



## NA TRILHA DO COLTAN: UMA CONTROVÉRSIA CIENTÍFICA PARA O ENSINO DE QUÍMICA NO BRASIL EM TORNO DAS ENTRANHAS DOS SMARTPHONES

*On the trail of coltan: A scientific controversy for Chemistry Teaching in Brazil around smartphone's innards*

**Néstor Alexander Zambrano-González** [n229930@dac.unicamp.br]

**Pedro da Cunha Pinto-Neto** [pedrocpn@unicamp.br]

*Faculdade de Educação*

*Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)*

Cidade Universitária de Barão Geraldo, Campinas, São Paulo, Brasil.

### Resumo

O uso de telefones inteligentes ou smartphones (em inglês) como recurso didático-pedagógico para o ensino está se tornando cada vez mais presente nos diferentes níveis educacionais. No entanto, há pouca discussão nas escolas sobre este dispositivo tecnológico em si. Este artigo apresenta resultados de uma pesquisa que, adotando como referencial teórico-metodológico noções da Análise de Discurso em sua vertente iniciada por Pêcheux, visa compreender de que modo um grupo de professores de química em formação inicial, participantes na implementação de uma unidade de ensino estruturada na forma de controvérsia científica ao redor do coltan e desenvolvida com a mediação da Narrativa Transmídia (NT) como recurso didático, produzem Discurso Digital Escolar relativo à Química (DDErQ), analisando os possíveis efeitos dessa mediação nos seus processos formativos. A unidade de ensino implementou-se na sua integridade de maneira virtual ao longo de seis semanas com duas turmas de professores em formação que cursavam disciplinas que compõem a grade curricular da Licenciatura Integrada em Química e Física e da Licenciatura em Química da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). A coleta de informações foi realizada através de questionários escritos, gravações de áudio e vídeo das oficinas síncronas e das narrativas construídas ao redor da temática selecionada disponibilizadas pelos participantes através de diferentes plataformas tecnológicas. A partir desta experiência, os resultados desvendam cinco condições relevantes para compreender os modos de produção do DDErQ e, com base nas reflexões dos participantes, permitem inferir alguns indícios de relações entre as condições de produção discursiva, a unidade de ensino e a mediação da NT como recurso didático em seus processos de formação inicial. Apontam também para a necessidade de mobilizar novos modos de leitura das tecnologias e do digital em sala de aula. Por fim, as análises sustentam a tese de que tais elementos representam subsídios potenciais no intuito de traçar novos percursos que contribuam à reinterpretação e à ressignificação de suas práticas escolares futuras no contexto de ensino de química.

**Palavras-Chave:** Smartphone; Coltan; Discurso Digital Escolar relativo à Química; Controvérsia Científica; Narrativa Transmídia.

### Abstract

The use of smartphones as a didactic-pedagogical resource for teaching is becoming increasingly present at different educational levels. However, there is little discussion in schools about this technological device itself. This article presents results from a research that, taking ideas of the Discourse Analysis proposed by Pêcheux as theoretical and methodological support, aims to understand how a group of pre-service chemistry teachers, participants in the implementation of a teaching unit structured in the form of scientific controversy around coltan developed with the mediation of Transmedia Storytelling (TS) as a didactic resource, produce a Scholastic Digital Discourse in Chemistry (DDErQ by its acronym in Portuguese), analyzing the possible effects of this mediation on their pre-service teachers' education. The teaching unit was implemented in its integrity virtually over six weeks with two groups of pre-service teachers' education who were attending subjects that make up the curriculum of the Integrated Degree in Chemistry and Physics and the Degree in Chemistry courses at the State University of Campinas (UNICAMP by its acronym in Portuguese). Information was collected through written questionnaires and audio and video recordings of the synchronous workshops, and the narratives built around the selected theme were made available by the

participants through the different technological platforms. Based on this experience, the results reveal five relevant conditions for understanding the modes of production of DDErQ and, based on the participants' reflections, allow us to infer some indications of relationships between the conditions of discursive production, the teaching unit, and the mediation of TS as a didactic resource in their initial training processes. They also point to the need to mobilize new ways of reading about the technology and the digital in the classroom. Finally, the analysis supports the thesis that these elements represent potential subsidies in order to chart new paths that contribute to the reinterpretation and resignification of their future school practices in the context of chemistry teaching.

**Keywords:** Smartphone; Coltan; Scholastic Digital Discourse in Chemistry; Scientific Controversy; Transmedia Storytelling.

## INTRODUÇÃO

O uso de telefones inteligentes ou smartphones (em inglês) como recurso didático-pedagógico para o ensino está cada vez mais presente nos processos formativos que ocorrem em diferentes níveis educacionais. No entanto, além de seu uso como ferramenta no ensino, há pouca discussão nas aulas de ciências sobre este dispositivo tecnológico em si.

Ora, a crescente presença das tecnologias digitais nas práticas educacionais está longe de representar apenas uma mudança técnico-instrumental ou simplesmente metodológica, pois, conforme levanta Dias (2018) referindo-se às tecnologias, sejam elas quais forem, não são neutras, mas significantes de uma conjuntura, de uma sociedade, de práticas sociais e políticas e não existem por si só, fora de processos histórico-discursivos complexos mediados pela linguagem e pela interpretação.

Como ponto de partida para esta pesquisa, acredita-se que promover na formação inicial dos professores de química, discussões contextualizadas em torno do próprio equipamento tecnológico, seja em termos de sua estrutura física (*hardware*), sua estrutura lógica (*software*) ou uma combinação de ambas as estruturas (*hardware/software*), pode representar uma alternativa que oportunize percursos para novos modos de leitura ao redor da relação entre tecnologias digitais e educação, particularmente no que concerne ao Ensino de Química.

No caso do Brasil, cenário em que se insere esta pesquisa, em abril de 2021, foram divulgados os resultados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2019 realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021) que, entre suas principais conclusões, mostrou: que antes da pandemia, o acesso à internet estava presente em 82,7% dos domicílios brasileiros (um aumento de 3,6 pontos percentuais em relação a 2018); que entre os equipamentos para acessar a internet nas residências, o telefone celular continuava sendo o mais usado (99,5%); e que 148,4 milhões de brasileiros de 10 anos de idade ou mais tinham telefone celular para uso pessoal.

Em contrapartida, no mesmo ano, foram publicados pelo Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.BR) dados coletados por meio do Painel TIC COVID-19 no âmbito da Pesquisa web sobre o uso da internet no Brasil durante a pandemia do novo coronavírus, os quais revelaram que: *“O celular foi o principal dispositivo utilizado para acompanhar as aulas e atividades remotas”*; que *“a maior parte dos estudantes acessou os conteúdos por meio de recursos digitais, principalmente via website, rede social ou plataforma de videoconferência e, em menor medida, por meio de aplicativos das escolas, universidades ou Secretarias de Educação”*; e que *“as principais barreiras enfrentadas pelos estudantes para acessar os conteúdos das aulas e atividades remotas foram a dificuldade para esclarecer dúvidas com os professores, a falta ou baixa qualidade da conexão à Internet e a falta de estímulo para estudar”* (CGI.BR, 2021, p. 23).

Contudo, deve-se reconhecer que, no país, ainda existem brechas significativas associadas ao acesso a diferentes equipamentos, infraestrutura de qualidade para conexão à internet e conhecimento tecnológico que, em conjunto, possibilitem que diversos setores da população, especialmente em regiões afastadas ou empobrecidas, possam participar, contribuir e se beneficiar dos recursos que oferecem as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) na sociedade global.

Nesse contexto, que, conforme mostrado, está longe de ser unicamente atribuível à conjuntura gerada pela pandemia, aponta-se que pesquisar sobre as tecnologias digitais nos situa diante de uma questão educacionalmente relevante com potencial para promover abordagens transdisciplinares – neste caso, voltadas à área de Ensino de Química.

Conforme mencionado, esta pesquisa gesta-se nas entranhas dos smartphones, lugar onde aloja-se um minério estratégico não isento de controvérsia, popularmente conhecido como coltan, uma matéria-prima estratégica que representa, no campo da ciência de materiais, não apenas um interesse científico em busca de sua otimização ou um desafio para encontrar alternativas de substituição (Freeman, 2018), mas também abriga uma história de exploração tanto de recursos humanos quanto de recursos minerais, prática típica do capitalismo desmedido, com marcados impactos sociais, econômicos, políticos e meio ambientais (Ayres, 2012).

Em termos de reservas internacionais de tântalo<sup>1</sup>, de acordo com as estatísticas do relatório anual 2023 publicado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, por seu acrônimo em inglês), a República Democrática do Congo (RDC) é o país com as maiores reservas do mundo, seguida pela Austrália e pelo Brasil, respectivamente (USGS, 2023).

No caso do Brasil, segundo o boletim publicado em 2020 pelo Centro Internacional de Estudos de Tântalo-Nióbio (T.I.C., Tantalum-Niobium International Study Center, 2020), salienta-se ainda que os grandes recursos de nióbio e de tântalo estejam distribuídos de forma diferente ao longo do vasto território do país, a Amazônia representa um notável depósito destes cobiçados recursos, junto com outros como: estanho, zircônio, ouro, lítio e algumas terras raras.

Com base no exposto, o objetivo deste artigo consiste em apresentar os resultados de uma pesquisa decorrente da tese de doutorado do primeiro autor, que visava compreender de que modo os professores em formação participantes na implementação de uma unidade de ensino ao redor do coltan, desenvolvida com a mediação da Narrativa Transmídia (NT) como recurso didático, produzem Discurso Digital Escolar relativo à Química (DDerQ), analisando os possíveis efeitos dessa mediação nos seus processos de formação inicial. A unidade de ensino foi implementada no segundo semestre de 2020 sob orientação do segundo autor, com duas turmas de professores em formação inicial, uma da Licenciatura Integrada em Química e Física e outra da Licenciatura em Química, ambas da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

## REVISÃO DE LITERATURA

Com o intuito de esboçar um panorama acerca de qual tem sido o foco das pesquisas publicadas sobre os smartphones em sua relação com as tecnologias digitais, as controvérsias científicas e as NT no Ensino de Química, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) de caráter exploratório e descritivo, adotando a proposta metodológica de etapas para uma RSL (Leite, 2021). Com base nessa revisão, foram identificadas 43 produções científicas publicadas na última década em periódicos nacionais e internacionais na área de Ensino, reconhecidos com Qualis A (A1 e A2) de acordo com a classificação do quadriênio 2013-2016, disponível na plataforma Sucupira.

Os resultados dessa RSL foram apresentados detalhadamente e discutidos por Zambrano-González (2023). No entanto, a modo de síntese, os focos das pesquisas decorrentes da primeira combinação de descritores *Smartphones – Ensino de Química – Tecnologias Digitais*, foram identificados ao redor: dos usos e aplicações de recursos que oferece o smartphone nos processos de ensino e aprendizagem da química (70%); do desenvolvimento de novos recursos nos smartphones para processos de ensino e aprendizagem da química (26,66%); e, em menor medida, dos aspectos relacionados ao estudo de elementos químicos presentes nos componentes físicos (*hardware*) dos smartphones (3,33%). Do conjunto de trabalhos revisados, destacamos a pesquisa de Leite (2021) acerca das tecnologias digitais no ensino de química no decênio 2011-2020.

Na segunda combinação, *Smartphones – Ensino de Química – Controvérsias Científicas*, os focos de pesquisa distribuíram-se em torno de: controvérsias científicas focadas no ensino de conceitos específicos de química em diferentes níveis educacionais (40%); controvérsias científicas voltadas para o desenvolvimento de habilidades de argumentação no contexto do Ensino de Química (20%); controvérsias científicas orientadas a promover abordagens multi/pluri/meta/inter/trans-disciplinares envolvendo o conhecimento químico (20%); e do estabelecimento de algumas relações entre controvérsias científicas e formação inicial de professores no contexto do Ensino de Química (20%). A partir dos trabalhos revisados nesse cruzamento, foram identificados diversos pesquisadores que propõem um diálogo convergente com a perspectiva desta pesquisa (Vallverdú, 2002; Bonilla-Castañeda & Martínez-Pérez, 2018; Krupczak, Aires & Reis, 2020).

