

Não chorar o leite derramado: uma análise textual discursiva do conhecimento profissional do currículo sobre estequiometria de quatro professores mineiros

RESUMO

A formação de professores de Química, na perspectiva do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de um Tópico Específico (TSPCK), pressupõe o desenvolvimento de uma base de conhecimento profissional da qual o presente artigo enfoca o Conhecimento do Currículo para o tópico de estequiometria. Apresenta-se parte dos resultados de uma pesquisa de mestrado acadêmico em Química que possibilitou, a partir da caracterização do TSPCK de quatro professores licenciados em Química, discutir o conhecimento profissional do currículo neste conteúdo durante o regime de estudos e atividades não-presenciais e a transição do currículo de Minas Gerais. Nosso levantamento demonstra que, apesar de ser explicitamente citado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM, parte III), o conteúdo não foi apresentado de forma explícita ao longo dos treze anos de vigência do Conteúdo Básico Comum (CBC), desde 2008 até a publicação do Currículo Referência de Minas Gerais (CRMG), no início de 2021. Os resultados da pesquisa também demonstram que os participantes afirmam ensinar esse conteúdo na educação básica, apesar da sua ausência no currículo mineiro. Isso indica falta de clareza quanto aos objetivos de ensino para o tópico, o que pode potencialmente contribuir para o ensino e aprendizagem do conhecimento químico de forma fragmentada. A partir do referencial teórico adotado e dos resultados, salientamos a importância que as orientações para o ensino ocupam enquanto possíveis potencializadoras desse componente do TSPCK dos profissionais do ensino de Química, na perspectiva de criar oportunidades para um processo de ensino e aprendizagem do ponto de vista da integração curricular.

PALAVRAS-CHAVE: Conhecimento Profissional. TSPCK. Estequiometria.

Rolién José Vieira Cirilo
rolievieira@gmail.com
orcid.org/0000-0003-0361-6057
Universidade Federal de Alfenas
(UNIFAL-MG), Alfenas, Minas Gerais,
Brasil

Elaine Angelina Colagrande
elainecola@gmail.com
orcid.org/0000-0003-3307-3524
Universidade Federal de Alfenas
(UNIFAL-MG), Alfenas, Minas Gerais,
Brasil

INTRODUÇÃO

A formação de professores pode ser pensada sob diversas abordagens teóricas. Uma delas é a partir da perspectiva do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK, do inglês *Pedagogical Content Knowledge*), um construto elaborado por Lee S. Shulman, que vem sendo debatido pela comunidade acadêmica desde a sua proposição no âmbito da profissionalização do professor (SHULMAN, 1986). Parte destas discussões envolve a natureza específica do tópico, da disciplina ou, ainda, do conceito, o que fez surgir, inclusive, variados modelos para o PCK (HASHWEH, 2005; FERNANDEZ, 2015; CARLSON; DAEHLER, 2019). Dentre eles, alguns dos modelos propuseram o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de um Tópico Específico (TSPCK, do inglês *Topic-Specific Pedagogical Content Knowledge*), a exemplo de Mavhunga e Rollnick (2013).

Destaca-se, preliminarmente, que essas discussões sobre a temática evidenciaram diferentes aspectos do PCK, como o PCK pessoal (pPCK), o PCK em ação (ePCK) e o PCK coletivo (cPCK), além de dimensões do construto na perspectiva de ser específico da disciplina, do tópico ou, ainda, do conceito, propostos no Modelo Consensual Refinado para o PCK (CARLSON; DAEHLER, 2019).

Em outro estudo recente, Azam (2019) propôs um modelo para o TSPCK a partir da distinção conceitual entre o TSPCK e o Conhecimento Profissional do Tópico Específico (TSPK, do inglês *Topic-Specific Professional Knowledge*), aprofundando, inclusive, a relação entre esses conceitos. O estudo de Azam (2019) foi utilizado como referencial teórico tanto para o desenvolvimento do presente artigo quanto para a pesquisa desenvolvida no âmbito do mestrado acadêmico em Química, da qual discutimos aqui parte dos resultados. O modelo proposto por Azam, detalhado na seção a seguir, fundamenta-se em dez categorias de conhecimentos profissionais dos quais destacamos o Conhecimento do Currículo como foco de interesse para a produção deste artigo.

Embora não seja foco específico deste estudo a discussão sobre teorias de currículo e as condições de sua produção, faz-se importante entender que, segundo Lopes (2016, p. 47), as políticas curriculares:

Precisam ser então interpretadas como redes de poder, discursos e tecnologias que se desenvolvem em todo corpo social da educação. Nas escolas, nos diferentes níveis da esfera oficial e nos diferentes contextos pelos quais circulam os textos das políticas curriculares, sempre há processos de recontextualização, fazendo com que as políticas curriculares precisem ser interpretadas para além dos limites do poder central.

Lopes (2016), ao tecer discussões acerca da produção dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), considera não caber o entendimento das políticas curriculares oficiais enquanto textos homogêneos, vindos de cima, inclusive por conta de diferentes agentes pertencentes a diferentes contextos integrarem a construção da proposta, à época.

A esse respeito, pontuamos o entendimento de que o currículo deva ser resultado de uma articulação realizada pelo professor, que reflita as diretrizes oficiais para o ensino ao mesmo tempo em que pondere a regionalização em que é (re)produzido, ou seja, fruto de uma construção que leve em conta as potencialidades locais da comunidade escolar e que, ao mesmo tempo, possa refletir as orientações de caráter prescritivo para o ensino. A reflexão sobre as finalidades e objetivos da educação escolar é fundante na perspectiva da construção do currículo.

De um lado, defendemos aqui a importância da compreensão e concepção de um currículo a partir dos aspectos da política educacional, considerando as normativas para o

desenvolvimento do educando, ao mesmo tempo em que considere as várias dimensões do conhecimento escolar e que carregue consigo as escolhas da comunidade escolar, que seja construído na perspectiva dos debates micro e macropolíticos, assumindo a relevância de todos os seus atores durante a sua construção, como discutido por Lopes (2016). Por outro lado, não concordamos com a exclusividade da ideia mercadológica aplicada à educação, bastante tensionada ao neoliberalismo desde a regulamentação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996) – favorecendo o desenvolvimento educacional para atender especificamente aos interesses do mercado, formação de mão de obra estritamente técnica, com pouca (ou nenhuma) preocupação relacionada às expectativas sociais e culturalmente construídas em sociedade – como bem discutido por nossos pares recentemente (CARRIELLO *et al.*, 2022; DECONTO; OSTERMANN, 2021; GONÇALVES; MESQUITA, 2021; SANTOS; KATAOKA, 2022).

Cabe aqui destacar o papel central do professor – a partir do desenvolvimento de uma base de conhecimentos, dentre eles o próprio conhecimento do currículo – enquanto elemento articulador das políticas construídas em ambiente externo ao contexto da sala de aula, de forma a garantir junto aos outros atores do processo de ensino e aprendizagem local a necessária formação do educando para sua atuação em sociedade, fundamentada nas escolhas e a partir de suas aprendizagens.

Nesta perspectiva da ação docente, trazemos as discussões propostas por Basil Bernstein (1996) acerca dos embates entre o Campo Oficial de Recontextualização (COR) e o Campo de Recontextualização Pedagógica (CRP), que dá sentido aos aspectos de (re)produção cultural. A (re)produção cultural, segundo Bernstein (1996), pode se caracterizar na produção de códigos restritos (mais dependentes do contexto) ou elaborados (mais abrangentes e independentes do contexto) em meio a mecanismos distintos que envolvem relações de poder e controle nos processos de recontextualização.

Bernstein situa a disputa política educacional entre o COR e o CRP, expondo a perda de autonomia por parte do segundo em detrimento do primeiro (o aparelho estatal), que passa a exercer controle direto sobre os “conteúdos pedagógicos e modalidades de transmissão” (BERNSTEIN, 1996 p. 96), inclusive por meio da centralização de avaliações externas que, de certa forma, podem exercer a dominação de decisões descentralizadas no âmbito regional e local.

