversidade metodológica. No entanto, vale ressaltar, que não houve *intencionalidade* de abarcar nas aulas, de forma geral, e nos materiais didático-pedagógicos, atividades e estratégias de ensino, os aspectos CTS/PC.

Portanto, neste artigo, argumentamos que os FAC possuem potencialidade em se configurar como um instrumento avaliativo que é capaz de avaliar aprendizagens oriundas da orientação CTS/PC por meio da aproximação entre esses dois referenciais teóricos. A seguir, evidenciamos suas conexões e pontos convergentes, levando em consideração três aspectos CTS/PC designados fundamentais pelos referenciais nos quais nos embasamos.

### **i) visão holística da Ciência**

Um dos aspectos CTS/PC considerados fundamentais para os autores, é proporcionar uma visão integrada da Ciência. Isso significa abordar questões além das científicas e tecnológicas, por exemplo, discutir os fatores políticos, sociais, culturais, econômicos e ambientais que circundam o tema ou problema trabalhado, possibilitando uma compreensão globalizante da atividade científica.

De acordo com Tenreiro-Vieira e Vieira (2019), um dos objetivos da orientação CTS/PC é “fomentar a construção de uma visão holística e integradora da Ciência, alicerce de uma melhor compreensão das implicações sociais da Ciência e das relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade [...]” (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2019, p. 900). Assim, para analisar a capacidade de avaliação dos Focos da Aprendizagem Científica quanto à abordagem integral da Ciência, recorreremos à sua origem e ao seu processo de construção.

Esse instrumento se originou a partir de dois relatórios publicados em 2007 e 2009 pela National Research Council (NRC), instituição norte-americana de pesquisa. Os relatórios estipulam objetivos da aprendizagem científica baseando-se na proficiência científica (NRC, 2007; 2009). Segundo Arruda et al. (2018), a compreensão de proficiência científica dos relatórios se aproxima da alfabetização ou letramento científico, os quais englobam: saber, usar e interpretar explicações científicas do mundo natural; gerar e avaliar evidências e explicações científicas; entender a natureza e o desenvolvimento do conhecimento científico e participar produtivamente de práticas e discursos científicos (Arruda et al., 2018).

Vale ressaltar que os relatórios do NRC, os quais dão origem aos FAC, são voltados para a aprendizagem científica em ambientes informais. No entanto, no processo de adaptação dos relatórios para a construção dos FAC, houve uma ampliação da utilização dos FAC para ambientes formais e não-formais de aprendizagem em todos os níveis de ensino.

Logo, os FAC têm como um dos seus pilares teóricos a alfabetização científica, a qual preconiza uma aprendizagem que não esteja relacionada apenas ao conteúdo (conhecimentos, saberes) científicos. Isso pode ser evidenciado por meio dos seus significantes: interesse, conhecimento, raciocínio, reflexão, comunidade e identidade. Na Figura 1, apresentamos os seis FAC e suas respectivas descrições.



<p><b>Foco 1.</b> Desenvolvimento do interesse pela Ciência. Refere-se à motivação, ao envolvimento emocional, à curiosidade, à disposição de perseverar no aprendizado da Ciência e dos fenômenos naturais, que podem afetar a escolha de uma carreira científica, e levar ao aprendizado científico ao longo da vida.</p>
<p><b>Foco 2.</b> Compreensão do conhecimento científico. Atribuído ao aprendizado dos principais conceitos, explicações, argumentos, modelos, teorias e fatos científicos criados pela civilização para a compreensão do mundo natural.</p>
<p><b>Foco 3.</b> Envolvimento com o raciocínio científico. Perguntar, responder questões e avaliar as evidências são atividades centrais no fazer científico e para “navegar” com sucesso pela vida. A geração e a explicação de evidências são o centro da prática científica; cientistas, constantemente, estão redefinindo teorias e construindo novos modelos baseados na observação e dados experimentais.</p>
<p><b>Foco 4.</b> Reflexão sobre a natureza da Ciência. Foca no aprendizado da Ciência como um modo de conhecer e como um empreendimento social. Inclui uma apreciação de como o modo de pensar do cientista e as comunidades científicas evoluem com o tempo.</p>
<p><b>Foco 5.</b> Envolvimento com a prática científica. Foca em como o aprendiz, em ambientes formais e/ou informais, pode apreciar a maneira como os cientistas se comunicam no contexto do seu trabalho, bem como aprender a manejar a linguagem, ferramentas e normas científicas, na medida em que participam de atividades relacionadas à investigação científica.</p>
<p><b>Foco 6.</b> Identificação com o empreendimento científico. Foca em como o aprendiz vê a si mesmo com relação à Ciência, ou como as pessoas desenvolvem sua identidade como aprendiz da Ciência ou, mesmo, como cientistas. É relevante a um pequeno número de pessoas que, no curso de sua vida, vêm a se ver como cientistas, mas também à maioria das pessoas que não se tornarão cientistas.</p>