<sup>1</sup> Este mineral estratégico para a indústria de equipamentos tecnológicos é extraído da tantalita, presente na forma natural columbita-tantalita, coloquialmente conhecida como coltan.

Na última combinação, *Smartphones – Ensino de Química – Narrativas Transmídia (NT)*, os focos de pesquisa versaram em torno: das NT no estudo de conceitos específicos no contexto do Ensino de Química (62,5%); da NT como estratégia pedagógica inovadora para despertar o interesse e propiciar atitudes positivas em relação ao aprendizado de ciências em diferentes níveis educacionais (25%); e da NT como recurso didático para promover habilidades de pensamento, potencializar a criatividade dos sujeitos e aprimorar a argumentação científica (12,5%). Dentre os trabalhos revisados como produto deste cruzamento, destacamos, pelo enfoque da NT nos processos de ensino e aprendizagem, a publicação de Vieira e Munaro (2019).

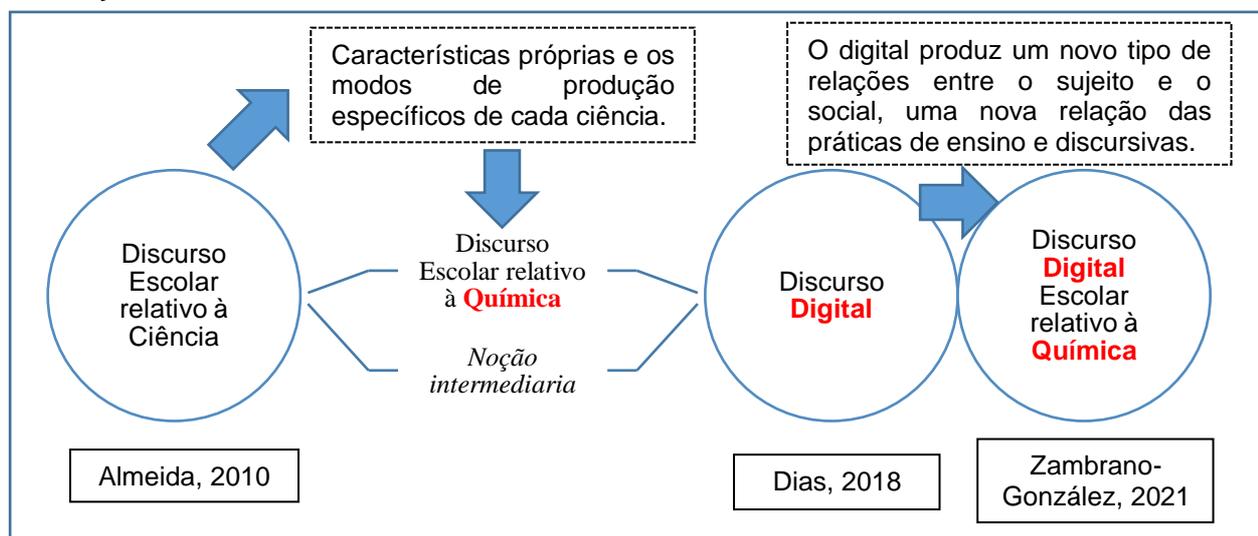
Considerando os focos de pesquisa e as lacunas identificadas na RSL, vislumbramos uma oportunidade para: a configuração de novos desdobramentos teóricos; o planejamento e a implementação de experiências de ensino e de aprendizagem estruturadas em torno de controvérsias científicas contextualizadas que possam ser utilizadas em diferentes níveis educacionais para o estudo abrangente de conteúdos curriculares da disciplina; o desenvolvimento de estratégias teórico-práticas e de reflexão para auxiliar aos futuros professores na construção de NT em sala de aula com foco no conhecimento químico subsidiadas pelos aspectos transdisciplinares e pelos recursos de diversas plataformas tecnológicas; e a possibilidade de envolvimento ativo por parte dos participantes em cenários de discussão acerca de uma necessária releitura sobre o digital e sobre as tecnologias no campo da Educação Química.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A configuração teórica da noção de Discurso Digital Escolar relativo à Química (DDErQ), a controvérsia científica sobre o coltan, em torno da qual se articula a unidade de ensino implementada na fase de trabalho empírico, e a abordagem da NT como recurso didático na mediação do DDErQ constituem os três grandes fundamentos teóricos desta pesquisa, discutidos brevemente a seguir.

### Discurso Digital Escolar relativo à Química

Conforme mostrado na Figura 1, a noção teórica de DDErQ configura-se, na filiação *pechêuxtiana* da Análise de Discurso, em quatro etapas. Na primeira, referente às suas origens, o DDErQ deriva-se da noção de Discurso Escolar relativo à Ciência enunciada por Almeida (2010), como uma interface possível entre o discurso científico e o discurso escolar, “na busca de conteúdos e procedimentos do fazer científico que possam contribuir para que grandes parcelas da população tenham acesso a um discurso comumente acessível a uma minoria” (p. 20). Na segunda, conforma-se a noção intermediária de Discurso Escolar relativo à Química, concebendo, nas palavras da autora, as características próprias e os modos de produção específicos de cada ciência. Na terceira, inclui-se o digital a partir do trabalho de Dias (2018) em função de compreender a ordem do discurso digital que desmistifica a naturalização dos sistemas lógicos digitais em seu funcionamento no nosso cotidiano, considerando um certo modo de intervenção no sentido que a tecnologia é capaz de produzir, pelo discurso, pelas formações imaginárias. Na etapa final, constitui-se a noção de DDErQ.



**Figura 1** – Etapas na configuração Teórica da noção de DDErQ. Extraída de Zambrano-González, 2023, p. 43).

Nesse contexto, a noção de DDErQ configura-se como um lugar de deslocamento e transformação da relação do homem e da realidade natural e social em que o digital, enquanto uma tecnologia específica, constitui uma condição de produção. Já no contexto da práxis educativa de Ensino de Química, o DDErQ visa traçar um percurso para a interpretação, compreensão e ressignificação das futuras práticas escolares, mobilizando novos modos de leitura das tecnologias em sala de aula. Tudo isto se torna possível ao tomar-se como ângulo de entrada a Formação Inicial de Professores de Química.

#### *Pilares Teóricos da noção de DDErQ*

Quatro pilares teóricos configuram a noção de DDErQ. O primeiro emerge de considerar, na perspectiva discursiva, a escola como espaço significativo e o professor em formação inicial na posição sujeito projetada no discurso, o que nos leva a refletir sobre o papel do discurso no campo de estudo de Ensino de Química.

O segundo está relacionado com a ideia de discurso digital, compreendido, na perspectiva de Dias (2018), como efeito de sentidos da tecnologia na constituição dos sujeitos, das instituições, um campo de questões que não está centrado exatamente no recurso tecnológico em si, mas num certo modo de intervenção, no sentido que a tecnologia é capaz de produzir pelo discurso, pelas formações imaginárias.

O terceiro deriva-se de conceber o conhecimento químico além de um robusto compêndio de conteúdos formais para considerá-lo como um conjunto articulado de conhecimentos específicos que excedem a dimensão disciplinar, demandando perspectivas de ordem contextual filosófico e histórico que possibilitem, nas palavras de Sjöström e Talanquer (2014), o deslocamento da Educação Química da simples contextualização à problematização multifacetada.

E o quarto e último pilar surge de deslocar os processos de ensino e de aprendizagem da ideia da transmissão de conhecimentos para pensá-los na ideia da polissemia<sup>2</sup> (Orlandi, 1987) de sentidos produzidos, processo em que a metáforização ocupa um lugar angular, pois, como refere Dias (2018, p. 137):

*“A relação tecnologia e ensino só é possível se considerarmos os sentidos da metáforização do digital no processo educacional, o que desloca o sentido de uma necessidade de adequação do digital ao educacional ou do educacional ao digital, para a historicização dos sentidos e dos sujeitos, construção da história dos sentidos, na qual há deslocamento tanto do digital quanto do processo educacional, na medida em que trabalham no entremeio dos dois discursos”.*

Esses pilares resumem um complexo sistema de engrenagens que, solidariamente, aponta à compreensão da ordem do discurso digital escolar em função de produzir efeitos de sentido nas práticas de formação inicial do professorado que (se espera) contribuam à contextualização, à historicização e à humanização no Ensino de Química futuro.

#### **Na trilha do coltan: uma controvérsia científica em torno das entranhas dos smartphones**

O trabalho empírico com os participantes foi articulado mediante uma unidade de ensino em torno do coltan, um minério estratégico do qual provém o tântalo, um elemento químico presente nas entranhas de diversos equipamentos tecnológicos, um deles os smartphones. A palavra coltan remete à forma coloquial como é conhecida a mistura de dois minerais: **columbita** (Fe.Mn)Nb<sub>2</sub>O<sub>6</sub> (fonte de obtenção de Nióbio) e **tantalita** (Fe.Mn)Ta<sub>2</sub>O<sub>6</sub> (fonte de obtenção do Tântalo). O valor estratégico do tântalo obedece a suas propriedades físico-químicas, como, por exemplo: sua baixa reatividade em condições normais; sua alta resistência aos ácidos (exceto ao ácido fluorídrico); seu alto ponto de fusão, que atinge 3000 °C; sua elevada capacitância; sua dureza; e sua excelente condução de calor e eletricidade (Sousa, Silva, Couto-Almeida, & Guerra, 2013).

Dentro das placas microeletrônicas dos smartphones, o tântalo pode-se encontrar como dielétrico na estrutura dos capacitores – em termos simples, pequenos componentes que armazenam quantidades significativas de energia necessária para o funcionamento de um circuito – uma vez que, como destacam Sousa *et al.* (2013), a constante dielétrica do óxido de tântalo é alta. Por isso, é necessária uma área de

<sup>2</sup> Entendida “enquanto processo que representa a tensão constante estabelecida pela relação homem / mundo, pela intromissão da prática e do referente, enquanto tal, na linguagem” (Orlandi, 1987, p. 15).

superfície menor para atingir a mesma capacitância do que com outros óxidos metálicos, o que, conseqüentemente, permite a fabricação de equipamentos menores e mais leves.

Quanto à disponibilidade estimada dessa matéria-prima estratégica, de acordo com os dados contidos no Resumo de Produtos Minerais publicado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2023), com corte em dezembro de 2022, os primeiros lugares de reserva mundial de tântalo estão localizados na República Democrática do Congo (RDC), na Austrália e no Brasil, com 180.000, 99.000 e 40.000 toneladas métricas, e os maiores produtores a nível internacional foram – naquele ano – a RDC e o Brasil, com 860 e 370 toneladas métricas, respectivamente.

Por outro lado, cabe apontar que o tântalo, juntamente com o estanho, o tungstênio e o ouro, faz parte da lista de *minerais de conflito* ou 3TG (Tin, Tantalum, Tungsten, and Gold), conhecidos por esse nome porque as rendas provenientes de seu comércio ilegal se tornaram uma importante fonte de financiamento de conflitos (Barume, Naeher, Désirée, & Schütte, 2016). Fato que, para o caso do coltan, vêm-se documentando há mais de três décadas na RDC e em seus vizinhos, Ruanda, Burundi e Uganda, e há mais de uma década, de forma um pouco mais silenciosa, mas não menos devastadora, na região fronteira entre Colômbia, Venezuela e Brasil, que abriga uma fração representativa de território na floresta amazônica.

Mais um elemento a ser considerado é que, com os possíveis substitutos para o tântalo extraído de outras fontes, *"pode ocorrer uma perda de desempenho ou custos mais altos"* (USGS, 2023, p. 167, tradução nossa). Portanto, enquanto a ciência de materiais continua pesquisando diversas alternativas, o desafio consiste em otimizar a eficiência das técnicas atuais de separação e aproveitamento de tântalo e nióbio nos primeiros elos da cadeia produtiva (Ayanda & Adekola, 2011) e implementar novas estratégias para impulsionar a reciclagem pós-consumo em larga escala com a participação, entre outros atores, dos consumidores, um propósito para o qual a educação científica pode fornecer uma contribuição significativa.