Nosso interesse pelo papel do professor enquanto articulador das políticas curriculares e dos contextos de ensino e aprendizagem, considerando o conhecimento profissional do currículo e os processos de recontextualização discutidos, possibilitou o desenvolvimento deste estudo em uma situação provocada pelo contexto da pandemia de COVID-19, especificamente a partir da relação do currículo mineiro e o conteúdo de estequiometria no âmbito da educação básica em Minas Gerais. Em primeiro lugar, o Conteúdo Básico Comum (CBC), construído a partir dos PCNEM, não guardou qualquer relação explícita com o tópico estequiometria, mesmo quando o próprio documento tenha citado, a título de exemplificação, o conteúdo. Em segundo lugar, foi por meio do Regime Especial de Atividades Não Presenciais (REANP) que o estado de Minas Gerais criou os Planos de Estudos Tutorados (PET), baseados no currículo mineiro vigente, acompanhados de uma transição para um novo currículo estadual: o Currículo Referência de Minas Gerais (CRMG), publicado em 2021, que passou a substituir o CBC, vigente desde 2008 até então.

Foi essa transição no currículo mineiro que explicitou o fenômeno pesquisado neste artigo e que deu origem à seguinte questão de pesquisa: “O que se manifesta nas reflexões dos professores participantes de nossa pesquisa em seu conhecimento profissional do Currículo para o tópico estequiometria?”.

Como objetivo, buscamos compreender quais os possíveis efeitos da ausência dessas orientações oficiais explícitas para o desenvolvimento desse componente do

conhecimento profissional pelos professores participantes da pesquisa. Essa compreensão foi possibilitada a partir da documentação das diferenças na transição do currículo mineiro, interpretação dos dados relativos aos materiais didáticos no REANP, investigação das narrativas da prática docente dos participantes da pesquisa por meio de entrevistas semiestruturadas e, também, análise dos objetivos de ensino e importância do ensino do tópico na educação básica atribuída por estes participantes na Representação de Conteúdo (CoRe), um tipo de questionário proposto por Loughran *et al.* (2004).

A respeito do conteúdo, Brown *et al.* (2016) definem que “**estequiometria** é o campo de estudo que examina as quantidades das substâncias consumidas e produzidas nas reações químicas” (p. 84, grifo dos autores). Ainda, segundo eles, a estequiometria “fornece um conjunto essencial de ferramentas amplamente utilizadas em química que tem diversas aplicações” (BROWN *et al.*, p. 84). Assim, torna-se necessário destacar a importância do conteúdo para o aprofundamento do conhecimento químico, possibilitando ao educando, além do aspecto conceitual, a construção de habilidades de analisar e interpretar fenômenos e processos, fornecer subsídios que possam orientar a tomada de decisões individuais e coletivas acerca de aperfeiçoamento de processos produtivos, realizar previsões que possam fundamentar a ética, a responsabilidade e a consciência cidadã na busca pelo desenvolvimento humano e científico sustentável e pela preservação da vida, conforme orientam as diretrizes do Currículo Referência de Minas Gerais – CRMG para o Ensino Médio (MINAS GERAIS, 2021). Ou seja, o ensino de estequiometria ultrapassa os limites do aspecto técnico, teórico, na forma de conteúdo pronto e acabado.

A importância da estequiometria para a aprendizagem de química pode ser defendida em uma perspectiva integradora, considerando que este tópico se relaciona com grande parte de outros conteúdos da disciplina bem como tem suas aplicações em diversos contextos. Araújo (2021, p. 20) considera que “a estequiometria é um campo da química muito amplo, cheia de aplicações, variações e leis que devem ser seguidas no decorrer de todo o processo”. Santos (2013, p. 13) apresenta algumas vantagens no estudo do tópico, como o:

[...] fato de que praticamente todos os conteúdos da Química farão uso de equações químicas e de cálculos provenientes da estequiometria. Este conhecimento tem extrema aplicação no contexto tecnológico, por exemplo, quando falamos em indústria química não há como não pensar em cálculos estequiométricos e o entendimento desse conceito está diretamente relacionado à compreensão de vários fenômenos químicos que ocorrem ao nosso redor, sendo necessário para que os estudantes possam interpretar as transformações químicas em diferentes contextos.

Ainda no intuito de fundamentar a escolha do tópico para a pesquisa, cabe destacar as considerações de Dos Santos e Da Silva (2014, p. 75) sobre o conteúdo. Os autores ponderam que estequiometria:

É de difícil aprendizagem para os alunos e, por esse motivo, muitos se dedicam a compreender as razões pelas quais cometem equívocos ao verbalizar e aplicar conceitos em estequiometria. Entre as causas são citadas a dificuldade de abstração e transição entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico de interpretação da matéria; grandeza do número de Avogadro; confusão entre mol/quantidade de matéria/número de Avogadro/massa molar; dificuldades nas técnicas matemáticas e que, muitas vezes, que estas causas se repetem ao longo de diferentes faixas etárias e independentemente da região geográfica.

Apesar do entendimento de que o professor tem autonomia na decisão dos conteúdos a serem abordados e seus objetivos, destacamos que as orientações e

normatizações para o currículo de Química podem exercer influência direta na construção de objetivos de ensino para os diversos conteúdos da disciplina.

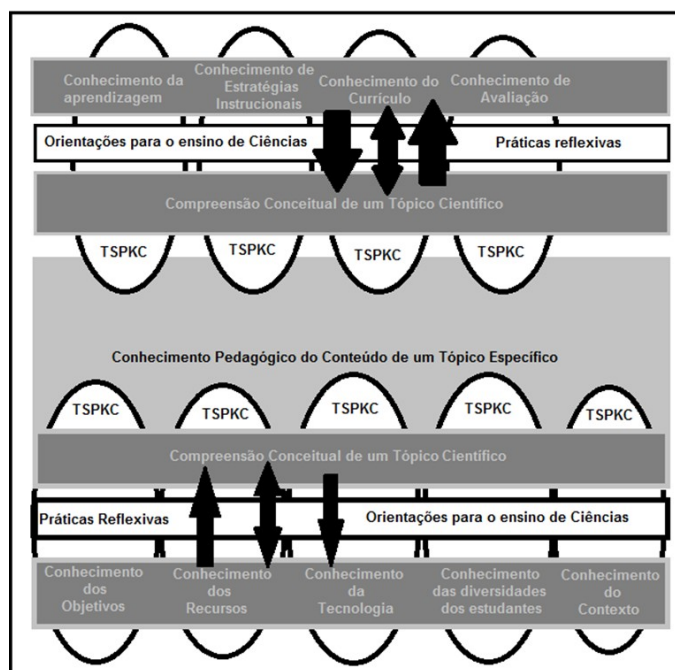
Nesse sentido, entende-se que a supressão de conteúdos curriculares importantes como estequiometria pode interferir no desenvolvimento dos objetivos de ensino que contribuam para a formação do estudante para a cidadania, colocando nosso estudo, sob esta ótica, em uma posição de interesse educacional, crítico e de política curricular.

REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico utilizado para o presente estudo foi proposto pela pesquisadora Saiqa Azam (2019). O modelo “considerou dez categorias de conhecimento de professores, existentes na literatura atual de PCK, equiparando-as à base de conhecimentos profissionais” (AZAM, 2019, p. 286, tradução nossa).

Como podemos observar na Figura 1, o modelo de Azam (2019) possui dez bases (ou categorias) de conhecimento profissional, das quais nove delas – conhecimento da aprendizagem; conhecimento de estratégias instrucionais; conhecimento do currículo; conhecimento de avaliação; conhecimento dos objetivos; conhecimento dos recursos; conhecimento da tecnologia; conhecimento das diversidades dos estudantes; e conhecimento do contexto – são representadas nos retângulos superior e inferior, sobre as ovas que representam os componentes do conhecimento profissional do tópico específico denominado TSPKC. A décima base, compreensão conceitual do tópico científico, está localizada nos retângulos mais ao centro da figura. De maneira geral, o TSPKC se desenvolve a partir da interação do Conhecimento do Conteúdo do professor com a base de conhecimento profissional e esse TSPKC é moldado pelas Orientações para o Ensino e as Práticas Reflexivas dos professores, como indicado no modelo. O TSPCK, por sua vez, é constituído desses componentes.

Figura 1 – Modelo para o TSPCK proposto por Azam (2019, p. 286)



Fonte: Azam (2019, p. 286, tradução e adaptação nossa)

Importante ressaltarmos que as distinções e conceitos discutidos pela pesquisadora reconhecem que, embora fossem essas dez categorias de conhecimento profissional as discutidas no âmbito da literatura científica do PCK desde a proposição do construto por Shulman (1986), o modelo proposto não engessa ou limita a incorporação de novas categorias de conhecimento que possam vir a ser discutidas nesta perspectiva, sem descaracterizar sua proposição de um modelo teórico para o TSPCK.