Figura 1. Descrição dos Focos da Aprendizagem Científica, adaptada de Arruda et al. (2013)

Podemos notar que o conhecimento é apenas um dos seis focos da aprendizagem científica. Assim como na alfabetização científica, os FAC abrangem outras dimensões da aprendizagem, como o interesse (engajamento), a reflexão, o raciocínio científico, a prática científica (comunidade) e a identidade. Por essa razão, os FAC são capazes de avaliar as aprendizagens científicas de forma mais compatível com o desenvolvimento da atividade científica, uma vez que engloba os demais aspectos que não somente o conteúdo.

Se tomarmos como exemplo a compreensão acerca do desenvolvimento da vacina para a doença COVID-19, perceberemos que demanda o entendimento do pensamento científico, englobando o raciocínio científico e como esse raciocínio é posto em prática pela comunidade científica.

Os focos raciocínio, prática e comunidade se aproximam do modo como a Ciência e a Tecnologia se desenvolvem. Esses focos estão relacionados a capacidades, como: a identificação de enunciados, critérios e normas, a avaliação de resultados e a inferência de explicações e conclusões, e atitudes e valores tais quais: permitir uma visão abrangente da situação, levando em consideração o todo e não só as partes do problema, ouvir e respeitar a opinião alheia e a abertura de espírito. Cabe também (re)conhecer as ferramentas científicas e os métodos utilizados pelos(as) cientistas durante o processo.

Ainda com base nesse exemplo, se o tema é abordado por meio da orientação CTS/PC, é salutar entender que o processo de fabricação da vacina não esteve atrelado apenas aos la-



boratórios e aos cientistas, mas que envolveu também questões políticas e econômicas, como a posição das autoridades diante da necessidade de compra e distribuição das vacinas e apoios financeiros, privados ou não, para que fosse possível a sua produção em larga escala e em um curto período. Essa visão holística sobre o problema pode ser atingida por meio da reflexão crítica sobre o papel da Ciência, ou seja, que não é alheia às necessidades da sociedade e aos contextos em que atua.

Assim, diante deste aspecto apontado por Tenreiro-Vieira e Vieira (2019; 2020; 2022), concluímos que os FAC são capazes de identificar aprendizagens científicas em uma visão holística da Ciência.

## ii) exercício da cidadania

O exercício da cidadania por meio da participação ativa em debates públicos, tomadas de decisão e proposição de soluções alternativas para os problemas que discorram sobre questões de caráter científico-tecnológico é um dos aspectos CTS/PC (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2019). Para que o exercício da cidadania seja possível, os(as) estudantes devem estar munidos de conhecimentos científico-tecnológicos e engajados em aprender tais conhecimentos. Além disso, é salutar que haja reflexão acerca desses conhecimentos para que sejam utilizados de forma crítica e consciente nos debates, tomadas de decisão e proposição de soluções.