Tais elementos constituem parte do contexto para tecer uma controvérsia científica em torno de uma questão global em que o Brasil, cenário em que se desenvolve esta pesquisa, ocupa um papel relevante. Com relação à ideia de controvérsia em torno da prática científica, adotamos a proposta teórica de Vallverdú (2002, p. 23, tradução nossa), que as definiu como:

*"Toda controvérsia em que participe, como mínimo, uma disciplina científica cujos resultados, protocolos utilizados ou aceitabilidade epistêmica sejam questionados, seja qual for o nível epistêmico/metodológico da crítica (isto é, interno ou externo) ou o ponto no processo de coleta/processamento/exposição de dados que tenha sido criticado pelos diferentes atores envolvidos"* (grifos do autor).

Pautados nesses fundamentos teóricos e a fim de abordar da forma mais ampla possível a controvérsia configurada em torno desse minério dentro da indústria dos smartphones, foi proposto organizar a discussão em quatro grupos de aspectos:

1. *Contextuais*: que inclui as perspectivas históricas, sociais, políticas, econômicas e ambientais ao redor do coltan;
2. *Científicos*: associados aos saberes de ordem científica que circulam nos campos do conhecimento especializado, em particular a química e a ciência de materiais;
3. *Relacionais*: resultantes da interação entre Ciência – Tecnologia – Sociedade e Ambiente, por sua vez, nomeados: tecnocientíficos, sócio-tecnocientíficos e sócio-tecnocientífico-ambientais;
4. *Relativos às forças sociais*: onde ocupam papel preponderante os movimentos sociais e os atores coletivos, os meios de comunicação e as comunidades educacionais.

Quanto aos grupos listados acima, deve ficar claro que eles estão intimamente relacionados entre si, de forma que sua apresentação, aparentemente separada, tem um propósito meramente didático e que sua abordagem específica, considerando sua extensão, constituirá objeto de outra publicação.

## Narrativa Transmídia

Conforme mencionado, esta pesquisa considera o smartphone em sua dimensão como objeto tecnológico a partir da análise de um recorte sobre seus dois principais componentes: estrutura física (*hardware*) e estrutura lógica (*software*). Na seção anterior, tratamos do primeiro introduzindo a controvérsia científica em torno do coltan e, nesta seção, trataremos do segundo por meio da abordagem da Narrativa Transmídia (NT).

Quando falamos de NT, nos referimos, nos termos de Jenkins (2008), a *“histórias que se desenvolvem em múltiplas plataformas de meios de comunicação, cada uma delas contribuindo de forma distinta para nossa compreensão do universo [midiático]”* (p. 283). Este desdobramento teórico, em sequência, implica o estabelecimento de uma relação subsidiária entre três conceitos: convergência dos meios de comunicação, cultura participativa e inteligência coletiva.

Por *convergência*, o autor refere-se *“ao fluxo de conteúdos através de múltiplas plataformas de mídia, à cooperação entre múltiplos mercados midiáticos e ao comportamento migratório dos públicos dos meios de comunicação”* (p. 14). Com a inclusão da expressão *cultura participativa*, visa reconhecer o papel ativo das interações entre os participantes (antigos produtores e consumidores) na construção do universo midiático e, mediante a *inteligência coletiva*, uma expressão cunhada pelo ciberteórico francês Pierre Lévy, remete à ideia de que o consumo se tornou um processo coletivo, já que *“nenhum de nós pode saber tudo; cada um de nós sabe alguma coisa; e podemos juntar as peças, se associarmos nossos recursos e unirmos nossas habilidades”* (p. 15).

Em torno da NT, convergem duas vertentes subsidiárias. A primeira está relacionada à produção de histórias e a segunda ao uso de plataformas de meios de comunicação para contá-las. Ainda que, como estratégia didática para o Ensino de Química, essa combinação não seja nova, considera-se promissora, pois representa uma possibilidade para articular os conteúdos curriculares tradicionalmente atribuídos a esta ciência com conteúdos associados a outras esferas do conhecimento. Através dela, também é possível promover o trabalho colaborativo e incentivar as capacidades investigativas, analíticas, reflexivas e criativas, bem como envolver outros tipos de habilidades e competências dos alunos nos processos de ensino e de aprendizagem (Molas-Castells, 2018).

No que se refere ao papel da tecnologia nos processos de produção das narrativas, cabe aqui destacar que não se limita aos recursos da ordem técnica que ela fornece para materializar as histórias através de diferentes formatos e plataformas. A tecnologia, considera-se pela perspectiva de Dias (2018) sobre um determinado modo de intervenção no sentido que ela é capaz de produzir pelo discurso, pelas formações imaginárias. Desta forma, contribui, em diálogo com a configuração teórica da noção DDErQ – que toma como ângulo de entrada a formação inicial de professores na área –, para a mobilização de novos modos de leitura das tecnologias e do digital em sala de aula, no contexto de processos de ensino e de aprendizagem relativos à Química.

Quanto ao seu papel no contexto da unidade de ensino organizada em torno do coltan, propomos que, na produção das narrativas, se considere a articulação de pelo menos seis grandes grupos de aspectos: disciplinares, aplicados, sócio-históricos, sócio-científicos-ambientais, sócio-culturais-filosóficos e sócio-políticos-éticos, de modo a promover abordagens abrangentes em que, em concordância com a proposta de Sjöström (2013), seja protagonista a inclusão de diferentes níveis de complexidade na análise e discussão do elemento humano no Ensino de Química.

## PERCURSO METODOLÓGICO

Para atingirmos o objetivo de compreender de que modo os participantes produziram DDErQ, analisando os possíveis efeitos dessa mediação nos seus processos de formação inicial, o enfoque selecionado foi de tipo qualitativo-interpretativo com apoio teórico-metodológico das noções da Análise de Discurso em sua vertente iniciada na França por Pêcheux e desenvolvida amplamente no Brasil por pesquisadores como Eni Orlandi. Adotando esse referencial, o trabalho empírico baseou-se na implementação de uma unidade de ensino configurada ao redor do coltan e desenvolvida com a mediação da NT como recurso didático, buscando construir um panorama a partir dos principais aspectos relacionados aos processos de obtenção e usos desse minério e, assim, fornecer elementos para a compreensão das dinâmicas e das questões que envolvem toda a cadeia produtiva no qual está inserido.

## Unidade de Ensino

Dado que a Unidade de Ensino (UE) constitui parte fundamental das condições de produção das informações coletadas, dedicamos a ela uma subseção especial. Com relação ao trabalho pedagógico, os objetivos específicos da UE apontaram:

- Promover uma abordagem transdisciplinar ao redor do coltan, fundamentada teoricamente em contribuições provenientes dos campos: científico, histórico, social, econômico, político e ambiental.
- Criar condições para que os participantes se posicionem sobre a questão em discussão a partir da seleção crítica das informações disponíveis a respeito no universo digital, e mediante a construção coletiva de narrativas.
- Possibilitar a inferência de indícios de relações entre as condições de produção discursiva, a unidade de ensino e a mediação da NT como recurso didático nos processos de formação inicial dos participantes.

O desenho geral da UE estruturou-se em cinco fases desenvolvidas em quatro oficinas, conforme sintetizado no Quadro 1.

**Quadro 1** – Plano Geral de atividades desenvolvidas na implementação da Unidade de Ensino

OFICINA	FASE	OBJETIVO	ROTEIRO DE ATIVIDADES
1	Caracterização e Contextualização	Fornecer elementos iniciais para investigar as condições de produção do discurso a partir da identificação das características e individualidades dos participantes e do contexto a fim de preparar a UE para sua subsequente implementação.	<i>Introdução à pesquisa:</i> Quem? Por quê? Para que? Como? Apresentação e assinatura por parte dos participantes do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; <i>Caracterização dos participantes:</i> Aplicação de questionário inicial online.
	Fundamentação Teórica	Proporcionar diferentes elementos teóricos que permitissem ao professor em formação inicial se aproximar e se aprofundar no conhecimento a respeito do foco da unidade de ensino: o coltan.	Apresentação geral expositiva, por parte do professor-pesquisador, do tema da Unidade de Ensino; Proposição da primeira Atividade Prática (Trabalho em casa de Pesquisa Exploratória).
Socialização e discussão dos resultados da Primeira Atividade Prática; Atividade de leitura em sessão síncrona: <i>Smartphones 'sem mordaca'</i> ; Fundamentação Teórica da NT; Proposição da Segunda Atividade Prática (Trabalho em casa para a produção das NT).			
2			
3	Produção das Narrativas Transmídia (NT)	Disponibilizar, através de diversas plataformas e formatos digitais, diferentes meios e recursos para a criação de narrativas mediante as quais o DDErQ produzido pelos participantes pudesse ser materializado.	Trabalho remoto (3 semanas). Construção das NT; Preenchimento – Ficha de planejamento; Produção dos conteúdos mediante diferentes ferramentas gratuitas de apoio e acompanhamento; Discussão assíncrona sobre os avanços parciais no processo de construção das narrativas.
4	Socialização e Discussão	Socializar as narrativas produzidas pelos participantes e promover discussões sobre suas perspectivas em relação ao conhecimento químico abordado e frente a esse recurso na formação inicial de professores com base na análise de componentes disciplinares, pedagógicos, didáticos e profissionais e na experiência vivida durante esse processo.	Socialização e discussão das narrativas produzidas pelas equipes; Roda de conversa (a partir das narrativas criadas – perguntas orientadoras baseadas na experiência vivida no processo e nas perspectivas deste recurso na formação inicial de professores nos componentes disciplinares, pedagógicos, didáticos e profissionais).

OFICINA	FASE	OBJETIVO	ROTEIRO DE ATIVIDADES
	Reflexão e Feedback	Identificar, na perspectiva dos participantes, possíveis efeitos do uso da NT como recurso didático mediador de produção discursiva dentro de seus processos de formação inicial como futuros professores de química.	Questionário Final (elaborado sob formato situacional aberto).  Roda de conversa – reflexões e feedback dos professores em formação a respeito da sua participação na unidade de ensino desenvolvida.

Quanto à sua duração, esta unidade de ensino foi implementada, na sua totalidade, ao longo de seis semanas através de quatro oficinas distribuídas da seguinte forma: três encontros síncronos de duas horas com cada uma das turmas durante as semanas 1, 2 e 6 (Oficinas 1, 2 e 4) e complementada com uma oficina de três semanas (oficina 3), na qual foram realizadas atividades para a produção das narrativas com acompanhamento do professor-pesquisador, via trabalho remoto, durante as semanas 3, 4 e 5.

### Seleção e codificação dos participantes

Os participantes pertenciam a duas turmas de professores em formação inicial que cursavam as disciplinas *EL136 - Problemas de Ensino de Física e Química* e *QL701 Projetos Integrados*, que compõem, respectivamente, as grades curriculares da Licenciatura Integrada em Química e Física e da Licenciatura em Química da UNICAMP, ambas ministradas durante o segundo semestre do ano 2020 e cujas ementas continham temas afins com os núcleos articuladores desta pesquisa. Cada um dos participantes tinha acesso à internet e disponibilidade de computador e/ou celular (tipo smartphone) com capacidade operativa para utilizar as plataformas e formatos digitais necessários para desenvolver integralmente as atividades propostas.

Um total de 40 professores estava matriculado em ambas as disciplinas. Destes, 6 decidiram voluntariamente não participar na implementação da UE, 29 assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e somente 15 completaram todas as atividades propostas. Considerando que as narrativas foram produzidas em equipes organizadas livremente pelos participantes, para a seleção daquelas a serem analisadas em cada uma das turmas, foram definidos os seguintes critérios:

1. Que os professores em formação tivessem assistido a todas as sessões síncronas programadas bem como desenvolvido completamente as atividades propostas na unidade de ensino (incluindo assinatura do TCLE);
2. Que as equipes formadas para a produção das NT estiveram compostas apenas por participantes que cumpriram o critério anterior.

Depois de aplicar esses critérios, 9 participantes foram selecionados. Eles se organizaram em três equipes, uma na turma EL136 e duas na turma QL701. Na sequência, a fim de garantir o seu anonimato, todos os professores em formação que formaram essas equipes foram codificados, de acordo com seu gênero, com nomes de destacados(as) cientistas negros(as) brasileiros(as), conforme mostrado no Quadro 2. Estes cientistas foram selecionados com o propósito de homenagear suas contribuições à ciência brasileira em diferentes épocas e campos de conhecimento, destacar seu papel histórico e promover a importância de lutar contra o racismo no âmbito científico.