A revisão presente no estudo de Azam (2019) caracteriza, portanto, uma síntese das categorias de conhecimento profissional discutidas na literatura de PCK até aquele momento. Importantes discussões acerca da distinção entre o TSPK e o TSPCK foram colocadas, constituindo-se em um estudo que congrega o conhecimento acadêmico desta temática produzido até então, equiparando as categorias de conhecimento presentes nas diversas pesquisas envolvendo o PCK à base de conhecimentos profissionais. Azam (2019) demonstrou em seu estudo que o desenvolvimento dos componentes do conhecimento profissional (TSPKC, do inglês *Topic-Specific Professional Knowledge Component*) implica no próprio desenvolvimento do TSPCK. Dessa forma, torna-se importante reconhecer a dinamicidade no processo de desenvolvimento desses componentes do conhecimento profissional, bem como sua necessária articulação para o desenvolvimento do TSPCK.

É compreensível, mais uma vez e de acordo com a pesquisadora, que o TSPKC sofre influência das Orientações para o Ensino. Isso se relaciona diretamente com o presente estudo no sentido de perceber que não só a construção do Conhecimento do Currículo – uma das bases de conhecimento profissional – mas todos os outros componentes do conhecimento profissional podem ser efetivamente influenciados pela proposta curricular preconizada pela política educacional vigente, para além de outras orientações para o ensino presentes em livros didáticos, pesquisas, artigos científicos etc.

CONTEXTO E METODOLOGIA DA PESQUISA

Nosso *corpus* de análise foi composto por: documentos oficiais que continham diretrizes para o ensino de Química, quais sejam, o PCNEM (parte III), o CBC de Química, a BNCC de Ciências da Natureza e o CRMG dessa área; PET de Química que trataram de conteúdos relacionados à estequiometria, construídos pela Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais no âmbito do REANP; duas entrevistas semiestruturadas, em que a primeira continha quinze questões e a segunda contava com quatorze questões; e do preenchimento da Representação de Conteúdo - CoRe (LOUGHRAN; MULHALL; BERRY, 2004).

O público-alvo da pesquisa foi composto por professores licenciados em Química que atuavam nas unidades escolares públicas que ofertam o ensino médio regular em um município mineiro. A partir de um levantamento realizado ao longo de 2020, os professores licenciados foram convidados a participar da pesquisa de mestrado, que foi desenvolvida de forma remota devido ao contexto provocado pela pandemia de COVID-19, via e-mail. Participaram, ao todo, quatro professores de três escolas estaduais distintas, com experiência profissional que variou de 5 a 12 anos como professores de Química na educação básica. A pesquisa foi realizada após a aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade XX, sob o parecer nº 4.483.682.

A coleta de dados ocorreu entre fevereiro e agosto de 2021, em três etapas: i) entrevista semiestruturada, com o objetivo de caracterizar as crenças didáticas (NOVAIS; SIQUEIRA; MARCONDES, 2011) dos professores e também obter narrativas de sua prática docente sobre o conteúdo de estequiometria, com duração média de 45 minutos; ii) construção da Representação de Conteúdo (CoRe, do inglês *Content Representation*) pelos participantes, com características de um questionário como desenvolvido por Loughran, Mulhall e Berry (2004), em que os participantes foram orientados a responder

o CoRe a partir das três principais ideias para se desenvolver o conteúdo de estequiometria em sala de aula, com o objetivo de fornecer subsídios para um (re)pensar e (re)planejar para a prática pedagógica de estequiometria; iii) segunda entrevista semiestruturada, que buscou explicitar conhecimentos profissionais das bases de conhecimento propostas por Azam (2019), com duração média de 30 minutos.

ANÁLISE DOS DADOS

Nosso referencial de análise para este artigo se baseou na Análise Textual Discursiva (ATD), desenvolvida por Moraes e Galiazzi (2016). De acordo com os autores:

A análise textual discursiva corresponde a uma metodologia de análise de informações de natureza qualitativa com a finalidade de produzir novas compreensões sobre os fenômenos e discursos. Insere-se entre os extremos da análise de conteúdo e a análise de discurso, representando, diferentemente destas, um movimento interpretativo de caráter hermenêutico (MORAES; GALIAZZI, 2016, p. 13).

Essa metodologia de análise, portanto, compreende um ciclo com três elementos principais: a desmontagem dos textos (unitarização); o estabelecimento de relações (categorização); e a captação do novo emergente (compreensão renovada do todo e produção de um metatexto). Este ciclo recursivo caracteriza-se como um processo auto-organizado do qual emergem as compreensões. Dessa forma, uma intensa impregnação no *corpus* permite ao pesquisador construir unidades de sentido a partir da unitarização, buscando agrupá-las por semelhança e fazendo emergir sistemas de categorias. A partir de um processo recursivo, auto-organizado e caracterizado pela argumentação, criatividade e originalidade, uma nova compreensão do todo é possibilitada na produção de um metatexto (MORAES; GALIAZZI, 2016).

Importante destacar, no processo de unitarização, que a reescrita das unidades de sentido deve se dar de tal forma que possa se manter o sentido a partir dos contextos de sua produção. Moraes e Galiazzi (2016) sugerem, ainda, a atribuição de um título que possa carregar a ideia central dessa unidade como forma de facilitação do processo de categorização. De tal processo (a categorização), interessa-nos reconhecer a diferença da ATD com relação à propriedade de não-exclusão mútua, de modo que uma mesma unidade possa ser lida – e compreendida – em diferentes perspectivas, resultando em múltiplos sentidos, integrando-se a uma ou mais categorias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas 44 unidades de sentido obtidas do processo de unitarização. Essas unidades foram, então, reescritas e intituladas de forma que emergiram três categorias: normatizações para o ensino de estequiometria; relações do conteúdo, objetivos de ensino e PET; objetivos de ensino e o conhecimento do currículo de estequiometria dos participantes, apresentadas no Quadro 1.

A composição dos códigos atribuídos às unidades de sentido se deu da seguinte forma: as letras e números iniciais do código referem-se a um documento em específico (por exemplo, B1 refere-se à BNCC; PET2 refere-se ao Plano de Estudos Tutorados 2 da SEE-MG; e E1 e E2 referem-se à primeira e segunda entrevistas semiestruturadas). A letra “y” refere-se a cada um dos participantes da pesquisa (por exemplo, para y = 1, nos referimos ao participante P1 e, para y = 4, nos referimos ao participante P4). Por fim, a letra “x” indica o número da unidade de determinado documento analisado. Dessa forma, podemos compreender melhor a leitura do Quadro 1 a partir do exemplo: na unidade

E13U2, estamos nos referindo a segunda unidade de sentido obtida da fragmentação da primeira entrevista semiestruturada do participante P3.

Quadro 1 – Relação da codificação adotada na produção das unidades de sentido.

Código	Documento de origem	Unidades de sentido	Categoria de análise
P1Ux	PCNEM (parte III)	Quatro unidades: P1U1 a P1U4	“Normatizações para o ensino de estequiometria”
B1Ux	BNCC de Ciências da Natureza	Cinco unidades: B1U1 a B1U5	
C1Ux	Currículo Referência de Minas Gerais	Seis unidades: C1U1 a C1U6	
PET1Ux	Plano de Estudos Tutorado, Volume 1, 2020.	Duas unidades: PET1U1 e PET1U2	“Relações do conteúdo, objetivos de ensino e PET”
PET2Ux	Plano de Estudos Tutorado, Volume 2, 2021.	Duas unidades: PET2U1 e PET2U2	
E1yUx	Transcrição da primeira entrevista semiestruturada do participante y (em que y possa ser 1, 2, 3 ou 4).	Dez unidades: E11U1 e E11U2; E12U1 a E12U4; E13U1 e E13U2; E14U1 e E14U2.	“Objetivos de ensino e o conhecimento do currículo de estequiometria dos participantes”
E2yUx	Transcrição da segunda entrevista semiestruturada do participante y (em que y possa ser 1, 2, 3 ou 4).	Três unidades: E21U1; E22U1; E23U1.	
Co yUx	Representação de Conteúdo do participante y (em que y possa ser 1, 2, 3 ou 4).	Doze unidades: Co1U1 a Co1U3; Co2U1 a Co2U3; Co3U1 a Co3U3; Co4U1 a Co4U3	

Fonte: Autoria própria (2022).