Nesse sentido, os FAC interesse, conhecimento, reflexão e identidade vão ao encontro desse aspecto CTS/PC. O foco interesse relaciona-se com engajamento e motivação dos(as) estudantes pela Ciência e, conseqüentemente, por aprender Ciência. Ao encontro deste foco, um dos objetivos da orientação CTS é “suscitar a curiosidade, o interesse e o envolvimento dos estudantes, e da comunidade, em geral, na resolução de problemas, na discussão de questões societais controversas e na tomada de decisão responsável” (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2022, p. 145), dessa forma, o foco interesse revela-se capaz de contemplar esse aspecto.

É importante destacar que os FAC estão interligados e são interdependentes (Arruda et al., 2013), por isso, estar interessado/motivado em aprender Ciência está relacionado em aprender os próprios conhecimentos científicos. Estes conhecimentos estão englobados no foco conhecimento, que diz respeito à aprendizagem de teorias, modelos, conceitos e explicações científicas, conforme apontado na Figura 1.

A compreensão dos conhecimentos científico-tecnológicos permitirá que os(as) estudantes entendam a realidade a sua volta e, a partir de tais conhecimentos, possam transformar a realidade visando uma sociedade mais sustentável, justa e democrática (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2020). Paralelamente à necessidade de compreender os conhecimentos científico-tecnológicos, é essencial que os(as) estudantes reflitam sobre como utilizá-los de forma coerente e crítica, analisando e avaliando as vantagens e desvantagens das implicações da Ciência e da Tecnologia na sociedade. Logo, o foco reflexão também é requisitado na prática da cidadania.

Tomar decisões e propor soluções para os problemas acarretados pelo uso inadequado da Ciência e da Tecnologia exigem uma reflexão crítica acerca dos argumentos em que iremos nos



basear, as fontes de informação que consultaremos, além de outras inúmeras capacidades do Pensamento Crítico, como comparar, levantar hipóteses, inferir conclusões etc. Refletir criticamente exige uma tomada de consciência a respeito das atitudes e dos resultados ocasionados pela escolha de nossas ações. Assim, o foco reflexão também se conecta com o Pensamento Crítico. Segundo Tenreiro-Vieira e Vieira (2019):

O PC está estreitamente ligado ao exercício de uma cidadania responsável, no quadro de práticas democráticas, a propósito de questões científicas que afetam a humanidade e nas quais o público tem (deve ter) uma voz legítima, mediante, por exemplo, o questionar argumentos para diferentes posições, atendendo, nomeadamente, à validade da evidência e à credibilidade das fontes usadas na sua construção (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2019, p. 901).

Conectado aos focos já discutidos está o foco identidade. Nesse foco, o(a) estudante se identifica como aprendiz de Ciência e como um indivíduo que a utiliza para contribuir para a própria Ciência. Do ponto de vista do exercício da cidadania, a identificação como aprendiz de Ciência envolve contribuir para a sociedade, incluindo o meio ambiente, com atitudes voltadas para uma sociedade mais justa, sustentável, que busca uma melhoria na qualidade de vida das pessoas e a preservação ambiental, por exemplo.

A partir do exposto, podemos inferir que esse aspecto CTS/PC pode ser identificado de forma avaliativa pelos FAC em materiais didático-pedagógicos que são fundamentados nesta visão de ensino.

### iii) abordagem de situações-problema

O terceiro aspecto CTS/PC é a abordagem de temas sociocientíficos por meio de situações-problema de alcance local e global. Esse princípio tem o intuito de proporcionar aprendizagens aos estudantes que os tornem capazes de lidar com os problemas do seu cotidiano e a nível global. De acordo com Tenreiro-Vieira e Vieira (2020), isso pode ser feito por meio de situações-problema de caráter científico-tecnológico. Os autores argumentam que:

[...] a tomada de decisão e a resolução de problema focadas em questões e problemáticas, globais e locais, com relevância para a sua vida, suscetíveis de despertar a necessidade de construir conhecimento e desenvolver atitudes e capacidades, alimentando o seu interesse pela Ciência e suas interações com a Tecnologia e a Sociedade. (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2020, p. 476)

A partir da citação acima, podemos identificar alguns focos que são requisitados para a resolução de problemas. Por exemplo, os focos interesse, conhecimento, raciocínio e comunidade. Como já mencionado no segundo critério, o interesse - motivação, curiosidade - é um aspecto CTS/PC importante, pois pode promover um maior envolvimento dos(as) estudantes nas situações-problema abordadas.