**Quadro 2** – Codificação dos participantes selecionados para análise

Turma	Equipe	Cientista brasileiro(a) homenageado(a)	Codificação
EL136	1	André Rebouças	André
		Milton Santos	Milton
QL701	2	José Carlos do Patrocínio	José
		Sônia Guimarães	Sônia
		Enedina Alves Marques	Enedina
		Juliano Moreira	Juliano
	3	Alan Alves Brito	Alan
		Anna Maria Canavarro Benite	Anna Maria
		Maria Beatriz Nascimento	Maria Beatriz

Finalmente, é importante acrescentar que esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNICAMP mediante CAAE: 31807020.1.0000.8142 no dia 4 de agosto de 2020.

## **RESULTADOS E ANÁLISES**

Os resultados da implementação da UE serão apresentados e analisados nesta seção, seguindo a estrutura de cinco fases descrita no percurso metodológico.

### **Caracterização dos participantes e contextualização da pesquisa**

A caracterização dos participantes, como mencionado, foi realizada por meio da aplicação de um questionário inicial online que, com relação às equipes selecionadas para análise, permitiu a coleta das informações dispostas nos próximos parágrafos.

Na turma EL136, a equipe selecionada era formada por uma dupla de participantes, André e Milton, cujas trajetórias acadêmicas iam do ensino médio à graduação; não possuíam experiências práticas na área da educação; tinham preferências diversas em relação às fontes físicas (com coincidência nas revistas) e eletrônicas para acessar a informação acadêmica; tinham uma predileção pelo smartphone como o dispositivo mais utilizado para acessar à internet; investiam uma quantidade significativa do seu tempo diário de conexão à internet em propósitos escolares e de trabalho; e, ao serem questionados individualmente, coincidiam em uma perspectiva pouco favorável quanto ao uso de TDIC e Recursos Didáticos Digitais (RDD) como recursos propícios para trabalhar questões acadêmicas em sala de aula.

Na turma QL701, duas equipes foram selecionadas para análise. A primeira era composta por um quarteto de participantes, José, Sônia, Enedina e Juliano, cujas trajetórias acadêmicas, em todos os casos, incluíram, além do ensino médio, estudos em níveis técnicos e de graduações diferentes da atual, bem como importantes experiências práticas na área da educação como estagiários, bolsistas e tutores; maior preferência pelas revistas e pelos livros como fontes físicas e pelo Google Acadêmico e pelos motores de busca (como o Google) como fontes eletrônicas de acesso à informação acadêmica; predileção pelo smartphone e pelos computadores portáteis como os dispositivos mais utilizados para acessar a internet; grande investimento de tempo diário de conexão à internet com propósitos de trabalho e lazer; e perspectivas heterogêneas quando questionados individualmente sobre o uso de TDIC e RDD como recursos propícios para o trabalho de assuntos acadêmicos em sala de aula.

A segunda equipe era integrada por um trio de participantes, Alan, Anna Maria e Maria Beatriz, cujas trajetórias acadêmicas, em todos os casos, incluíam, além do ensino médio, estudos de nível técnico e até mesmo, em um dos casos, estudos de pós-graduação em nível de mestrado concluídos e de doutorado em andamento, bem como experiências práticas significativas no campo da educação como estagiários e tutores; maior preferência pelas revistas e pelos livros como fontes físicas e pelos motores de busca (como o Google) e pelos bancos de dados especializados como fontes eletrônicas de acesso à informação acadêmica; predileção pelos smartphones e pelos computadores portáteis como os dispositivos mais utilizados para acessar a internet; grande investimento de seu tempo diário de conexão à internet com propósitos de trabalho; e uma marcada heterogeneidade de perspectivas quando questionados individualmente sobre o uso de TDIC e RDD como recursos propícios para trabalhar assuntos acadêmicos em sala de aula.

A fase de contextualização da pesquisa foi desenvolvida através de uma exposição abrangente da temática, realizada pelo professor-pesquisador e utilizando diferentes fontes de informação e formatos de apresentação para abordar algumas questões iniciais de discussão que ajudassem no objetivo de construir um panorama a partir dos principais aspectos relacionados aos processos de obtenção e usos do coltan, com o objetivo de fornecer elementos para a compreensão das dinâmicas e das questões que envolvem toda a cadeia produtiva no qual está inserido.

### **Fundamentação Teórica**

Esta atividade foi dividida em três partes. Na primeira parte, a partir de oito (8) questões de pesquisa propostas pelo professor-pesquisador, os participantes foram convidados, de acordo com seu interesse, a realizar investigações em torno de pelo menos quatro (4) delas e a registrar suas respostas em uma ficha. As questões propostas estão listadas abaixo:

1. O que conhecemos com respeito à Química que guardam os nossos smartphones?
2. Como se afirma, é o coltan o autêntico 'ouro negro' na indústria dos smartphones?
3. De onde vêm e para onde vão os nossos smartphones?
4. É necessário renunciar aos smartphones para salvar o meio ambiente?
5. Que fatores influenciam o maior uso, na indústria dos smartphones, do coltan sobre outros materiais – por exemplo, o grafeno?
6. Usamos, no nosso dia a dia, smartphones “manchados de sangue”?
7. É possível encontrar smartphones livres de coltan?
8. O que representa para o Brasil que o mundo o considere um país jovem com imensa responsabilidade mineral e altíssimo potencial para todos no futuro?

Uma síntese das perguntas de pesquisa escolhidas por cada um dos participantes selecionados para análise apresenta-se no Quadro 3.

**Quadro 3** – Questões de pesquisa selecionadas pelos participantes na Atividade Exploratória

Turma	Equipe	Participante	Questões de pesquisa selecionadas							
			1	2	3	4	5	6	7	8
EL136	1	André			✓	✓		✓	✓	
		Milton	✓			✓	✓		✓	
QL701	2	José	✓			✓		✓	✓	
		Sônia	✓	✓				✓	✓	
		Enedina	✓	✓	✓				✓	
		Juliano		✓	✓			✓	✓	
	3	Alan	✓	✓	✓				✓	
		Anna Maria	✓		✓			✓	✓	
		Maria Beatriz	✓		✓			✓	✓	

✓ Questão de pesquisa selecionada pelo participante

Em comparação com a equipe formada na turma EL136, chama a atenção o alto interesse das equipes formadas na turma QL701 pelo conhecimento químico presente nos smartphones. Além disso, houve coincidência no baixo interesse relativo às implicações da consideração global do Brasil como um país jovem com imensa responsabilidade mineral e altíssimo potencial para todos no futuro. Este indicio pode representar que, a princípio, os participantes não atribuíram relevância às relações causa-efeito entre as discussões em torno do coltan e as considerações internacionais do seu país como potência fornecedora deste recurso estratégico. Em espaços de conversa posteriores, os participantes informaram que isto não é discutido na mídia nacional, nem na agenda acadêmica ou política à qual têm acesso, o que pode justificar, até certo ponto, a pouca importância que deram ao tema.

Na segunda parte desta atividade, os participantes foram convidados a formular a sua própria questão de pesquisa, conforme os resultados mostrados no Quadro 4.

Na análise específica das perguntas formuladas pelos participantes selecionados, André questionou pelas alternativas em desenvolvimento para a produção ecológica de smartphones, e Milton, pelo conhecimento acerca da sustentabilidade no Brasil, indícios que remetem à introdução do conceito de desenvolvimento sustentável nesta discussão.

Na turma QL701, na primeira equipe: não se reporta uma pergunta formulada pelo José; Sônia se inclinou a construir uma pergunta totalmente relacionada às suas preocupações individuais mais próximas no que concerne às causas pelas quais os celulares podem explodir; Enedina questionou sobre as ações que cada um pode fazer para contribuir com a redução de impactos relacionados ao ciclo de consumo de

smartphones; e Juliano, pela forma como é realizada a reciclagem de equipamentos tecnológicos no Brasil. Todas essas inquietações são relativas a motivações de índole prática.

**Quadro 4** – Questões de pesquisa levantadas pelos participantes na Atividade Exploratória

Turma	Equipe	Participante	Questão proposta
EL136	1	André	Quais são as alternativas buscadas nos dias de hoje para uma produção de smartphones ecologicamente [sic]?
		Milton	O que sabemos acerca da sustentabilidade no Brasil?
QL701	2	José	---
		Sônia	Por que os celulares podem explodir?
		Enedina	Como fazer a nossa parte para reduzir os diferentes impactos relacionados ao ciclo de consumo de smartphones?
		Juliano	Como se dá a reciclagem de equipamentos eletrônicos no Brasil?
	3	Alan	Quais políticas públicas poderiam ser tomadas para evitar essa 'guerra' pelo coltan?
		Anna Maria	O que tem sido feito para solucionar o problema da exploração mineral em países como Congo e outros?
		Maria Beatriz	Mesmo sabendo [sic] os pontos negativos da produção dos smartphones, acarretaria, na população, um consumo mais consciente do mesmo (já que hoje ele é indispensável) ou a prática de troca a curto prazo se manteria?

-- Não reportada

Por outro lado, o foco de interesse das questões levantadas pelos participantes na segunda equipe esteve nos aspectos políticos e sociais. Exemplificando: Alan perguntou pelas políticas públicas que podem ser adotadas para evitar a guerra pelo coltan; Anna Maria, pelas ações que vêm sendo realizadas para solucionar o problema da exploração mineral no Congo e em outros países produtores; e Maria Beatriz, pelos fatores que provocariam na população um consumo mais consciente desses equipamentos tecnológicos.

Embora se possa dizer que, diferente da EL136, o conceito de desenvolvimento sustentável está presente de maneira menos explícita nas questões levantadas na QL701, nesta turma (predominantemente formada por alunos do curso de Licenciatura em Química), coloca-se o coltan no centro da discussão e considera-se que os aspectos científicos, sociais, políticos, ambientais e até educacionais são fundamentais para abordar esta controvérsia.

Para encerrar esta atividade, na terceira parte, foi realizado um exercício de socialização em que os participantes apresentaram e discutiram o conteúdo das fichas preenchidas. Nessa pequena roda de conversa, na EL136, as intervenções tiveram uma ênfase marcada nas relações entre o coltan e o conceito de desenvolvimento sustentável e foram identificadas algumas referências ao contexto nacional, principalmente a respeito da extração de tantalita na região amazônica e seus impactos. Já os participantes da QL701 focaram em analisar sistematicamente os aspectos científicos, sociocientíficos, socioambientais e sociopolíticos em torno do coltan a partir de informações resultantes das suas pesquisas e da leitura de alguns dos materiais principais e complementares disponibilizados pelo professor-pesquisador.

### Produção das Narrativas Transmídia

Esta atividade foi dividida em três partes. Na primeira, o professor-pesquisador realizou um processo de fundamentação teórica acerca da NT utilizando um vídeo educacional de sua própria autoria.<sup>3</sup> A seguir, através de uma história em quadrinhos, também de sua autoria, socializou algumas ferramentas gratuitas disponíveis na internet para a construção de recursos narrativos digitais<sup>4</sup> e, logo após, disponibilizou alguns textos com o objetivo de fornecer referências teóricas complementares para os participantes interessados em se aprofundar no tema. A intenção deste conjunto de estratégias era

<sup>3</sup> No vídeo de 2 minutos e 28 segundos, foram apresentados a definição, princípios teóricos, diferentes formatos utilizados e algumas perguntas orientadoras e critérios a serem considerados para a produção de NT na educação de acordo com as referências de Jenkins (2008), Scolari (2013) e Molas-Castells (2018) adotadas nesta pesquisa.

<sup>4</sup> Por meio deste recurso, foram apresentadas algumas ferramentas gratuitas disponíveis na internet para a produção de narrativas, como Pixton® (Histórias em Quadrinhos), Powtoon® (Vídeos educacionais), Flipgrid® (Gravação de áudio e vídeo em tempo real) e Godot Engine® (jogos educacionais interativos), para citar alguns.

apresentar diferentes formatos e ferramentas teórico-práticas que os participantes pudessem explorar e/ou aplicar no processo de produção das suas narrativas.