Como forma de possibilitar aos leitores a oportunidade de compreender como se deu o processo de análise do *corpus*, usando como exemplo a unidade de sentido B1U2, descrevemos, a seguir, esta unidade de sentido, sua respectiva reescrita e o título atribuído, etapas que foram conduzidas no processo de unitarização da ATD e que deram origem ao presente metatexto. Primeiramente, a unidade de sentido foi selecionada na íntegra e, posteriormente, foi reescrita, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2 – Etapas da unitarização.

Código	Unidade de sentido original	Unidade de sentido reescrita
B1U2	Nesta competência específica, os fenômenos naturais e os processos tecnológicos são analisados sob a perspectiva das relações entre matéria e energia, possibilitando, por exemplo, a avaliação de potencialidades e de limites e riscos do uso de decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos. Dessa	A competência específica 1 busca mobilizar conhecimentos de estequiometria (dentre outros), que compreendem a análise de fenômenos naturais e processos tecnológicos sob a perspectiva das

	maneira, podem mobilizar estudos referentes a: estrutura da matéria; transformações químicas; leis ponderais; cálculo estequiométrico; princípios da conservação da energia e da quantidade de movimento; ciclo da água; leis da termodinâmica; cinética e equilíbrio químicos; fusão e fissão nucleares; espectro eletromagnético; efeitos biológicos das radiações ionizantes; mutação; poluição; ciclos biogeoquímicos; desmatamento; camada de ozônio e efeito estufa; entre outros.	relações entre matéria e energia. Possibilitando, por exemplo, a avaliação de potencialidades, limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias e fomentando a tomada de decisão responsável e consistente diante dos desafios impostos.
--	--	--

Fonte: Autoria própria (2022).

O título atribuído à unidade B1U2 originou, inclusive, o nome da categoria “Normatizações para o ensino de estequiometria”. Depois de realizado todo o processo de unitarização, as unidades de sentido foram agrupadas por semelhança, fazendo emergir do processo três categorias que serão apresentadas e discutidas na seção de resultados.

A partir da categorização realizada, construímos esse metatexto e optamos por adotar metáforas, conforme sugerem Moraes e Galiazzi (2016), tanto para o título do artigo quanto para o título das categorias. Neste ponto, associamos a ausência do tópico estequiometria e seus objetivos de ensino do currículo mineiro ao processo de vaporização do leite, no qual a fervura só é evidenciada a partir da formação de uma fina película de gorduras e proteínas cuja estrutura não é rompida neste processo – a nata – fazendo com que haja a formação da espuma e deslocamento dessa película, seguida do derramamento do produto.

Essa metáfora visa construir o sentido de que, uma vez não previsto no currículo mineiro, o conteúdo de estequiometria poderia ou não ter sido abordado em sala de aula pelos professores de Química na educação básica e, no caso positivo, seus objetivos de ensino seriam, ainda, desconhecidos pelo sistema mineiro de educação – de forma a se relacionar com a impossibilidade dessa previsão por detrás da fina película de gordura e proteína que represa a fervura do leite. Na mesma perspectiva, a construção dos PET pela SEE-MG expressou a supressão do tópico nos materiais, ainda em 2020 e sob orientação do CBC como diretriz curricular, algo modificado no próprio material didático construído em 2021, a partir da vigência do novo CRMG, cuja presença da estequiometria pode ser visualizada como conteúdo e objeto de ensino no PET deste ano letivo – fazendo-se relacionar com o deslocamento da película durante o processo de fervura do leite. Ainda, nossa pesquisa acadêmica revela objetivos de ensino explicitados pelos professores participantes que são diversos àqueles presentes nas diretrizes curriculares do CRMG, fato que podemos relacionar à dispersão e/ou espalhamento da espuma do leite quando de seu derramamento.

DE OLHO NA LEITEIRA: AS NORMATIZAÇÕES PARA O ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA NO SISTEMA MINEIRO DE EDUCAÇÃO

Os PCNEM, parte III (BRASIL, 2002), sugerem o desenvolvimento de competências e habilidades por meio da abordagem de temas. Como exemplo, o documento expressa, literalmente e de forma exemplificativa, o tema metalurgia na perspectiva da análise de um boletim de produção de uma siderúrgica para tratar conceitos relacionados à estequiometria, como pode ser observado em nossa unidade de sentido P1U1, a seguir:

Para que se possa ter uma visão mais específica, apresenta-se a metalurgia como um exemplo de abordagem de temas, objetivando o desenvolvimento das competências e habilidades que levam ao fio condutor proposto. Pode-se, no primeiro momento, focalizar o problema da mineração e metalurgia do ferro no Brasil, visando ao desenvolvimento das competências e habilidades dentro do campo da percepção sócio-cultural e histórica. Considerando as habilidades e competências propostas em Química, o aluno aprende a ler e a representar as transformações químicas que ocorrem no alto-forno. Analisando o boletim de produção de uma siderúrgica, pode-se entender o rendimento de um processo industrial e associá-lo ao rendimento baseado na estequiometria. Visando à generalização, esse entendimento pode ser estendido a outras transformações químicas, sem, no entanto, esgotar o assunto (BRASIL, 2002, p. 37).

Além disso, os PCNEM definem objetivos de ensino da Química em três dimensões diferentes: Representação e Comunicação; Investigação e Compreensão; e Contextualização Sociocultural. Esses objetivos constam, respectivamente, de nossas unidades de sentido P1U2, P1U3 e P1U4, em que, pelo menos, quatorze deles podem ser relacionados (não de forma exclusiva) ao conteúdo de estequiometria.

O CBC (MINAS GERAIS, 2008), elaborado a partir do PCNEM – como consta no próprio documento mineiro –, sequer menciona uma das expressões “estequiometria” ou “cálculo estequiométrico”. Há, por exemplo, as habilidades 19.1 e 19.2 do CBC de Química, que pressupõem “Conceituar a grandeza quantidade de matéria (mol)” e “Aplicar o conceito de ‘quantidade de matéria’”, respectivamente. Essas habilidades se relacionam com o conteúdo de estequiometria, mas não são equivalentes a ele, conforme conceituam Brown *et al.* (2016). Não é foco de nossa discussão as motivações que levaram à supressão da estequiometria no currículo mineiro, mas cabe aqui manifestar que essa ausência poderia influenciar a construção de objetivos de ensino que dialoguem diretamente com a autonomia pedagógica do professor em sala de aula e sua relação com as diretrizes para os conhecimentos básicos. Como no processo de vaporização do leite, no qual não é possível visualizar o que ocorre abaixo da película formada, assim também acontece com relação aos objetivos de ensino de estequiometria que, além de serem diversos, não encontram orientação explícita nas diretrizes curriculares oficiais para os professores que, eventualmente, optam por desenvolvê-lo em sala de aula.

Há duas questões distintas a serem discutidas sob essa perspectiva. A primeira refere-se ao fato de outros materiais (livros didáticos, artigos e resultados de pesquisas acadêmicas etc.) exercerem influências no desenvolvimento dos componentes do conhecimento profissional de estequiometria de um professor, atuando como orientações para o ensino, como sugere Azam (2019). Por outro lado, como a própria pesquisadora explícita e aqui nós enfatizamos, o conhecimento profissional do currículo de estequiometria mantém relações profundas com as diretrizes curriculares para o ensino do tópico.

Nossos dados permitem reconhecer que o conteúdo de estequiometria foi explicitado, a partir de 2021, pelo CRMG (construído a partir da BNCC), uma vez que passou a incorporar três habilidades distintas que consideraram o conteúdo como um objeto de estudo. De certa forma, a nova diretriz mineira abrangeu o conteúdo, inclusive ampliando o horizonte de objetos e objetivos de ensino propostos pela base nacional, algo não alcançado (para este tópico) desde a publicação do CBC, em 2008.

Cabe-nos explicitar que não estamos defendendo, aqui, a prescrição de habilidades como receitas prontas e com sentido de obrigatoriedade para o ensino. Mas, por outro lado, reconhecer que a partir do CRMG, respeitando-se a autonomia dos professores em sala de aula na construção coletiva de um currículo que leve em consideração a realidade local, há a possibilidade de os profissionais observarem os objetivos de ensino propostos,

ampliando a necessária condição de conhecimentos básicos (que tenham a orientação de uma base comum) a serem desenvolvidos por todos os estudantes. Dessa forma, torna-se possível contribuir para a diminuição das desigualdades existentes entre regiões e unidades escolares.