O foco conhecimento também é essencial diante da resolução de problemas. É por meio da compreensão dos conhecimentos científico-tecnológicos que os(as) estudantes estarão ca-



pacitados a utilizá-los na resolução de problemas e a opinarem sobre o curso das ações locais e globais. Nesse sentido, as situações-problema abordadas podem mobilizar a necessidade de construção/reconstrução de conhecimentos, como afirmam os autores referenciados.

Interligados a esse foco, é essencial que os(as) estudantes compreendam o processo de desenvolvimento da prática científica (comunidade científica), como a linguagem utilizada, as ferramentas, os valores e o raciocínio científico. A partir do entendimento de como a atividade científica e o raciocínio científico são construídos, é possível compreender as conexões entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade.

Por exemplo, a compreensão a respeito da origem dos plásticos, das etapas de extração da sua matéria-prima e do funcionamento da indústria petroquímica, auxilia no entendimento do porquê o uso exacerbado desse material e do descarte inadequado dos plásticos são prejudiciais à saúde da população, da fauna e da flora (Cher, 2020).

Para a resolução do problema acerca do uso e descarte inadequado dos plásticos, os(as) estudantes devem saber das implicações desse fato na sociedade e no meio ambiente para que sejam capazes de propor soluções, como o desenvolvimento de materiais menos nocivos aos seres humanos, fauna e flora, como os plásticos bio ou oxibiodegradáveis, ou a substituição da matéria-prima, até então, majoritariamente, proveniente de uma fonte não-renovável, o petróleo (Cher, 2020).

Paralelamente, é necessário refletir acerca de atitudes e valores que promovam uma conscientização dos indivíduos da utilização desse material, como o descarte correto e a diminuição do seu consumo (Cher, 2020). Esta conscientização ocorre por meio da reflexão, outro significante que faz parte dos FAC.

De acordo com a Figura 1, o foco 4 está atrelado a uma reflexão sobre a natureza da Ciência. Na orientação CTS/PC, assim como na visão dos FAC, a Ciência é entendida como uma atividade construída por diversos elementos que não apenas científicos. Ela se conecta com fatores políticos, econômicos e ambientais, por exemplo. Assim, refletir sobre a Ciência enquanto um empreendimento humano e social possibilita compreendê-la como uma prática em construção e em manutenção, que precisa ser avaliada e debatida constantemente.

## Considerações finais

Este estudo teve como objetivo analisar o instrumento de verificação de indícios de aprendizagem científica quanto ao seu enquadramento nos aspectos CTS/PC. A análise foi realizada com base em três critérios, no sentido de princípios, que a orientação CTS/PC deve englobar de acordo com os trabalhos de Tenreiro-Vieira e Vieira (2019; 2020; 2022): i) visão holística da Ciência; ii) educação cidadã e; iii) abordagem de situações-problema. A análise se baseou nos seis significantes dos FAC, interesse, conhecimento, raciocínio, reflexo, comunidade e identidade, buscando avaliar se eles seriam capazes de identificar indícios de aprendizagens científicas condizentes com os aspectos CTS/PC.

Em relação ao primeiro critério, visão holística da Ciência, evidenciamos que os FAC abrangem dimensões da Ciência que proporcionam um entendimento (mais) globalizante dela, não limitando-se apenas aos conhecimentos científico-tecnológicos. Por exemplo, os focos raciocínio, comunidade e



identidade englobam aspectos da Ciência que aproxima os(as) estudantes do modo como a atividade científica se desenvolve, como identificar evidências, avaliar e comparar resultados, levantar hipóteses, inferir explicações e conclusões, além do uso da linguagem e de ferramentas científicas.