Em um segundo momento da primeira atividade, sob o título *'Smartphones sem mordça'*, a controvérsia científica em torno do coltan foi introduzida através de um relato escrito em forma de artigo de jornal, organizado pelo professor-pesquisador. Neste texto, foram fornecidos aos participantes elementos básicos para a construção de suas narrativas: um personagem de partida nomeado 'Pesquisador'; um contexto de atuação geral dele como um detetive a serviço de uma organização fictícia de intelectuais, sem fins lucrativos e independente, que trabalha em casos de alto valor para os interesses da população; uma pergunta orientadora que visava proporcionar um eixo para a criação das suas histórias; e uma recapitulação de alguns elementos teóricos sobre o coltan, acolhendo a proposta de Sjöström (2013) de níveis de complexidade na análise e discussão do elemento humano no Ensino de Química.

A intenção, ao se introduzir os elementos descritos na figura 2, foi propiciar condições iniciais para a produção das narrativas, fornecendo aos participantes um espectro suficientemente amplo para que isto não se tornasse um obstáculo. A partir daí, os participantes atribuíram ao detetive traços físicos e comportamentais, ampliaram o contexto de ação dele em torno do coltan, conferindo-lhe papéis como acadêmico, empresário e ativista, acrescentaram personagens auxiliares para desenvolver suas histórias e incluíram em seus relatos perspectivas derivadas de suas interpretações sobre os aspectos que, como resultado das análises, discussões e acordos coletivos, consideraram que os cidadãos deveriam saber acerca deste minério.

Na segunda atividade, os participantes se organizaram livremente em equipes com o objetivo de produzir uma NT curta contextualizada em torno da pergunta orientadora: *'Tendo abordado a partir de diferentes níveis de complexidade a controvérsia configurada em torno deste minério, o que você acha que os cidadãos deveriam saber a respeito do coltan?'* No processo de construção de respostas, foram convidados a considerar a perspectiva de um dos atores envolvidos na controvérsia sobre o coltan – Trabalhador de Minas, Gerente de Minas, Milícia, Governo (países produtores ou industrializados), Multinacionais ou ONGs/Ativistas – e a utilizar pelo menos duas (2) mídias diferentes para desenvolver as narrativas. De fato, procurando contribuir nesse propósito, foi-lhes fornecida uma ficha de planejamento.

Esta pergunta visava possibilitar um marco de referência amplo e flexível para que os participantes produzissem efeitos de sentido, entre outras, com apoio do andaime conceitual e investigativo transdisciplinar desenvolvido para a abordagem da controvérsia durante as fases prévias de contextualização e fundamentação da unidade de ensino.



Convenções			
1	Introdução de elementos básicos para a construção de Narrativas.	4	Elementos da aplicação do conhecimento da ordem científica disciplinar.
2	Elementos da ordem científica disciplinar.	5	Elementos da ordem sócio-político-ética.
3	Elementos da ordem sócio-histórico-ambiental.		

**Figura 2** – Estrutura do texto de apresentação da controvérsia aos participantes (extraída de Zambrano-González, 2023, p. 127)

A seguir, serão apresentadas as narrativas e alguns efeitos de sentido produzidos pelas equipes formadas pelos participantes selecionados para análise em cada uma das turmas durante a realização da terceira atividade dessa fase.

De acordo com as orientações da atividade, na EL136, André e Milton concordaram em produzir sua NT em duas etapas (estrutura sugerida pelo professor-pesquisador), uma primeira que acontece sob forma de história em quadrinhos (ver anexo). O enredo, situado na RDC, na África Central, em 2019, se organiza em torno da história de um mineiro que quer lutar contra as injustiças impostas em seu trabalho, buscando por meio desta abordagem relatar os prejuízos causados pela exploração do coltan no que diz respeito à exploração dos trabalhadores, suas precárias condições de trabalho e a falta de conhecimento público sobre tais ações para, na sequência, promover a conscientização sobre a necessidade de uma produção sustentável que preserve a natureza por meio, entre outras estratégias, do descarte correto de equipamentos tecnológicos que contenham essa matéria-prima.

Na segunda narrativa, André e Milton resolveram criar um podcast. Buscando conectar as narrativas, no podcast, propuseram desenvolver um diálogo tipo entrevista, que acontece na cidade de Campinas em 2020, entre um estudante do curso de Licenciatura Integrada em Química e Física da UNICAMP (um deles) e uma bióloga formada na mesma universidade, que, na época, atuava como professora em escolas públicas da região de Campinas e que, dentro da estrutura narrativa, assumiu o papel de personagem principal, tornando-se a voz do Pesquisador.

Quanto à estrutura geral do podcast, que teve duração total de 18 minutos e 57 segundos, inicialmente desenvolveu-se uma introdução sobre a relação da professora com a tecnologia. Em uma segunda parte, realizou-se uma conversa em torno de como os smartphones são feitos, o que incluiu uma análise sobre alguns elos e atores da cadeia produtiva desta indústria. Em uma terceira parte, abordou-se tangencialmente algumas considerações sobre os conflitos gerados ao redor destas matérias-primas (o prejuízo para as comunidades, especialmente para as mulheres e crianças; guerras e conformação de grupos armados) e, finalmente perguntou-se diretamente pelos impactos sociais, econômicos e ambientais que envolvem essa atividade econômica e pelas possíveis alternativas de substituição deste minério na perspectiva da convidada.

No geral, a história em quadrinhos apresentou uma perspectiva sobre o minério na voz dos elos mais frágeis da cadeia produtiva (os mineiros) com o subentendido de que se referiam ao coltan, pois nunca utilizaram explicitamente essa referência nos balões de diálogo, ou seja, houve um silenciamento (Orlandi, 2007) dos aspectos da ordem científica em sua narrativa. De outro lado, percebeu-se um esforço pelo uso de uma linguagem simples e uma articulação da história ao redor de uma situação que pudesse facilitar a compreensão dos leitores potenciais em torno da pergunta que orientava a narrativa produzida.

No podcast, os efeitos de sentido produzidos colocaram a relação escola-tecnologia em uma posição central, mais ativa do que nunca, devido aos efeitos da pandemia de COVID-19, que, naquele momento, estava em pleno andamento. A partir disso, infere-se um foco de interesse acentuado ao redor das questões que envolvem as forças sociais na discussão sobre o coltan.

Ora, na turma QL701, duas equipes foram selecionadas para análise, tendo em vista os critérios de seleção definidos e descritos no percurso metodológico como já mencionado. A primeira equipe decidiu seguir a estrutura de duas etapas proposta pelo professor-pesquisador para a produção de suas NT, enquanto a segunda decidiu não segui-la.

Na sua primeira narrativa, José, Sônia, Enedina e Juliano propuseram, sob forma de relato digital escrito, intitulado 'O 'ouro negro' é manchado de sangue?' (ver anexo), uma história em que Pesquisador entrevistava: um trabalhador de uma mina de coltan na RDC, o congolense Arthur François, um homem afetado pelas milícias e com problemas de saúde relacionados à atividade mineradora sem

regulamentação; e, simultaneamente, Justin Connors, um usuário de smartphones nos Estados Unidos e *digital influencer* que não possuía conhecimentos sobre os problemas sócio-políticos relacionados aos constituintes de sua principal ferramenta de trabalho, o celular.

No desenvolvimento da entrevista, a equipe pretendeu: mostrar vivências, perspectivas e impactos sociais causados pela exploração do coltan e pelo consumo de smartphones na RDC (país de exploração) e nos Estados Unidos (país de consumo), bem como algumas diferenças na qualidade de vida dos entrevistados em função das condições e atividades econômicas de seus países; refletir sobre quais são os impactos ambientais e na saúde pública da mineração de coltan; discutir algumas propriedades químicas e aplicações industriais dos metais que formam o coltan; e, finalmente, levantar o debate sobre a relação entre a exploração do coltan e os conflitos sócio-políticos na RDC com o objetivo de sensibilizar os usuários de smartphones para a exploração de minerais que ocorre nesse território e suas consequências para o país e sua população.

Na segunda narrativa, a equipe produziu um relato em formato de gibi,<sup>5</sup> que intitulou 'Pesquisator e sua turma', e organizou um capítulo especial, que nomearam 'Química em todo lugar: o 'ouro negro' que existe em nossos smartphones' (ver anexo), para, através dele, se referir ao que consideram que os cidadãos deveriam saber a respeito deste minério. No gibi, junto a Pesquisator, aparecem novos personagens, como Maria, Caio, Lucas e seus colegas de escola, ou seja, identifica-se, em palavras de Molas-Castells (2018), uma expansão do mundo narrativo.

Quanto à história, em uma situação do cotidiano escolar, Caio encontra o seu amigo Lucas e lhe pergunta se já ouviu falar sobre o coltan. Nesse momento, Maria entra na conversa e explica-lhes o que esse minério é. No meio do diálogo, Caio afirma que os celulares estão manchados de sangue e seus amigos, assustados, vão até a casa de Caio para conversar com seu irmão, Pesquisator, um grande intelectual e um investigador experiente nessa questão, e assim compreender melhor o seu depoimento.

Em casa, Pesquisator: conversa com os amigos de Caio sobre o coltan, abordando os seus aspectos científicos e socioeconômicos; mostra-lhes os elementos químicos que estão presentes nos nossos celulares e o que cada um faz no equipamento; e explica-lhes a relação entre a alta demanda por minerais e os problemas ambientais e sociais advindos da exploração, especialmente na RDC, onde a colonização belga e os conflitos políticos da região facilitam a exploração dos trabalhadores por milícias. Para fechar, Pesquisator enuncia algumas alternativas para o uso do coltan, fala sobre como reciclar materiais eletrônicos e promove uma pequena reflexão acerca do consumo consciente.

Quanto aos efeitos de sentido produzidos, na entrevista, são marcantes: o protagonismo atribuído ao conhecimento químico, retomando embasamentos teóricos como o de Sousa *et al.* (2013), em referência às propriedades físico-químicas do tântalo (principalmente, elevada resistência e dureza, grande capacitância e alto ponto de fusão) e sua relação com algumas especificidades técnicas fundamentais para a fabricação de componentes eletrônicos utilizados em equipamentos tecnológicos; o papel estratégico do coltan na indústria de smartphones, reconhecendo-o como o 'Ouro Negro', um minério de 'vital importância para a elaboração de um circuito elétrico energeticamente mais eficiente e menos espaçoso', questionando se ele é 'manchado de sangue' e desenvolvendo um contraponto tanto do lado da produção quanto do lado do consumo.

Diante dos sentidos produzidos no gibi: se mantém o fio condutor do coltan como o 'ouro negro' que existe em nossos smartphones; se expande o universo narrativo com a introdução de novos personagens com diversidades de gênero e raça; e se muda o cenário e o formato de apresentação empregado. Aliás, assim como ocorreu na segunda narrativa produzida pela equipe formada por André e Milton na turma EL136. Nesta narrativa, José, Sônia, Enedina e Juliano privilegiaram o contexto acadêmico, possivelmente buscando incluir diversidade de aspectos propostos por Sjöström (2013) à discussão sobre a química presente nos smartphones, aprofundando sobre as propriedades físico-químicas do tântalo, as relações históricas relativas aos conflitos por minerais na RDC e o descarte de materiais eletrônicos.

Em relação à segunda equipe selecionada para análise nesta turma, Alan, Anna Maria e Maria Beatriz decidiram desenvolver uma única narrativa organizada em formato de relato digital escrito tipo entrevista entre uma ex-mineradora que, na época, trabalhava para uma ONG e a diretora executiva (CEO, *Chief Executive Officer*) de uma empresa multinacional de mineração para o setor de tecnologia (ver anexo).

---

<sup>5</sup> Uma palavra popularizada no Brasil correspondente ao título de uma história em quadrinhos criada por volta de 1940 que fez sucesso no país e que acabou-se tornando (pelo uso) 'sinônimo' de história em quadrinhos.