Em diálogo com nosso referencial teórico, é necessário reconhecer que a categoria “Conhecimento de Currículo” de Azam (2019) abrange as “visões e entendimentos do currículo de ciências relacionados a um tópico científico específico” (AZAM, 2019 p. 287, tradução nossa) e, com relação ao tópico estequiometria, deve ser desenvolvida por intermédio do conhecimento profissional do currículo que se relaciona a este tópico. Estando ausente das diretrizes curriculares oficiais do estado mineiro durante a vigência do CBC, isso pode ter impactado o desenvolvimento dessas visões e entendimentos dos professores que atuaram na educação pública de Minas Gerais naquele período no que diz respeito ao conteúdo de estequiometria, algo que reforça, inclusive, a ideia de que o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo seja dimensional com relação à especificidade da disciplina, do tópico ou, ainda, do conceito (CARLSON; DAEHLER, 2019).

Ressaltamos que as expectativas de ensino com relação a este conteúdo explicitadas oficialmente no currículo podem favorecer aos profissionais do ensino de Química ampliarem suas visões e entendimentos no sentido de vislumbrar a importância da estequiometria no campo da Química. Esta sistematização, no nosso entendimento, se faz necessária na medida em que não limita, não finaliza as expectativas com relação à aprendizagem e ao desenvolvimento dos estudantes sobre o tópico e, sim, amplia o conhecimento profissional docente. Da forma que Azam (2019) descreve em seu modelo, as orientações para o ensino de Ciências podem auxiliar a construção dos TSPKC e, especificamente no contexto deste artigo, o Conhecimento Profissional do Currículo quando relacionado ao Conhecimento do Conteúdo de Estequiometria.

A FORMAÇÃO DA NATA: relações do conteúdo, objetivos de ensino e PET

No contexto da pandemia, buscando mitigar os prejuízos que emergiram das desigualdades sociais entre os estudantes da educação básica especificamente no que se refere às condições desiguais de acesso às tecnologias digitais de informação e comunicação, a SEE-MG adotou o REANP e, como parte desta iniciativa, elaborou um material apostilado – os PET – que tinha como documento orientador o currículo mineiro.

Esse regime de estudos proporcionou a adoção de um mesmo material instrucional para toda a rede estadual de ensino cuja resolução das atividades era componente obrigatório tanto para o registro da carga horária do estudante, como para registros de aproveitamento. Os PET, durante o REANP, unificaram o currículo mineiro na perspectiva da educação pública estadual e essa estratégia do governo mineiro possibilitou a elucidação do fenômeno em estudo.

Até a adoção do REANP, o currículo mineiro era considerado um documento orientador obrigatório, como uma base comum para o estado de Minas Gerais, ou seja, o conteúdo de estequiometria poderia ser desenvolvido em sala de aula, mas de forma não-obrigatória. A partir do REANP, a construção dos PET, este material instrucional elaborado pela SEE-MG que foi, possivelmente, o principal (e talvez o único) material didático impresso cujo acesso foi amplamente garantido pelo governo estadual, fez com que, além das sequências didáticas seguidas, o próprio conteúdo e seu período de execução fossem iguais para o todo o território mineiro. Não foi intenção deste trabalho refletir sobre as consequências dessa uniformização do ensino num território tão diverso quanto o estado de Minas Gerais, mas apenas situar os leitores a partir do fenômeno observado e discutido neste artigo.

Nesta perspectiva, foi possível observar a partir do PET 1 referente à segunda série do ensino médio do ano de 2020 que a unidade temática “Medidas das quantidades de matéria”, cujo objeto de conhecimento foi o conceito de massa molar, bem como suas aplicabilidades no âmbito da Química, não mencionou o conteúdo de estequiometria, conforme nossa análise das unidades de sentido PET1U1 e PET1U2. Nossa interpretação é que, de fato, além de não ser previsto nas diretrizes curriculares estaduais, o conteúdo de estequiometria não esteve presente no REANP em 2020 com a vigência do CBC, e uma vez que grande parte dos estudantes contou apenas com este material didático para realização de atividades de aprendizagem, pode não ter sido objeto de ensino e aprendizagem no referido ano, em específico.

Importante ressaltar que o TSPK do Currículo, de acordo com Azam (2019), pode ser modificado pelas orientações para o ensino na medida em que entendemos que o material didático (suporte para o professor no contexto de ensino) contém orientações para o ensino que podem dar forma a este componente do conhecimento profissional. Entendemos que, para além do material que serviu de base para os professores no âmbito do REANP da SEE-MG, uma infinidade de materiais didáticos que poderiam servir como orientações para o ensino de estequiometria em sala de aula, mas o que apontamos aqui é que os PET, em si, não trouxeram essa capacidade de dialogar com o conhecimento profissional de estequiometria dos professores no ano de 2020.

Recuperamos aqui nossa metáfora, que dá sentido à formação da nata durante o processo de vaporização do leite de forma a limitar o processo de formação de bolhas, o que causa o deslocamento daquela película de proteínas e gorduras, da mesma forma em que a ausência do conteúdo de estequiometria do plano de ensino proposto pela SEE-MG pode ter influenciado a construção de relações que viabilizam a interpretação de fenômenos e resultados, bem como a realização de previsões e análises. Partimos da ideia de que uma lacuna da diretriz curricular estadual pode ter influenciado a reprodução dessa lacuna formativa no material didático elaborado para os estudantes da rede estadual no ano letivo de 2020, em relação ao tópico investigado no contexto da pandemia.

Em 2021, com a vigência do CRMG, os PET elaborados pela SEE-MG passaram a incorporar o conteúdo de estequiometria na segunda série do ensino médio, de acordo com nossas unidades PET2U1 e PET2U2. Isso mostra, pelo menos para o COR, o exercício da reprodução do currículo no próprio material didático – elaborado e em vigência neste período – da Secretaria. É importante ressaltar que nossos dados não alcançam a dimensão do contexto de sala de aula em todo o território mineiro, mas que essa documentação se torna bastante valiosa ao analisarmos o Conhecimento Profissional do Currículo de Estequiometria pelos professores investigados no âmbito de nossa pesquisa acadêmica.

Na seção anterior, “De olho na leiteira”, apresentamos uma incerteza relacionada ao ensino do tópico estequiometria que, uma vez ausente do currículo mineiro de conhecimentos básicos – e obrigatórios – para o sistema de ensino, dependia exclusivamente da ação docente para desenvolvê-lo na educação básica. Esta imprevisibilidade foi relacionada à mesma incerteza acerca do momento em que o deslocamento da nata acontece no processo de fervura do leite. Nesta seção, expressamos nossa preocupação com relação à limitação do conteúdo no material didático criado no período de ensino remoto (REANP), em 2020, quando o conteúdo – já não previsto no currículo – não esteve presente no plano de ensino e no material didático utilizado na educação pública estadual de Minas Gerais. Essa limitação também foi associada a nossa metáfora, provocando-nos a reconhecer que a camada superficial de nata, na vaporização do leite, também limita a vazão das bolhas formadas neste processo. Diante do novo CRMG, destaca-se como possível ponto de partida para a construção de objetivos de ensino, as diretrizes previstas neste documento relacionadas à estequiometria.

O DERRAMAMENTO DA ESPUMA: objetivos de ensino e o conhecimento do currículo de estequiometria dos participantes

Iniciamos esta seção a partir da explicação da metáfora que faz alusão ao espalhamento da espuma durante o processo de derramamento do leite quando este ferve. A partir da constatação da lacuna na seção “De olho na leiteira”, juntamente com a explicitação das prováveis limitações e prejuízos no que diz respeito à falta do conteúdo de estequiometria no material didático criado pelo sistema estadual de educação durante o REANP em 2020, na seção “A formação da nata” apresentamos nossa análise acerca do conhecimento profissional do currículo dos participantes durante a pesquisa acadêmica contextualizada anteriormente.

As unidades de sentido que compuseram a categoria descrita aqui foram obtidas a partir dos instrumentos de coleta de dados da pesquisa acadêmica já relatados. De forma específica, a desmontagem dos textos se deu no sentido de aproveitar as respostas dos participantes para as perguntas contidas no Quadro 3, a seguir:

Quadro 3 – Questões dos instrumentos de coleta de dados utilizadas para análise.