O segundo critério avaliado é a educação cidadã. Os FAC também abarcaram esse ponto, principalmente por meio dos significantes interesse, conhecimento, reflexão e identidade. Para exercer a cidadania, os(as) estudantes precisam estar engajados (no sentido de interessados) e compreender seu papel (identidade) enquanto cidadão, já que a partir dos conhecimentos que um aprendiz de Ciência possui, pode e deve utilizá-los nos debates, tomadas de decisões e buscas por soluções alternativas para os problemas causados pelo uso inadequado da Ciência e da Tecnologia.

Nesse contexto, a reflexão crítica é essencial na tomada de consciência acerca das implicações que os produtos da Ciência e da Tecnologia acarretam a sociedade e no meio ambiente. É por meio da reflexão que nos tornamos capazes de examinar e avaliar as razões para tomarmos determinadas atitudes voltadas à melhoria da qualidade de vida e diminuição de desigualdades socioambientais.

A respeito do terceiro aspecto CTS/PC, a abordagem de situações-problema, constatamos que os focos interesse, conhecimento, raciocínio e comunidade coadunam com esse princípio, já que a resolução de problemas locais e globais exige dos(as) estudantes o engajamento, a compreensão de conhecimentos científico-tecnológicos e o entendimento da prática científica, tanto das ações, como avaliar, comparar, inferir explicações e conclusões, quanto da linguagem, das ferramentas e dos valores compartilhados pela comunidade científica.

A partir da análise realizada, foi possível identificar conexões e pontos convergentes entre os FAC e a orientação CTS/PC. Além disso, constatou-se que os Focos da Aprendizagem Científica possuem potencial para atuar como um instrumento avaliativo de aprendizagens científicas oriundas de materiais didático-pedagógicos fundamentados na orientação CTS/PC, uma vez que os seis significantes vão ao encontro dos aspectos estabelecidos pela literatura como basilares desta orientação de ensino.

É importante ressaltar que as pesquisas que utilizaram os FAC como instrumento de identificação de evidências de aprendizagem científica, não foram elaboradas intencionalmente a partir dos aspectos CTS/PC, portanto, como próximos passos deste estudo, pretende-se testá-lo em um material didático-pedagógico desenvolvido de forma intencional com base nos aspectos CTS/PC.

## Contribuições dos autores

Todos os autores participaram ativamente de todo o processo de pesquisa, revisando e aprovando a versão final do texto.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).