Em termos da história, contaram que, inicialmente, não havia uma relação aparente entre a diretora executiva da empresa multinacional e a ex-mineradora, porém, no decorrer da entrevista, elas descobriram que tinham muito mais em comum (ou não) do que imaginavam. No encontro, o entrevistador formulou uma série de perguntas, possibilitando que cada uma narrasse trechos de sua vida. Logo após, as entrevistadas compartilharam os diferentes pontos de vista, causando, como resultado da troca de ideias e experiências, uma possível tentativa de mudança na relação que existia entre ambas.

Diante dos efeitos de sentido produzidos, assim como José, Sônia, Enedina e Juliano, situados na cadeia produtiva dos smartphones, Alan, Anna Maria e Maria Beatriz propuseram, na sua narrativa, um contraponto entre uma ex-mineira e uma empresária do setor de tecnologia. Na sua história, um elemento que chama a atenção é o notável protagonismo assumido pelas mulheres na abordagem desta controvérsia. No decorrer da conversa, podem se apreciar vestígios que se referem: ao papel das milícias no território de extração do minério; ao trabalho forçado ao qual as comunidades vizinhas estão submetidas; à violação dos direitos trabalhistas; aos impactos das leis regulatórias internacionais; à falta de controle estatal local; à ilegalidade de uso de alguns dos elementos químicos necessários na produção de equipamentos tecnológicos; e ao escasso conhecimento que existe sobre a realidade do outro em ambos os elos da cadeia produtiva. Esses levantamentos indicam o estabelecimento de relações com algumas referências sugeridas pelo professor-pesquisador, tais como: Ayres (2012) e Barume *et al.* (2016).

Um elemento marcante nas narrativas produzidas está relacionado com as inegáveis tensões que surgem entre a centralidade que se pretende dar ao conhecimento químico com as contribuições derivadas da abordagem transdisciplinar, a incorporação do elemento humano no Ensino de Química e o certo modo de intervenção que a tecnologia é capaz de produzir, pelo discurso, aspectos que, em concordância com Zambrano-González (2023), de alguma forma coexistem na noção de DDErQ.

## **Socialização e discussão**

Após três semanas de trabalho remoto acompanhado pelo professor-pesquisador através de diferentes mecanismos (Google Classroom®, WhatsApp® e correio eletrônico, principalmente), na última sessão síncrona (oficina 4), cada uma das equipes socializou as narrativas produzidas. A seguir, desenvolveu-se uma roda de conversa a partir de questões formuladas pelos participantes na atividade e pelo professor-pesquisador a fim de encontrar alguns vestígios que ajudassem a compreender de que modo os professores em formação produziram DDErQ.

Na sequência, apresenta-se as análises do que aconteceu em cada uma das turmas durante a realização das atividades desta fase, com foco nas equipes selecionadas.

Logo depois o término da socialização das narrativas produzidas, na turma EL136, observam-se vestígios que apontam para discursos auxiliados maioritariamente pela presença dos níveis de complexidade na análise e discussão do elemento humano no Ensino de Química (Sjöström, 2013) de ordem sócio-histórico, sócio-científico-ambiental, sócio-cultural-filosófico e sócio-político-ético do que os de ordem disciplinar ou aplicado relativos à Química. Evidencia-se, nas suas formulações discursivas na materialidade digital, incipientes articulações entre os conteúdos que circulam pela mídia e a seleção de fontes especializadas em torno da química, provavelmente associada, entre outros fatores, ao seu estágio formativo. Ao se estabelecerem relações com a prática profissional pautadas na teoria ou na experiência pessoal nas instituições de ensino, não necessariamente a partir do papel de professor, se produzem sentidos que apontam para a relevância teórica de abordar aspectos controversos no seu futuro exercício profissional, com alguns reparos causados pelos seus imaginários sobre o funcionamento da escola, o contexto de aplicação, o conhecimento, o acesso aos equipamentos tecnológicos e a possível resposta dos alunos perante este tipo de abordagens.

Na roda de conversa, a turma apontou que, nas narrativas socializadas pela equipe formada por André e Milton, o papel dos conhecimentos químicos auxilia diversas ideias, porém, na opinião deles, não ocupa papel central nas histórias, fato que poderia se atribuir: ao domínio de determinados conhecimentos sobre a disciplina e as fontes selecionadas, por sua vez, relacionadas ao estágio formativo em que os participantes se encontravam; às suas trajetórias acadêmicas; ao seu grau de envolvimento na atividade proposta; e às suas interpretações quanto aos elementos que precisavam maior destaque no intuito de responder a pergunta acerca do que os cidadãos deveriam saber sobre o coltan. Além disso, no que se refere à relação entre as narrativas produzidas e os princípios teóricos da NT (Jenkins, 2010), evidenciaram dificuldades na conexão entre as etapas, mantendo, principalmente, a serialidade, continuidade e construção de universos narrativos.

Em diálogo com a literatura, deve-se partir do fato de que construir NT “*não se trata de uma mesma linha argumental reproduzida em diferentes mídias*”, mas sim de “*uma única história em que se inter-relacionam linhas argumentativas, personagens, lugares e situações que se apresentam em diferentes mídias e em diferentes momentos*” (Molas-Castells, 2018, p. 29, traduções nossas). Tais características, enquadradas nesta abordagem experiencial voltada para o Ensino de Química na qual os participantes foram expostos pela primeira vez durante sua formação inicial, poderiam ajudar a explicar algumas das dificuldades acima apontadas. Pautados nesses resultados, concordamos com a perspectiva de Scolari (2013) de que a NT é “*uma prática de produção de sentido e interpretativa baseada em histórias que são expressas através de uma combinação de linguagens, meios e plataformas*” (p. 25, tradução nossa) e que, nesse sentido, há uma potencialidade manifesta desse recurso didático para a produção de DDErQ.

Por sua parte, finalizada a socialização, na turma QL701, foram identificados: efeitos de sentido produzidos pelas tecnologias que interligaram permanentemente a prática docente com o conteúdo disciplinar da química; diálogos com a informação que circula pelo digital e conexões entre aspectos dos níveis de complexidade na análise e discussão do elemento humano no Ensino de Química (Sjöström, 2013), tentando, além de aprender participando ativamente na experiência, analisar, no seu conjunto, seus prós, contras e desafios, refletir acerca de uma possível aplicação desse tipo de recursos em situações específicas de ensino e promover uma releitura, no seu futuro exercício profissional, sobre a tecnologia e sobre o digital na educação.

Durante a roda de conversa, no que tange às narrativas produzidas pela equipe formada por José, Sônia, Enedina e Juliano, os demais membros da turma destacaram: a ideia de contrastar duas realidades que têm sido consideradas ‘diametralmente opostas’ – por um lado, a do minerador e, por outro lado, a do consumidor final –, tecendo um fio condutor que, entrelaçado ao redor das perguntas formuladas, conecta o conhecimento químico, com protagonismo do coltan, com questões conexas à discussão de ordem ambiental, social, econômica e política; e os epílogos incorporados nas narrativas que, em sua perspectiva, configuram convites para ‘uma passagem do dizer ao fazer’ – coerente com as preocupações das novas gerações – que poderiam ser ‘lidos’ como a urgência de promover uma conscientização que leve à ação, o que implica abordar aspectos como o consumismo, a reciclagem pós-consumo, a sustentabilidade e o envolvimento do governo, das grandes multinacionais do setor tecnológico e da cidadania em diferentes frentes subjacentes a essa problemática.

Quanto à narrativa produzida pela equipe formada por Alan, Anna Maria e Maria Beatriz, os colegas da turma parabenizaram o destaque dado às mulheres. Entretanto, levantaram algumas questões devido ao formato utilizado, já que, na opinião de alguns participantes, a dinâmica não forneceu elementos que contribuíram para o enriquecimento da discussão, pois as convidadas limitaram-se a falar sobre suas impressões uma da outra. Ademais, outros participantes recomendaram o uso da estrutura em duas fases proposta pelo professor-pesquisador, pois, na sua opinião, há muitos elementos a serem considerados na discussão em torno do coltan e abordá-los em uma única narrativa pode ser cansativo e pouco atrativo para o leitor.

Com base nos resultados dessa fase, destacamos a riqueza que representam as reflexões levantadas coletivamente em torno das NT socializadas pelas três equipes, não apenas considerando a textualização das histórias produzidas na materialidade digital, mas também o processo e os modos como os demais participantes na UE as interpretam e questionam e até mesmo dão feedback. Nessa dinâmica, configura-se um dispositivo no contexto da formação inicial de professores que, a nosso ver, reúne um conjunto de elementos essenciais que podem contribuir para a transformação das futuras práticas escolares associadas ao ensino de química.

## **Reflexão e feedback**

Nesta última fase da UE, por meio de uma roda de conversa organizada em torno de perguntas construídas pelo professor-pesquisador e de um questionário situacional aberto aplicado individualmente, foram investigados, sob a ótica dos participantes, os possíveis efeitos em seus processos de formação inicial da mediação da NT como recurso didático na produção de DDErQ.

O roteiro da roda de conversa constou das seguintes questões:

1. Como foi a experiência de desenvolver uma NT nas condições atuais de ensino remoto e totalmente virtualizado?

2. Na sua opinião, que *potencialidades / limitações / riscos / desafios* representa para a prática profissional de um(a) professor(a) contar uma história através das NT como estratégia para o Ensino de Química?
3. Considerando o nosso contexto educativo, para você, o currículo de formação de professores *fornece / deveria fornecer / não precisa fornecer* elementos para o desenvolvimento de NT focada nos processos de Ensino de Química? Justifique.

Em cada uma das turmas, no decorrer da roda de conversa, os participantes expressaram, a partir da sua própria experiência, os desafios que enfrentaram para desenvolver as NT nas condições vigentes na época de ensino remoto e totalmente virtualizado: primeiro, porque era um cenário atípico com um precedente caótico que ocorreu inesperadamente durante a segunda parte do primeiro trimestre de 2020; segundo, porque estavam passando por um processo de transição entre as modalidades de trabalho pedagógico nas diferentes disciplinas; terceiro, porque consideravam como interferente o funcionamento técnico dos dispositivos pelos quais acessavam a internet e a qualidade da conexão; e quarto, porque reconheciam algumas limitações tanto no domínio dos conceitos disciplinares quanto dos recursos tecnológicos necessários para materializar suas histórias.

Contudo, vale destacar que, em termos de seus processos de formação inicial, na perspectiva geral dos participantes destas turmas, os possíveis efeitos da mediação da NT como recurso didático na produção de DDErQ são percebidos como uma oportunidade para articular diferentes conhecimentos em torno da química junto com as tecnologias enquanto exterioridade constitutiva do dizer que afeta as estruturas e as relações dos efeitos de sentido produzidos na ordem do digital (Dias, 2018). Isto poderia ser feito, por exemplo, mediante uma unidade de ensino organizada sob forma de controvérsia científica. As NT apresentam, também, uma oportunidade para refletir sobre a necessidade de fortalecer aspectos da ordem tecnológica, da criação de novos espaços de integração dos saberes disciplinares, pedagógicos e didáticos e dos componentes transdisciplinares nas grades e ementas das disciplinas orientadas nas instituições de educação superior para a formação dos futuros professores na área.

Sob outro enfoque, conforme introduzido no capítulo metodológico, o questionário final de tipo situacional aberto foi desenvolvido individualmente com a mediação das TDIC, propondo um cenário hipotético baseado em situações contextualizadas a fim de reduzir as relações de força sobre o mecanismo de antecipação em situações de coleta de informações de pesquisa realizadas através de questionários escritos, conforme proposto por Silva e Almeida (2017).

A partir dos questionários preenchidos pelos participantes selecionados para análise, foram levantadas reflexões relacionadas à necessidade de: analisar criticamente as informações que circulam na internet; escolher fontes confiáveis para fundamentar as histórias desenvolvidas nas narrativas; utilizar a linguagem científica; e realizar as metáforizações necessárias sem perder de vista a química, procurando contemplar em seu mais amplo espectro os diferentes grupos de aspectos que possam auxiliar a análise das controvérsias em estudo.