Instrumento	Questões Utilizadas
Primeira entrevista semiestruturada ¹	<p>“Existe um currículo básico de Química que possibilite o planejamento da sua prática pedagógica? Em caso afirmativo, qual(ais)? Você o utiliza?”</p> <p>“Caso tenha respondido afirmativamente à questão anterior, qual a previsão do tema Estequiometria nestes documentos?”</p> <p>“Para você, qual a importância em se ensinar Estequiometria no ensino médio?”</p>
Representação de Conteúdo (CoRe) ²	<p>“O que você pretende que os estudantes aprendam com essa ideia?”</p> <p>“Por que é importante para os estudantes aprenderem essa ideia?”</p>
Segunda ¹ entrevista semiestruturada	<p>“Quais as principais ideias que devem ser desenvolvidas ao se ensinar estequiometria?”</p> <p>“Por que ensinar estequiometria no 2º ano do Ensino Médio?”</p>

Fonte: ¹ Autoria própria (2021); ² Loughran et al. (2004).

As relações e interpretações discutidas aqui se aplicam especificamente aos quatro participantes de nossa pesquisa acadêmica e não foi nossa intenção realizar uma extrapolação, no sentido quantitativo, por entendermos que a amostra não é representativa com relação aos profissionais da educação básica que trabalham com ensino de Química em todo o estado de Minas Gerais. Dito isso e, por outro lado, ao nos referirmos aos possíveis impactos surgidos pela inexistência de orientação curricular explícita para o tópico de estequiometria, estes casos específicos analisados podem dialogar, de forma qualitativa e processual, com a própria formação – inicial ou continuada – dos profissionais da educação pública estadual que passaram por este processo de transição do currículo mineiro.

Com a finalidade de orientar os leitores quanto à diferenciação dos participantes da pesquisa e garantindo-se, ao mesmo tempo, a privacidade de suas identidades, trataremos os quatro participantes como P1, P2, P3 e P4. Primeiramente, todos os participantes afirmaram conhecer o currículo mineiro à época da primeira entrevista (neste caso, o CBC, uma vez que a entrevista ocorreu no início de 2021, antes da publicação do CRMG) e as respostas sobre a previsão do conteúdo no CBC, de acordo com cada um dos participantes, estão transcritas na Figura 2, a seguir:

Figura 2 – Respostas dos participantes da pesquisa quanto à previsão do conteúdo de estequiometria no CBC.

“Eu tenho mais ou menos na cabeça o que tem no livro. Agora, no CBC em si eu creio que o que está no livro vai estar ali no CBC”. (P1; unidade E11U1)
“Especificamente estequiometria, não. Eu não me lembro, pelo menos desse termo estequiometria, não. Fala-se muito em reações químicas, transformações, mas eu não me lembro, em nenhum momento, de ter encontrado essa palavra, ‘estequiometria’, no CBC”. (P2; unidade E12U1)
“Não, eu lembro de falar de Avogadro. [...] Tem um tópico, mas é muito pequeno. Se eu não me engano, tem duas habilidades que o contempla: cálculo do número de Avogadro e mais alguma coisa que eu não me lembro. Eu não vejo aparecer [o termo estequiometria]”. (P3; unidade E13U1)
“Assim, eu já trabalhei, preparei o planejamento de acordo com estequiometria, mas agora eu não sei certinho se tem ali realmente a palavra estequiometria”. (P4, E14U1)

Fonte: Autoria própria (2021).

Para contextualizar algumas das transcrições trazidas na Figura 2, é relevante destacar que P1, até o momento da realização da coleta de dados, não tivera oportunidade de ensinar o conteúdo em sala de aula e explicitou na entrevista que não se orientava pelo currículo mineiro para planejar sua prática pedagógica. P2 e P3, conforme a transcrição, afirmaram não ter encontrado o tópico estequiometria no CBC, e P4, por sua vez, afirmou não saber se o tópico era previsto ou não no currículo mineiro vigente. Estas afirmações dos participantes nos orientam, qualitativamente, sobre a relação que estabelecem com o documento orientador mineiro e sua relevância para o planejamento da prática docente. Importante salientar mais uma vez que, de acordo com as orientações da SEE-MG, o CBC (como o próprio nome sugere) carregava uma base comum aos estudantes do estado de Minas Gerais.

Outra inferência possível de ser realizada está na centralidade que o livro didático possui no âmbito da fala de P1, sugerindo grande possibilidade de influenciar o conhecimento profissional do participante, conforme considera o modelo de Azam (2019).

Outro assunto que surgiu a partir das respostas dos participantes quanto à previsão do conteúdo no currículo foi qual série do ensino médio que, possivelmente, os participantes consideraram ser mais adequada para desenvolver o tópico na educação básica. Todos os participantes afirmaram que estequiometria deve ser abordada no segundo ano do ensino médio. Embora, no contexto da pandemia, e especificamente no ano de 2021, o material instrucional da SEE-MG tenha trazido o conteúdo – em âmbito estadual – na segunda série do ensino médio, um levantamento que realizamos apontou que das seis coleções de livros didáticos de Química aprovadas no PNLD em 2018 (vigentes ainda em 2021), quatro delas trazem o conteúdo no seu primeiro volume e outras duas coleções no segundo volume.

No intuito de entender as motivações dos professores para ensinar o conteúdo no segundo ano do ensino médio, essa pergunta foi realizada durante a segunda entrevista semiestruturada e, de acordo com as respostas dos participantes, as justificativas não se relacionam necessariamente com a previsão no material didático e sim à maturidade de conhecimento dos estudantes. P2, por exemplo, justifica que o conceito chave para se desenvolver o tópico estequiometria é o de “reações químicas”, que costuma ensinar ao final do primeiro ano do ensino médio. A questão de maturidade, em termos de conhecimento, para o entendimento do conteúdo no segundo ano é apontada também por P3.

Possivelmente, as práticas reflexivas dos professores P2 e P3 contribuíram para efetiva modificação do conhecimento profissional do currículo de estequiometria,

conforme discutido por Azam (2019), pois estes teceram construções sobre a maturidade do estudante, em termos de conhecimento, bem como os conhecimentos necessários para o entendimento do conteúdo a partir da segunda série do ensino médio.

Sobre a importância de se ensinar estequiometria na educação básica, P1 considera importante porque *“envolve muito raciocínio”*. P1 complementa, ainda, a importância das relações necessárias: *“[relacionar] a massa molar com a massa que foi dada”*. P2 atribui a importância de se ensinar o tópico por este ser *“um dos principais assuntos que uma pessoa que gosta ou que tenha certa afeição por esta ciência [Química] precisa conhecer”*. P2 complementa que a importância vai além da contextualização *“é mais centrada no aspecto da ciência Química em si, que é algo mais abrangente”*. P4 ressalta a questão com relação a proporções e balanceamento como pré-requisito para a construção de outros conceitos relacionados ao conhecimento químico, e P3, por sua vez e no momento da primeira entrevista semiestruturada, não conseguiu atribuir uma importância específica para o estudo do conteúdo.

Os dados que se referem à importância de se ensinar estequiometria dialogam com a definição explicitada por Brown et al. (2016) na medida em que consideram as relações quantitativas envolvidas numa transformação química, inclusive com relação às ferramentas amplamente utilizadas em Química para diversas aplicabilidades, como ressalta a fala de P2. Por outro lado, nosso fenômeno de estudo que emerge destes dados revela algo a ser observado com preocupação: a fragmentação do conhecimento. É neste contexto que se coloca a importância do desenvolvimento do conhecimento profissional do currículo, no sentido de ampliar as visões e entendimentos dos professores com relação ao conteúdo de uma forma não fragmentada, potencialmente colaboradora para uma formação integral do indivíduo fundamentada na construção de capacidades e habilidades que se consolidam na própria sociedade em que vivemos (AZAM, 2019).

Da análise do instrumento CoRe, as respostas dos participantes com relação ao que se pretende que os estudantes aprendam sobre a ideia e porque é importante que eles aprendam a ideia relacionada pelos professores, é necessário, primeiramente, contextualizar que foi solicitado aos participantes listar as três ideias que consideravam principais para ensinar o tópico estequiometria e que essas ideias não necessariamente teriam uma ordem de prioridade entre si. P1 listou: *“notação científica”, “operações matemáticas” e “proporções”*; P2 listou: *“reações químicas”, “proporcionalidade” e “regra de três”*; P3 listou: *“trabalhar cálculos teóricos (massa e quantidade de matéria) por meio de problemas que envolvam reações que liberam gases poluentes para a atmosfera”, “trabalhar cálculos teóricos (constante de Avogadro x massa e quantidade de matéria) por meio de problemas que envolvam processos industriais (por exemplo, obtenção do etanol)” e “trabalhar reagente limitante e em excesso por meio de problemas que envolvam processos industriais (por exemplo, síntese de medicamentos)”*; P4, por fim, listou: *“leis ponderais”; “porcentagem de cada substância envolvida na reação”; e “analisar o número de mols para uma melhor interpretação da reação química”*.

