

CONHECIMENTO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA: UMA PESQUISA COM PROFESSORES EM FORMAÇÃO CONTINUADA

KNOWLEDGE FOR TEACHING SCIENCES AND MATHEMATICS: A RESEARCH WITH TEACHERS IN CONTINUING TRAINING

AUTORES: Helena Noronha Cury¹
Denise Kriedte da Costa²
Thais S. do Canto-Dorow³

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA: curyhn@gmail.com

Data de recepção: 13-03-2017

Data de aceitação: 8-06-2017

RESUMO

Neste artigo, são relatados resultados de uma pesquisa com professores de Biologia, Química e Matemática, em formação continuada, aos quais foi aplicado um instrumento para avaliar o conhecimento pedagógico do conteúdo, denominado CoRe (Content Representations - Representações de conteúdo). Para isso, inicialmente foi realizada uma revisão de estudos sobre as características do conhecimento do professor e, posteriormente, foi aplicado o instrumento a 15 participantes, que responderam questões sobre o ensino de conteúdos de suas respectivas áreas. Suas respostas foram analisadas e constatou-se que a maior parte deles tem conhecimentos para o ensino dos conteúdos abordados no instrumento. Concluiu-se que o CoRe precisa ser aplicado juntamente com outros instrumentos de pesquisa, tais como entrevistas, relatórios e observações de sala de aula, para que seja possível confirmar as respostas dadas pelos professores.

PALAVRAS-CHAVE: Conhecimento; ensino; professores; formação continuada.

ABSTRACT

In this article, we relate results of a research developed with teachers of Biology, Chemistry and Mathematics, in continuous formation, to which was applied an instrument to evaluate pedagogical content knowledge, called CoRe (Content Representations). Initially, a review of studies on the characteristics of the teacher's

¹ Licenciada em Matemática, Mestre e Doutora em Educação. Professora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Centro Universitário Franciscano, de Santa Maria, RS, Brasil.

² Licenciada em Química, Mestre em Educação em Ciências, Doutora em Educação em Ciências-Química da Vida e Saúde. Professora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Centro Universitário Franciscano, de Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: denise.kriedte@gmail.com

³ Licenciada em Ciências Biológicas, Mestre e Doutora em Ciências. Professora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Centro Universitário Franciscano, de Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: thaisdorow@gmail.com

knowledge was done, and subsequently the instrument was applied to 15 participants, who answered questions about the teaching of content in their respective areas. Their answers were analyzed and it was verified that most of them have knowledge to teach the contents covered in the instrument. We conclude that CoRe needs to be applied together with other research tools, such as interviews, reports and classroom observations, so that the answers given by the teachers can be confirmed.

KEYWORDS: Knowledge; teaching; teachers; continuing training.

INTRODUÇÃO

A proposta de Lee Shulman, em 1986, de distinguir o conhecimento do professor em três categorias - conhecimento do conteúdo da disciplina, conhecimento pedagógico do conteúdo e conhecimento curricular – deu origem a vários estudos, em diversas áreas, sobre o que caracteriza o conhecimento do professor, bem como novas propostas para classificá-lo.

Nas produções da área de Ensino de Ciências e Matemática, são encontradas citações de alguns modelos de conhecimento do professor, partindo do de Shulman (1986, 1987) e trazendo ideias de investigadores que nele se basearam. Fernandez (2015) cita oito modelos, descrevendo-os e mostrando como entendem e categorizam o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK). Ball, Thames e Phelps (2008) também se baseiam em Shulman e trazem a discussão para a área de Ensino de Matemática, criando novas divisões para o conhecimento do professor, o que deu origem a outros estudos na mesma área.

Como participantes de um grupo de docentes de um Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, que se dedica à formação continuada de professores, acreditamos ser necessário analisar o conhecimento desses alunos-professores em todos os seus aspectos, para qualificar essa formação, mas também para permitir-nos reformular propostas de trabalhos nas diferentes disciplinas dos cursos de mestrado e doutorado.

Tendo iniciado uma pesquisa sobre o conhecimento do professor, com base nas ideias de Shulman⁴, resolvemos investigar a possibilidade aplicar aos professores em formação um instrumento de pesquisa que é citado em muitos dos trabalhos por nós estudados, a saber, o CoRe (*Content Representations* – Representações de Conteúdo), proposto por Loughran, Mulhall e Berry (2004), que tem a intenção de investigar o conhecimento pedagógico do conteúdo.

Visto que o projeto envolve, além dos docentes de Matemática, outros colegas da área de Ciências que também se propõem a desenvolver trabalhos sobre conhecimento do professor, decidimos aplicar o CoRe a professores de Matemática, Biologia e Química, em formação continuada, com o objetivo de verificar as respostas possíveis de serem captadas por esse instrumento e como ele pode ser usado em nossas futuras pesquisas sobre o conhecimento do professor. Inicialmente, trazemos uma síntese das produções nas quais baseamos nossos estudos e, a seguir, apresentamos a investigação.