Voltando à primeira parte do objetivo desta pesquisa, de acordo com os resultados obtidos em seu desenvolvimento, os modos de produção de DDErQ estão associados a cinco condições relevantes elencadas a seguir:

1. O contexto e a história de vida dos participantes e suas relações com as questões de estudo.
2. As formações discursivas próprias da química, visto que, em termos *pechêuticos*, a partir de uma posição dada numa conjuntura dada, determina-se o que pode e deve ser dito.
3. O interdiscurso, por sua vez ligado à memória discursiva, constituído de todo dizer já dito e esquecido; neste caso, subsidiado, entre outros: pelos conhecimentos adquiridos pelos participantes durante a sua formação nos níveis do sistema educacional estabelecido (ensino médio, técnico, tecnológico, bacharelado, graduação e/ou pós-graduação) ou inclusive fora dele; pelas relações estabelecidas com a informação em circulação pela mídia; e pela pesquisa ao redor das questões de estudo propostas.
4. A exterioridade associada ao caráter histórico, social e ideológico do sentido, considerando, como aponta Dias (2016), que:

*“...a digitalização do mundo é um processo de historicização dos sentidos que desloca o modo de significação, produzindo uma forma material outra, porque inscreve o dizer, o fazer, as práticas dos sujeitos, em outras condições de produção, afetada por outras instituições, como as corporações do tipo Google ou Microsoft, garantindo o funcionamento da máquina ideológica por meio das relações de poder e de produção-reprodução do trabalho” (pp. 10-11).*

Perspectiva esta que, aplicada ao DDERQ, tem a ver com a digitalização do mundo, as tecnologias enquanto exterioridade constitutiva do dizer que afeta as estruturas e as relações entre os efeitos de sentido produzidos na ordem do digital (Dias, 2018) e a inclusão dos níveis de complexidade na análise e discussão do elemento humano no Ensino de Química (Sjöström, 2013).

5. As experiências na educação e o estágio formativo dos participantes, cujos vestígios se refletem em elementos incorporados nos seus discursos produzidos mediante o efeito metafórico, a interpretação, a análise crítica das fontes, a importância de assumir uma posição diante de um dizer e o desafio de contribuir por meio dos processos de ensino e aprendizagem à historização dos conhecimentos e à transformação das futuras práticas escolares em torno da química na sala de aula.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Partindo do objetivo geral da pesquisa, defende-se a tese de que a configuração de uma unidade de ensino que problematiza as entranhas de um dispositivo amplamente acessível aos participantes, como o smartphone, em processos de produção de efeitos de sentido textualizados na materialidade digital através de recursos didáticos como as NT, contribui para a mediação do DDERQ. Acredita-se que esta prática deve ser subsidiada pela inclusão transdisciplinar de diferentes níveis de complexidade na análise e discussão do elemento humano no Ensino de Química. Isso se torna possível entendendo o DDERQ, nos termos da sua configuração (Zambrano-González, 2021), como um desdobramento teórico que, na práxis, visa traçar um percurso para a interpretação, compreensão e ressignificação das futuras práticas escolares, mobilizando novos modos de leitura sobre as tecnologias e sobre o digital em sala de aula.

Com efeito, a implementação dessa unidade de ensino desvenda a necessidade de repensar o smartphone não simplesmente como um objeto tecnológico, mas como um recurso pedagógico e didático para o Ensino de Química a partir de uma perspectiva transdisciplinar, de modo a promover abordagens abrangentes em que, em concordância com a proposta de Sjöström (2013), seja protagonista a inclusão de diferentes níveis de complexidade na análise e discussão do elemento humano no Ensino de Química.

Os achados e análise decorrentes do trabalho empírico realizado permitem evidenciar a importância de promover espaços de reflexão que contribuam para a transformação da prática escolar desde a formação inicial. Também possibilitam pensar, na perspectiva teórica de Dias (2018), os recursos tecnológicos como constitutivos da própria prática – não um ‘auxiliar’ desta, sendo algo que se constitui ao mesmo tempo que a prática. Desta forma, foca-se não exatamente no recurso tecnológico em si, mas num certo modo de intervenção no sentido que a tecnologia é capaz de produzir, pelo discurso, pelas formações imaginárias.

Nesta pesquisa, reconhece-se o papel central do professor em ambientes de ensino e aprendizagem de química mediados por TDIC e as implicações de oportunizar a contextualização, a historicização e a ressignificação do conhecimento científico escolar em prol de gerar condições de participação incidente para setores mais amplos da população que lhes permitam exercer ativamente a cidadania e construir coletivamente alternativas para enfrentar os desafios contemporâneos, conforme o objetivo exposto por Almeida (2010) na formulação do Discurso Escolar relativo à Ciência, noção teórica cujo desdobramento está na base do DDERQ.

Quanto às implicações e contribuições deste estudo para a pesquisa sobre o tema na área de Ensino de Química e para pesquisas futuras, destacamos alguns elementos que emergiram com o andamento desse trabalho, tais como: a configuração da noção teórica de DDERQ (Zambrano-González, 2021); a síntese de seus modos de produção e os indícios de relações entre as condições de produção discursiva; a unidade de ensino e a mediação da NT como recurso didático em seus processos de formação inicial (Zambrano-González, 2023). Tais elementos representam subsídios potenciais no intuito de traçar novos percursos que, a curto, médio e longo prazo, contribuam à compreensão da tríade TDIC, Desafios Científicos Contemporâneos (com foco no conhecimento químico) e NT.

Por fim, em termos de novas pesquisas com foco no DDErQ, a partir da nossa experiência e desdobramentos teóricos, sugerimos diversificar as problemáticas analisadas, promover a integração curricular (inter- e transdisciplinar) e conectar os processos escolares com discussões contextualizadas acerca de questões relevantes de ciência, tecnologia e inovação. Destaca-se também a importância de repensar algumas concepções em relação à tecnologia e o digital e ampliar os horizontes dos professores em formação inicial rumo à ressignificação de suas práticas futuras como profissionais da educação química.

## **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 - Programa de Estudantes-Convênio de Pós-Graduação (PEC-PG) - Edital Nº 25/2018 – Processo 88881.284372/2018-01.

Aos professores Maria José Pereira Monteiro de Almeida, Cristiane Pereira Costa Dias, Jordi Vallverdú Segura e Bruno Silva Leite, cujas contribuições foram decisivas para alcançar os objetivos desta pesquisa e para seu aprimoramento.

Aos professores em formação das turmas EL136 e QL701 ministradas no segundo semestre de 2020 na Faculdade de Educação e no Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), que participaram da implementação da unidade de ensino, por seu trabalho e comprometimento apesar das circunstâncias complexas pelas quais estávamos atravessando em meio à pandemia.

## **REFERÊNCIAS**

- Almeida, M. J. (2010). O texto de divulgação científica como recurso didático na mediação do discurso escolar relativo à ciência. In: G. A. Pinto, G. A., *Divulgação científica e práticas educativas* (11-24). Curitiba, PR: CRV.
- Ayanda, O. S., & Adekola, F. A. A. (2011). Review of Niobium-Tantalum Separation in Hydrometallurgy. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 10(3), 245-256. <https://doi.org/10.4236/jmmce.2011.103016>
- Ayres, C. J. (2012). The international trade in conflict minerals: coltan. *Critical perspectives on international business*, 8(2), 178-193. <https://doi.org/10.1108/17422041211230730>
- Barume, B., Naeher, U., Ruppen, D., & Schütte, P. (2016). Conflict minerals (3TG): Mining production, applications and recycling. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 1, 8-12. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2016.07.004>
- Bonilla-Castañeda, M. N., & Martínez-Pérez, L. F. (2018). La explotación del coltán: Una cuestión sociocientífica para el desarrollo de competencias. In EDUFBA (Ed.). *Questões Sociocientíficas. Fundamentos, propostas de Ensino e Perspectivas para Ações Sociopolíticas* (363- 373). Salvador. <https://doi.org/10.7476/9788523220174.0018>
- CGI.BR - Comitê Gestor da Internet no Brasil (2021). *PAINEL TIC COVID-19 - Pesquisa web sobre o uso da internet no Brasil durante a pandemia do novo coronavírus*. ICT Painel COVID-19 (Ed.). São Paulo: CGI.BR. Recuperado de [https://cqi.br/media/docs/publicacoes/2/20210426095323/painel\\_tic\\_covid19\\_livro\\_eletronico.pdf](https://cqi.br/media/docs/publicacoes/2/20210426095323/painel_tic_covid19_livro_eletronico.pdf)
- Dias, C. (2016). A Análise do discurso digital: Um campo de questões. *REDISCO – Revista Eletrônica de Estudos do Discurso e do Corpo*, 10(2), 8–20. Recuperado de <https://periodicos2.uesb.br/index.php/redisco/article/view/2515/2079>
- Dias, C. (2018). *Análise do discurso digital: sujeito, espaço, memória e arquivo*. Campinas, SP: Pontes Editores.
- Freeman, Y. (2018). *Tantalum and Niobium-based capacitors. Science, technology and applications*. Greer, SC, USA: Springer International Publishing.