Os objetivos de ensino explicitados pelos professores no CoRe, à exceção de P3, corroboram a preocupação levantada anteriormente uma vez que expressam uma visão fragmentada do conteúdo, podendo levar o próprio estudante da educação básica à construção de um conhecimento também fragmentado. Isso implicaria dificuldades no exercício de sua função socialmente esperada, quando do exercício da cidadania em condições de autonomia e criticidade nas tomadas de decisão. Com o intuito de fundamentar estes argumentos, o Quadro 4, a seguir, traz as unidades de sentido que continham as respostas dos participantes às perguntas 1 e 2 do CoRe, após serem reescritas no processo de análise. São, ao todo, doze unidades de sentido (três de cada participante), sendo diferenciadas da seguinte forma: Co1 para unidades referentes ao

CoRe do participante P1; Co2 para unidades referentes ao CoRe de P2; Co3 para unidades referentes ao CoRe de P3; e Co4 para unidades referentes ao CoRe de P4.

Quadro 4 – Unidades de sentido reescritas a partir da unitarização da Representação de Conteúdo (CoRe) dos participantes da pesquisa.

Código	Unidade reescrita
Co1U1	A notação científica é uma ideia importante para se abordar o conteúdo de estequiometria porque ajuda a reconhecer números com casas decimais e potência, facilita escrever números muito grandes ou muito pequenos e ajuda a compreender o conceito do número de Avogadro.
Co1U2	Operações matemáticas é uma ideia importante para se abordar o conteúdo de estequiometria porque é necessário saber desenvolver operações básicas na resolução dos cálculos estequiométricos.
Co1U3	Proporção é uma ideia importante para se abordar o conteúdo de estequiometria porque ajuda a entender que a quantidade de matéria nos reagentes é proporcional à quantidade nos produtos, sendo indispensável na montagem e interpretação das reações químicas.
Co2U1	Reações químicas é uma ideia importante para se abordar o conteúdo de estequiometria porque todos os fenômenos químicos possuem pelo menos uma reação associada à sua ocorrência.
Co2U2	Proporcionalidade é uma ideia importante para se abordar o conteúdo de estequiometria porque o conteúdo possibilita relacionar substâncias num âmbito reacional por meio da proporcionalidade de grandezas.
Co2U3	A regra de três é importante para aprender estequiometria uma vez que as resoluções de problemas tornam-se mais fáceis a partir do uso dessa técnica.
Co3U1	Cálculos teóricos (massa e quantidade de matéria) é uma ideia importante para se abordar o conteúdo de estequiometria porque possibilita compreender a relação entre grandezas, proporção de reagentes e produtos na reação e, ainda, associar esses cálculos em reações que envolvam o meio ambiente.
Co3U2	Cálculos teóricos (constante de Avogadro, massa e quantidade de matéria) é uma ideia importante para se abordar o conteúdo de estequiometria porque possibilita compreender a relação entre grandezas e cálculos que envolvam processos industriais.
Co3U3	Reagente limitante e reagente em excesso são ideias importantes para se abordar o conteúdo de estequiometria de forma a entender processos industriais, sua relação com os cálculos teóricos e a geração de resíduo.
Co4U1	Leis Ponderais é uma ideia importante para se abordar o conteúdo de estequiometria, pois as proporções são importantes para a observação da quantidade de matéria que reage e a quantidade de produto produzido.
Co4U2	Relacionar as porcentagens respectivas dos reagentes e produtos em uma equação é uma ideia importante para se abordar o conteúdo de estequiometria, pois essas porcentagens nos indicam a quantidade de reagentes e produtos envolvidas na equação estudada.
Co4U3	O balanceamento e o conhecimento das relações com as quantidades de mols envolvidos na reação são ideias importantes para abordar em estequiometria, pois o balanceamento nos proporciona a principal ideia de quantos mols de determinado reagente reagem para analisarmos a quantidade de mols produzido.

Fonte: Autoria própria (2021).

Como pode ser observado, as unidades de sentido – à exceção daquelas construídas a partir do CoRe de P3 (Co3U1, Co3U2 e Co3U3) – possuem uma finalidade restrita ao

próprio conteúdo, de forma fragmentada. Por exemplo, a ideia “proporção”, de P1, relaciona-se à interpretação de reações químicas. Da mesma forma, a “regra de três”, proposta por P2, constitui-se como uma ferramenta (importante na resolução de problemas que envolvem o cálculo estequiométrico), útil para se resolver os problemas (e exercícios) do conteúdo.

Por outro lado, as ideias trazidas por P3, bem como os objetivos de ensino construídos em seu CoRe, alinham-se a uma proposta mais articulada de ensino de estequiometria, observadas as intenções de se compreender relações entre grandezas e sua relação com o meio ambiente e processos industriais. Além disso, é, também potencializadora da construção das habilidades previstas no CRMG.

Em diálogo com as seções anteriores, a lacuna identificada com relação à estequiometria no âmbito do conhecimento de currículo pode ter impactado no espalhamento dos objetivos de ensino e intencionalidades dos professores participantes da pesquisa. Esse espalhamento desordenado assemelha-se ao derramamento da espuma, inclusive na medida em que se caracteriza como algo disperso, um resíduo do processo de fervura do leite, ou seja, uma consequência dos fatos ora identificados.

Diante disso, o fenômeno que se mostra a respeito do conhecimento dos professores participantes de nossa pesquisa acerca do currículo é – para a maioria deles – o desenvolvimento de objetivos de ensino do conteúdo que contribuem para uma fragmentação do conhecimento químico, levando-se em conta o contexto descrito neste artigo. Ressaltamos, a partir das novas diretrizes curriculares vigentes em Minas Gerais e das discussões apresentadas neste trabalho, a necessária reflexão sobre as ações de formação – inicial ou continuada – de professores, na busca de uma visão articulada do conhecimento químico, inclusive com auxílio do próprio currículo mineiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão anterior, acerca daquilo que se mostrou sobre o conhecimento dos quatro participantes da pesquisa no que diz respeito ao currículo, nos possibilitou uma nova compreensão desse fenômeno. A partir do contexto explicitado com relação ao currículo mineiro, identificamos possíveis contribuições para o desenvolvimento do Conhecimento Profissional de Estequiometria dos professores. Importante lembrar que nossa análise se pautou apenas nos dados coletados no âmbito da pesquisa acadêmica com quatro participantes e, dessa forma, não necessariamente reproduz as condições de todos os professores da rede estadual de educação de Minas Gerais.

O tópico estequiometria não foi indicado de forma explícita no currículo mineiro no período de 2008 a 2021, fato que gera uma incerteza sobre seu desenvolvimento na educação básica durante a vigência do CBC. O fato oportuniza pesquisas futuras sobre o ensino e aprendizagem desse tópico no âmbito da sala de aula, na educação básica.

Apesar de não estar previsto no CBC, todos os participantes da pesquisa afirmaram ser um conteúdo importante para a formação básica dos estudantes e, além disso, que deveria ser ensinado na segunda série do ensino médio, fato que evidencia a autonomia dos professores na escolha dos tópicos e destaca a ação docente para além do próprio conhecimento do currículo. Na oportunidade de observarmos o que foi exposto, em termos de materiais e estratégias utilizadas no período da pandemia provocada pela COVID-19, identificamos que o conteúdo de estequiometria esteve ausente inclusive do material didático elaborado para o REANP no ano letivo de 2020 – com a vigência do CBC – e que, após a publicação do CRMG, o conteúdo foi incorporado como parte das diretrizes mineiras, inclusive no material apostilado desenvolvido para o REANP em 2021. Identificamos a (re)produção do currículo mineiro no material didático produzido pelo estado de Minas Gerais durante a transição do currículo, mas no contexto do TSPCK de

estequiometria dos professores investigados, observamos que nem o próprio currículo e nem mesmo material didático utilizado parecem exercer um papel determinante nas ações pedagógicas.