## Referências

- Arruda, S. M., Passos, M. M., Piza, C. A. M. & Félix, R. A. B. (2013). O aprendizado científico no cotidiano. *Ciência & Educação*, 19(2), 481-498. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132013000200016>
- Arruda, S. M., Portugal, K. O. & Passos, M. M. (2018). Focos da aprendizagem: revisão, desdobramentos e perspectivas futuras. *REPPE: Revista do Programa de Pós-Graduação em Ensino*, 2(1), 91-121. <https://seer.uenp.edu.br/index.php/reppe/article/view/921>
- Arruda, S. M., Zapparoli, F. V. D. & Passos, M. M. (2019). Aprendizagem de Astronomia em grupos do Facebook. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 36(2), 383-413. <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2019v36n2p383>
- Cher, G. G. (2020). *Potencialidades de uma unidade didática temática acerca dos plásticos para mobilizar as capacidades do pensamento crítico em estudantes do ensino médio*. [Dissertação de Mestrado]. Universidade Estadual de Maringá. <http://www.pcm.uem.br/dissertacao-tese/309>
- Corrêa, H. E. R., Passos, M. M & Arruda, S. M. (2018). Estudantes do Ensino Médio e os Focos da Aprendizagem Científica: um possível mapeamento. *REPPE: Revista do Programa de Pós-Graduação em Ensino*, 2(2), 149-165.
- Ennis, R. H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational Leadership*, 43(2), 44-48.
- Fejolo, T. B., Arruda, S. M. & Passos, M. M. (2013). Aprendizagem Científica Informal no PIBID: identificando e interpretando os focos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(3), 628-649. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2013v30n3p628>
- Filgueira, S. S. (2019). *Diálogos de ensino e aprendizagem e ação docente: inter-relações em aulas de ciências com atividades experimentais*. [Tese de Doutorado]. Universidade Estadual de Londrina.
- Filgueira, S. S., S. M. & Passos, M. M. (2019). Configurações de Aprendizagem e Saberes Docentes *Educação & Realidade*, 44(1), 1-22. <http://dx.doi.org/10.1590/2175-623677588>
- Filgueira, S. S. & Silva, L. M. (2017). Os Focos da Aprendizagem Científica: em busca de evidências da aprendizagem em uma atividade lúdica. *Revista eletrônica Ludus Scientiae*, 1(1), 16-25.
- Fregolente, A. (2012). *O espetáculo teatral A Ciências em Peças, a oportunidade da aprendizagem científica dos licenciados em Física e Química e suas percepções sobre a Formação Docente*. [Dissertação de Mestrado]. Universidade Estadual de Londrina.
- Fregolente, A., Passos, M. M., Arruda, S. M. & Fregolente, D. (2013). O Teatro e as suas implicações na Aprendizagem Científica e na Formação Docente. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, n. extra, 1384-1389. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307224>
- Lima, J. M. M. (2018). *As interações em sala de aula: uma nova perspectiva a partir dos Focos da Aprendizagem Científica*. [Tese de Doutorado]. Universidade Estadual de Londrina.
- Lipman, M. (1988). Critical thinking: what can it be?. *Educational Leadership*, 46(1), 38-43.
- National Research Council (NRC). (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11625>
- National Research Council. (2009). *Learning Science in Informal Environments: people, places, and pursuits*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12190>
- Pedro, C. L. (2014). *Sites de redes sociais como ambiente informal de aprendizagem científica*. [Dissertação de Mestrado]. Universidade Estadual de Londrina.



- Pedro, C. L., Passos, M. M. & Arruda, S. M. (2015). Aprendizagem Científica no Facebook. *Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 8(1), 3-19. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2015v8n1p3>
- Ribeiro, R. A. M., Machado, P. F. L., Strieder, R. B. & Silva, R. R. (2023). Ciência-Tecnologia-Sociedade, Alfabetização Científica e Questões Sociocientíficas: semelhanças e diferenças. *Indagatio Didactica*, 5(1), 43-58. <https://doi.org/10.34624/id.v15i1.32117>
- Santos, W. L. P. & Mortimer E. F. (2002). Uma análise dos pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio: pesquisa em educação em ciências*, 2(2), 1-23.
- Teixeira, L. A. (2018). *Um estudo a respeito da aprendizagem científica em uma escola de 1º ciclo em Portugal*. [Tese de Doutorado]. Universidade Estadual de Londrina.
- Tenreiro-Vieira, C. (2000). *O Pensamento Crítico na Educação Científica*. 1ª edição. Instituto Piaget.
- Tenreiro-Vieira, C. & Vieira, R. M. (2016). Educação em Ciências e Matemática com Orientação CTS Promotora do Pensamento Crítico. *Revista CTS*, 11(33), 143-159. <https://www.redalyc.org/journal/924/92447592008/html/>
- Tenreiro-Vieira, C. & Vieira, R. M. (2019). Abordagem de temas do currículo de ciências do ensino básico num quadro EDS com orientação ciência-tecnologia-sociedade/pensamento crítico. *Indagatio Didactica*, 11(2), 895-914. <https://doi.org/10.34624/id.v11i2.6850>
- Tenreiro-Vieira, C. & Vieira, R. M. (2020). Promover o Pensamento Crítico em Contextos CTS: Desenvolvimento de Propostas Didáticas para o Ensino Básico. *Indagatio Didactica*, 12(4), 471-484. <https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21823>
- Tenreiro-Vieira, C. & Vieira, R. M. (2022). Pensamento crítico e criativo para uma educação ciência-tecnologia-sociedade. *Revista CTS*, 17(51), 141-155. <http://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/323>