⁴ Processo CNPq 443118/2014-0

Uma breve revisão de estudos sobre o conhecimento do professor

Entre as perguntas centrais que visualiza para uma pesquisa sobre formação do professor, Shulman (1986) questiona a relação entre o conhecimento do conteúdo e os conhecimentos pedagógicos gerais, propondo, então, três categorias de conhecimento:

- conhecimento do conteúdo da disciplina⁵: conhecer o conteúdo da disciplina vai além de saber os tópicos a serem ensinados e como aplicá-los em exercícios, pois o professor precisa compreender a estrutura da disciplina. Como Shulman (1986) explica, “o professor precisa não só entender *que* algo é assim; o professor, além disso, deve entender *porque* é assim [...]”, porque um tópico é central enquanto outro é secundário para a compreensão da matéria. (p. 9, grifos do original).
- conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK)⁶: esta classe foi definida por Shulman (1986, p. 9) como o conhecimento “que vai além do conhecimento da disciplina em si para a dimensão do conhecimento da disciplina *para ensinar*”. (Grifo do original). Entre os aspectos englobados nessa categoria de conhecimento, o autor inclui, para os conteúdos regularmente ensinados em uma determinada disciplina, “[...] as formas mais úteis para representação daqueles tópicos, as mais poderosas analogias, ilustrações, exemplos e demonstrações – em outras palavras, as maneiras de representar e formular um conteúdo que o faça compreensível para os outros”. (Ibid., p. 9).
- conhecimento curricular: o currículo, nessa categorização, é representado pelo domínio total dos programas de ensino para a disciplina e nível de ensino em questão e pelo conhecimento dos materiais instrucionais disponíveis; mas Shulman (1986) ainda afirma que gostaria que os professores tivessem conhecimento dos tópicos a serem estudados nos níveis de ensino anteriores e posteriores àquele em que está lecionando, o que ele chama de conhecimento lateral do currículo.

Em novo texto, de 1987, Shulman reformula e refina sua classificação original, mencionando as categorias de conhecimento subjacentes à compreensão dos professores e que os permitem promover a compreensão dos alunos. São apontados, então: conhecimento do conteúdo; conhecimento pedagógico geral; conhecimento curricular; conhecimento pedagógico do conteúdo, “aquela amálgama especial de conteúdo e pedagogia que é exclusivamente o campo dos professores, sua própria forma especial de compreensão profissional” (Shulman, 1987, p. 8); conhecimento dos alunos e de suas características; conhecimento dos contextos educacionais; e conhecimentos dos objetivos, propósitos e valores educacionais, e seus fundamentos filosóficos e históricos.

Essa extensa lista parece abarcar todos os tipos de conhecimento que esperaríamos encontrar em professores graduados ou pós-graduados, especialmente aqueles mais

⁵ Fernandez (2015) traduz *subject matter knowledge* como *conhecimento do tema*. Neste trabalho, preferimos traduzir *subject matter knowledge* por *conhecimento do conteúdo da disciplina* porque estamos tratando de disciplinas específicas do Ensino Médio ou Superior, níveis em que lecionam os professores participantes da investigação.

⁶ Optamos por indicar este constructo com a sigla PCK (*pedagogical content knowledge*), pela qual é mais conhecido e citado em publicações sobre o tema.

experientes. Segundo Ball, Thames e Phelps (2008), o texto de Shulman de 1986 foi citado em mais de 1.200 artigos em periódicos arbitrados, nos 20 anos seguintes, e uma das primeiras discussões sobre suas ideias envolveu a maneira de avaliar o PCK dos professores, tendo sido propostos alguns instrumentos, especialmente para professores de Ciências ou Matemática (Loughran, Mulhall e Berry, 2004; Ball, Thames e Phelps, 2008, entre outros).

Loughran, Mulhall e Berry (2004) apresentam um método para avaliar o PCK, composto por duas ferramentas: CoRe e PaP-eRs (*Pedagogical and professional experience Repertoires* – Repertórios de experiências pedagógicas e profissionais). Segundo os autores, o método por eles desenvolvido “desvenda, documenta e retrata o PCK de professores de Ciência” (p. 373). Sua pesquisa usou diferentes abordagens, tais como entrevistas individuais, observações de sala de aula e oficinas para pequenos grupos de professores.

O CoRe proporciona uma visão geral de como os professores (em uma determinada área) conceituam um determinado conteúdo ou tópico de uma disciplina e a forma como o ensinam para seus alunos. Permite avaliar o conhecimento pedagógico do conteúdo em questão porque é ligado ao como, porquê e o quê os professores ensinam e o que consideram importante que seus alunos aprendam. (Loughran, Berry e Mulhall, 2012). A proposta do instrumento envolve um quadro, com uma primeira linha na qual são solicitados os conceitos ou ideias centrais sobre o tópico escolhido, não havendo um número definido de “grandes ideias”, porque estas variam conforme o tópico. Nas linhas seguintes, para cada conceito/ideia, o professor (individualmente ou em grupo) vai responder a questões que envolvem objetivos do ensino do conceito, dificuldades que os professores encontram no seu ensino, fatores que influenciam esse ensino, estratégias ou procedimentos usados e formas de avaliar a aprendizagem.