Ainda sobre o conhecimento profissional do currículo – uma das dez bases de conhecimentos do nosso referencial teórico – dos quatro professores participantes da pesquisa, a partir da captação do novo emergente (como abordado no nosso referencial de análise), identificamos, com base nos resultados apresentados pelos participantes, objetivos de ensino que podem contribuir para uma visão fragmentada do conhecimento químico relacionado ao cálculo estequiométrico. Como um dos fatores, essa situação pode ter sido influenciada pela ausência de diretrizes curriculares para o ensino de estequiometria, que auxiliariam a ampliar as visões e entendimentos acerca do currículo com relação ao tópico, na perspectiva de Azam (2019).

Da mesma forma, conseguimos identificar possíveis modificações do conhecimento profissional do currículo de estequiometria a partir de orientações para o ensino presentes nos materiais didáticos (como no caso de P1) e das práticas reflexivas (como no caso de P2 e P3) com relação ao conteúdo de estequiometria e ainda de acordo com o modelo de TSPCK utilizado como referencial teórico.

Por fim, resgatando nossa metáfora, não estamos aqui a “chorar pelo leite derramado”. Nosso estudo pretendeu iniciar uma reflexão importante acerca do conhecimento do currículo para o ensino de estequiometria que possivelmente contribuirá com o debate acadêmico no âmbito da formação de professores – inicial e continuada – com relação a esse assunto. As lacunas produzidas e identificadas com relação à ausência dessas orientações explícitas podem, a partir da reestruturação do currículo mineiro, ser superadas pela permanente formação profissional das professoras e professores de química, bem como para outros profissionais da educação no que tange à construção de um ensino mais articulado e que seja capaz de favorecer a formação para a cidadania por meio da ação docente.

Don't cry over spilled milk: a discursive textual analysis of the professional knowledge of the curriculum on stoichiometry of four teachers from Minas Gerais

ABSTRACT

The training of Chemistry teachers from the perspective of Topic Specific Pedagogical Content Knowledge (TSPCK) considers the development of a professional knowledge base, from which this article focuses on Curriculum Knowledge for the topic of stoichiometry. It presents part of the results from an academic master's degree in Chemistry, which made it possible to discuss the professional knowledge of the curriculum in this content during the regime of non-classroom studies and activities and the transition from Minas Gerais curriculum, with the characterization of the TSPCK from four professors with a degree in Chemistry. The research demonstrates that, despite being explicitly mentioned in the National Curricular Parameters (PCNEM, part III), the content was not explicitly presented over the thirteen years of the Common Basic Content (CBC), from 2008, until the publication of the Minas Gerais Reference Curriculum (CRMG), in early 2021. The results also indicate that participants claim to teach this content in primary education, despite its absence in Minas Gerais curriculum and the lack of clarity regarding the teaching objectives to the topic, which can potentially contribute to the teaching and learning of chemical knowledge in a fragmented way. Based on the theoretical framework adopted and the results, it is important to highlight the relevance of teaching guidelines as possible enhancers of this component for the TSPCK of Chemistry teaching professionals, in order to provide opportunities for a teaching and learning process from the point of view of curricular integration.

PALAVRAS-CHAVE: Professional Knowledge. TSPCK. Stoichiometry.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. R. **Gamificação no ensino de química: uma proposta para o ensino de estequiometria**. 2021. 85 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2021.
- AZAM, S. Distinguishing topic-specific professional knowledge from topic-specific PCK: a conceptual framework. **International Journal of Environmental and Science Education**, Vol. 14, No. 5, p. 281-296, 2019.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm Acesso em: 03 abr. 2022
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio, parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf> Acesso em: 03 abr. 2022.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf Acesso em: 03 abr. 2022
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2002.
- BERNSTEIN, B. Pedagogy, symbolic control and identity: theory, research, critique, **Cadernos de pesquisa**, n. 120, p. 75-100, 2003.
- BROWN, T. L. *et al.* **Química: a Ciência Central**, 13ª edição, São Paulo: Pearson, 2016. 1229 p.
- CARRIELO, G. M. *et al.* Citações a Paulo Freire em trabalhos de ensino de química: um estudo de dissertações e teses. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 7, n. 2, p. 1-18, maio/ago. 2022.
- CARLSON, J.; DAEHLER, K. R. The Redefined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In: Hume, A et al. (eds). **Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science**. Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2019, p. 77-92.

DECONTO, D. C. S.; OSTERMANN, F. Treinar professores para aplicar a BNCC: as novas diretrizes e seu projeto mercadológico para a formação docente, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, p. 1730-1761, dez./2021.

DOS SANTOS, L. C.; DA SILVA, M. G. L. Conhecendo as dificuldades de aprendizagem no ensino superior para o conceito de estequiometria. **Acta Scientiae**, v. 16, n. 1, p. 133-152, 2014.

FERNANDEZ, C. Revisitando a base de conhecimentos e o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) de professores de Ciências. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. 2, 2015.

GONÇALVES, L. P. da S.; MESQUITA, N. A. da S. O currículo para o Ensino Médio em Goiás na perspectiva do Ciclo de Políticas: o lugar da Química, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, p. 1700-1729, dez. 2021.

HASHWEH, M. Z. Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. **Teachers and teaching: theory and practice**, Vol. 11, No. 3, 2005, p. 273-292.

LOPES, A. C. Políticas de currículo: mediação por grupos disciplinares de ensino de ciências e matemática. In: LOPES, A. C.; MACEDO, E. (org.). **Currículo de ciências em debate**. Campinas: Papirus, 2016.

LOUGHRAN, J.; MULHALL, P.; BERRY, A. In search of pedagogical content knowledge in science: developing ways of articulating and documenting professional practice, **Journal of Research in Science Teaching**, Vol. 41, No. 4, p. 370-391, 2004.

MAVHUNGA, E. ROLLNICK, M. Improving PCK of Chemical Equilibrium in Pre-service Teachers. **African Journal of Research in Mathematics**, Science and Technology Education, n. 17, v. 1-2, p. 113-125, 2013.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. **Proposta Curricular: CBC Química Ensino Médio**. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1OWB8OR3o3XxOop6ZoCS2YxaEow2UiMT5/view> Acesso em: 02 abr. 2022

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. **Plano de Estudos Tutorados. 2º ano do Ensino Médio. Vol. 1**. Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1G9IA7lsWMPa5QwtJafZGq9GRUDO9fuEo/view> Acesso em: 17 abr. 2022.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. **Plano de Estudos Tutorados. 2º ano do Ensino Médio. Vol. 2**. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1MANhPs5oHYD5UtpyrfZogpeZC1AOPBXi/view> Acesso em: 17 abr. 2022.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. **Currículo Referência de Minas Gerais – Ensino Médio**. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://www2.educacao.mg.gov.br/images/documentos/Curr%C3%ADculo>

%20Refer%C3%Aancia%20do%20Ensino%20M%C3%A9dio.pdf Acesso em: 01 mar. 2022.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. DO C. **Análise Textual Discursiva**, 3ª ed. rev. e ampl., Ijuí: Ed. Unijuí, 2016. 264 p.

NOVAIS, R. M.; SIQUEIRA, C. T; MARCONDES, M. E. R. Modelos Didáticos: um referencial para reflexão sobre as crenças didáticas de professores. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8. 2011, Campinas. **Ata do VII ENPEC**. Campinas: ENPEC, 2011.

SANTOS, D. de A. dos.; KATAOKA, A. M. Uma investigação sobre a incorporação da educação ambiental nos currículos do curso de ciências biológicas. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 7, n. 3, p. 1-17, set./dez. 2022.

SANTOS, L. C. **Dificuldades de aprendizagem em estequiometria: uma proposta de ensino apoiada na modelagem**. 2013. 153 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2013.

SHULMAN, L. S. Those who understand: knowledge growth in teaching, **Educational Researcher**, n. 15, v. 2, p. 4-14, 1986.

Recebido: 17 fev. 2023

Aprovado: 14 jul. 2023

DOI: 10.3895/actio.v8n2.16447

Como citar:

CIRILO, R. J. V.; COLAGRANDE, E. A. **ACTIO**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 1-22, maio/ago. 2023. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>. Acesso em: XXX

Correspondência:

Rolién José Vieira Cirilo

Rua Gabriel Monteiro da Silva, n. 700, Centro, Alfenas, Minas Gerais, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