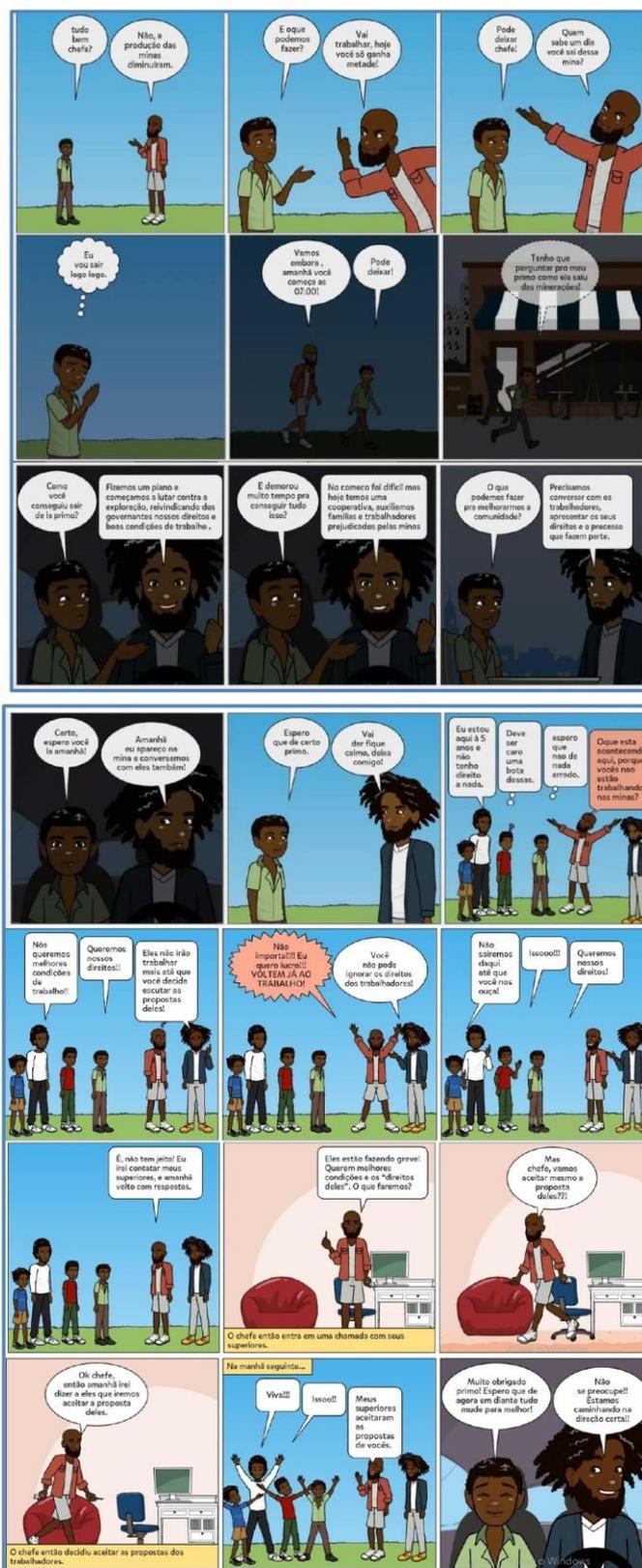
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. (2021). *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. Acesso à Internet e à televisão e posse de telefone móvel para uso pessoal 2019*. PNAD Contínua. Recuperado de [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101794\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101794_informativo.pdf)
- Jenkins, H. (2008). *Convergence Culture. La cultura de la convergencia de los medios de comunicación*. (Trad. P. H. Lazcano). Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica S.A.
- Jenkins, H. (2010). *Transmedia education: the 7 principles revisited*. Henry Jenkins [online]. Recuperado de [http://henryjenkins.org/blog/2010/06/transmedia\\_education\\_the\\_7\\_pri.html](http://henryjenkins.org/blog/2010/06/transmedia_education_the_7_pri.html)
- Krupczak, C., Aires, J. A., & Reis, P. G. R. dos. (2020). Controvérsias sociocientíficas: análise comparativa entre Brasil e Portugal. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 16(37), 89-105. <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v16i37.8584>
- Leite, B. S. (2021). Pesquisas sobre as tecnologias digitais no ensino de química. *Debates em Educação*, 13(2), 244-269. <https://doi.org/10.28998/2175-6600.2021v13nEsp2p244-269>.
- Molas-Castells, N. (2018). *La guerra de los mundos: la narrativa transmedia en educación*. Barcelona, España: Editorial UOC.
- Orlandi, E. P. (1987). *A Linguagem e seu funcionamento: as formas do discurso*. Campinas, SP: Pontes Editores.
- Orlandi, E. P. (2007). *As formas do silêncio: no movimento dos sentidos*. (6a ed.). Campinas, SP: UNICAMP.
- Scolari, C. A. (2013). *Narrativas Transmedia. Cuando todos los medios cuentan*. Barcelona, España: Deusto.
- Silva, A. C., & Almeida, M. J. (2017). Estratégias para a coleta de informações numa pesquisa com apoio teórico-metodológico na Análise de Discurso. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(3), 883–902. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017173883>
- Sjöström, J. (2013). Towards Bildung-Oriented Chemistry Education. *Science & Education*, 22(7), 1873–1890. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9401-0>
- Sjöström, J., & Talanquer, V. (2014). Humanizing Chemistry Education: from simple contextualization to multifaceted problematization. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1125–1131. <https://doi.org/10.1021/ed5000718>
- Sousa, R., Silva, T., Couto-Almeida, J., & Guerra, W. (2013). Tântalo: Breve histórico, propriedades e aplicações. *Educación Química*, 24(3), 343–346. Recuperado de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/64323>
- TIC - Tantalum-Niobium International Study Center. (2020). *Revisão 2020 do boletim (Edição em Português)*. Lasne: TIC. Recuperado de [https://tanb.org/images/Revisão 2020 do Boletim \(Edição em Português\)\(1\).pdf](https://tanb.org/images/Revisão_2020_do_Boletim_(Edição_em_Português)(1).pdf)
- USGS - United States Geological Survey. (2023). *Mineral commodity summaries 2023*. Reston, Virginia, United States of America. <https://doi.org/10.3133/mcs2023>
- Vallverdú, J. (2002). *Marc teòric de les controvèrsies científiques: el cas de la sacarina*. (Tese de doutorado). Departament de Filosofia, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10803/5159>
- Vieira, A. M. D. P., & Munaro, A. C. (2019). A narrativa transmídia no processo de ensino e aprendizagem de adolescentes. *EccoS – Revista Científica*, 48, 317-337. <https://doi.org/10.5585/eccos.n48.8182>
- Zambrano-González, N. A. (2021). Configuración teórica de la noción de Discurso Digital Escolar relativo a la Química. *Ciência & Educação (Bauru)*, 27, e21039. <https://doi.org/10.1590/1516-731320210039>

Zambrano-González, N. A. (2023). *Das entranhas dos smartphones à Narrativa Transmídia como recurso didático na mediação do Discurso Digital Escolar relativo à Química*. (Tese de doutorado). Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12733/12426>

**Recebido em:** 11.10.2023

**Aceito em:** 09.04.2024

ANEXOS<sup>6</sup>



História em Quadrinhos - André e Milton

<sup>6</sup> As produções resultantes desta pesquisa, tanto por parte do professor-pesquisador quanto dos professores em formação inicial, encontram-se em um tamanho que permite a visualização dos textos nelas contidos, no trabalho integral. Nesta seção, devido à sua extensão, apenas as primeiras páginas de cada uma das NT produzidas pelas equipes selecionadas para análise foram incluídas.

# REVISTA MUNDO EM FOCO

Nº 42, dezembro de 2020

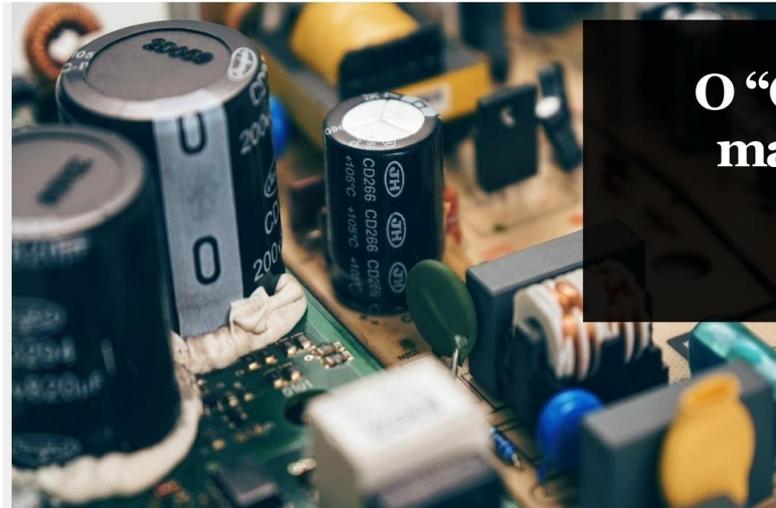


Imagem de Tide He por Pixabay.

## O “Ouro Negro” é manchado de sangue?

Pesquisador entrevista o minerador congolês Arthur Fraçois e o *digital influencer* estadunidense Justin Connors

O consumismo é um tema recorrente em diversos debates do século XXI pois gera consequências em diferentes áreas: ambiental, social, econômica e política. Um dos itens pessoais mais importantes no cotidiano de grande parte das pessoas é o telefone celular, ele trouxe diversas facilidades no acesso à informação, entretenimento e na comunicação, sendo muitas vezes um dispositivo indispensável na atividade profissional de grande parte da sociedade. O último levantamento feito pela GSMA (Global System for Mobile Communications) mostra que cerca de 5,1 bilhões de pessoas no mundo utilizam frequentemente os serviços e dispositivos de

telefonia móvel, entretanto, ao passo que muitas pessoas consomem esses sofisticados Smartphones, quantas exercem esse consumo de maneira consciente de forma não consumista? Quantas se questionam da origem dos componentes físicos desses aparelhos?

O cenário dos insumos dos Smartphones é bastante preocupante e deve ser trazido ao debate para a sociedade. Um importante insumo que é até chamado de ouro negro, o Coltan, uma mistura mineral de onde são extraídos o nióbio e o tântalo, elementos químicos fundamentais para a confecção

dos componentes eletrônicos dos *smartphones*, está no centro de conflitos da República Democrática do Congo, país africano que possui grande quantidade do Coltan disponível no mundo. Para mostrar como um mesmo tema pode gerar perspectivas muito diferentes para pessoas em situações diferentes a revista Mundo em Foco convidou o detetive Pesquisador colaborador da SNCC para entrevistar o minerador de Coltan congolês Arthur Fraçois e o *digital influencer* da área de tecnologia estadunidense Justin Connors, nas entrevistas, perguntamos sobre suas relações com o Coltan e os *smartphones*.

### **Pesquisador:** O que significa Coltan para você?

**Arthur Fraçois:** Essa é uma pergunta bem delicada de ser respondida. O Coltan é, para mim, uma forma de sustento e de conseguir proporcionar o mínimo de dignidade para minha família, porém ele também representa conflito, dor e doença.

Eu trabalho na extração desse minério em uma mina localizada em Bandulu, no leste do Congo, e é tudo muito desorganizado. Dezenas de homens trabalham comigo ao longo de todo dia, cavando muitas vezes com as próprias mãos, para buscar pela maior quantidade possível de Coltan. Hoje em dia, a mina tem um chefe que está em busca da regulamentação para poder fornecer uma matéria-prima isenta de conflito, mas ainda assim somos controlados pela milícia.. Eu perdi muitos amigos e familiares, a guerra armada era e ainda é uma realidade diária nas regiões de minas. Grupos armados reivindicam seu espaço contra outros grupos armados, contra outras milícias e até mesmo contra o governo do meu país.

Fora todos esses conflitos que podem acabar com sua vida, a atividade da mineração ainda traz riscos à saúde, principalmente ao nosso pulmão. Não temos equipamentos de proteção, trabalhamos com nossas próprias roupas e acabamos respirando a todo momento aquela poeira que fica suspensa no ar ao nosso redor proveniente das escavações. Isso gera dificuldades respiratórias com o passar do tempo, porque toda aquela poeira contaminada com os restos da mineração acabam indo parar dentro de nós.

**Justin Connors:** Eu acho que o Coltan representa avanço tecnológico. Para mim, chega a ser impossível pensar em mundo livre de Coltan.

Graças ao Tântalo, cujas características principais são a elevada resistência e dureza, grande capacitância e alto ponto de fusão, é que foi possível termos em mãos os mais modernos *smartphones*, cada vez mais finos e mais eficientes.

Apesar de ter invadido primeiramente o mercado de telefonia e equipamentos eletrônicos, agora o Coltan já está sendo utilizado também nas indústrias de armamentos, aeroespacial e automotiva. Creio que o Coltan se fará necessário em vários outros segmentos de mercados e trará, nas próximas gerações que virão, muita inovação.



Na foto são mostrados vários minérios de Coltan dentro de um saco. A partir deles se extrai o tântalo, que é um metal de vital importância para a elaboração de componentes de um circuito elétrico energeticamente mais eficiente e menos espaçoso.

Pesquisador e sua turma em:



Edição 22,  
dezembro/2020



Gibi - José, Sônia, Enedina e Juliano

e. Relato Digital Escrito (Tipo Entrevista) produzido pela equipe conformada por Alan, Anna Maria e Maria Beatriz

# ENTRECIÊNCIA: DESCOBRINDO O OUTRO

Expondo a relação da Ciência nas Relações Humanas



## EX MINEIRADORA E EMPRESÁRIA DO RAMO DE TECNOLOGIA FRENTE A FRENTE

Entrevistador: Luciano Zazz

**Luciano:** Olá, Meu nome é Luciano, sou cientista, pesquisador e jornalista! Bem vindos à nossa central de entrevistas: **EntreCiência**. Hoje teremos mais um episódio de “Descobrimdo o outro”.

Pra quem nunca leu sobre nossas dinâmicas antes, vamos explicar rapidinho como funciona: Eu irei fornecer a ambos os convidados, perguntas idênticas e alguns “complete a frase”. Na dinâmica do “complete a frase”, os convidados, que estarão junto comigo na bancada, irão expor sem pensamento prévio sobre o outro ao completar a frase que eu vou fornecer, com aquilo que pensam sobre o outro. Ao final, iremos comparar as respostas prévias de cada um, com a realidade.

Após essa primeira rodada, partiremos para a sessão de perguntas. Nessa sessão, eu irei realizar a mesma pergunta para os convidados e cada um irá respondê-la a partir do seu ponto de vista, mas agora sobre si mesmos. Fiquem tranquilos, a ideia ficará mais clara conforme a dinâmica for ocorrendo.

### É NOVO POR AQUI?

ENTENDA A DINÂMICA DO  
ENTRECIÊNCIA

A entrevista é dividida  
em duas grandes  
dinâmicas:

-“**Complete a Frase**”: o  
qual os convidados  
dizem o que pensam  
sobre o outro, mesmo  
sem conhecê-lo.

-“**Sessão de Perguntas**”:  
os entrevistados  
responderão a mesma  
pergunta, agora sobre  
suas vidas.

**Fique tranquil@, o  
Luciano irá explicar tudo  
direitinho para você!**

Relato Digital - Alan, Anna Maria e Maria Beatriz