Já o PaP-eRs é construído a partir de vários instrumentos, tais como entrevistas e observações de sala de aula, que lançam uma luz sobre cada área do CoRe que foi elaborado pelos professores sobre um determinado conceito.

Na revisão de literatura feita para planejar este projeto-piloto que aqui é relatado, foram encontradas pesquisas em que a ferramenta CoRe é aplicada a duplas ou grupos de professores (Loughran, Mulhall e Berry, 2004; Oliveira Junior, 2011) ou a um único professor (Chapoo, Thathong e Halim, 2014b; Novais, 2015). Optamos por aplicá-lo individualmente, para analisar as respostas e posteriormente validá-lo com grupos de professores, para retomar as ideias apresentadas e aprofundá-las em questionários ou entrevistas.

Estudos sobre PCK em Biologia

Referente ao ensino de Biologia, encontramos algumas produções que partem das ideias de Shulman. Ballerini (2014) apresentou oito modelos para caracterizar a base de conhecimentos do professor e o PCK, todos eles apoiados nas ideias originais de Shulman. Com o objetivo de analisar os conhecimentos de professores de Biologia com referência aos saberes inerentes à profissão, a pesquisadora ofereceu um curso de formação continuada a professores da rede pública. Os participantes elaboraram planos de aula, aplicaram atividades a seus alunos e relataram os resultados obtidos. Por meio

da aplicação do instrumento CoRe aos professores, no início e no final do curso, bem como observação das aulas por eles ministradas, Ballerini (2014, p. 182) concluiu que “muito pouco dos conhecimentos trabalhados durante o curso de formação continuada teve espaço no plano de aula construído pelos professores conjuntamente”. Também chamou a atenção da autora o fato de que os professores pareciam seguir apenas as orientações que lhes foram dadas no curso para elaborar os planos de aula, sem levar em conta conhecimentos sobre os alunos, sobre seu contexto e sobre o conteúdo em si.

Käpylä, Heikkinen e Asunta (2009) desenvolveram uma investigação na Finlândia, com o objetivo de examinar a relação entre conhecimento do conteúdo e conhecimento pedagógico do conteúdo quanto à fotossíntese e o crescimento de plantas. Os 20 participantes eram alunos de cursos de formação de professores, sendo que 10 deles estudavam para serem professores dos anos iniciais e os outros 10 preparavam-se para serem professores de Biologia nos anos seguintes da educação básica. A metodologia da pesquisa envolveu a elaboração individual de um plano de aula sobre fotossíntese e crescimento de plantas, para alunos de 6º ano, seguido pela aplicação de dois questionários, um sobre a formação do participante e outro sobre seu conhecimento a respeito de fotossíntese e crescimento de plantas, bem como sobre as dificuldades dos alunos de 6º ano na aprendizagem desses conteúdos. Finalmente, os participantes foram entrevistados. Os resultados da pesquisa indicam que um bom conhecimento do conteúdo tem influência positiva sobre o PCK. Käpylä, Heikkinen e Asunta (2009) afirmam que os estudantes que se preparavam para ensinar os anos finais (e com maior conhecimento de conteúdos) eram mais conscientes das dificuldades dos alunos sobre aqueles conteúdos, enquanto os que se preparavam para lecionar nos anos iniciais tinham dificuldade em reconhecer as concepções errôneas dos alunos.

Chapoo, Thathong e Halim (2014a) investigaram o PCK de três professores que lecionavam Biologia a alunos de décimo ano de uma escola pública da Tailândia, por meio da aplicação do instrumento CoRe e de entrevistas. Conforme os pesquisadores, as três professoras não tinham conhecimento adequado de conteúdos de Biologia, tinham dificuldade de ensinar tais conteúdos em suas aulas e de planejar instrumentos apropriados para avaliar a aprendizagem dos seus alunos. Em outra pesquisa, os mesmos pesquisadores (Chapoo, Thathong e Halim, 2014b) buscaram investigar o PCK de uma professora de Biologia e, especialmente, verificar em que medida o instrumento CoRe reflete os componentes do PCK conforme um dos modelos de classificação de conhecimentos do professor, baseado em idéias de Shulman.

Estudos sobre PCK em Química

De maneira geral, na área de Ensino de Química, as reflexões se enquadram na área de formação de professores e mostram como educadores do Ensino Médio, que atuam em contextos escolares distintos, desenvolvem suas atividades nessa área (Silva, 2013). Chordnork e Yuenyong (2014) trabalharam com quatro professores primárias de Ciências e elucidaram a compreensão dos seus conhecimentos profissionais sobre a prática de ensino. Brines, Solaz-Portolés e López (2016) realizaram um estudo

exploratório sobre pilhas galvânicas com 25 professores do Ensino Médio, ainda em formação, e 15 professores em exercício. A pesquisa evidenciou que os professores em formação, em sua maioria, não possuem conhecimento específico para responder as questões propostas, se comparados com os professores em exercício, porém em relação às metodologias de ensino aplicadas, não se observam diferenças significativas.

No Brasil, os trabalhos sobre o conhecimento para o ensino, na área de Química, são, em geral, apoiados nos trabalhos de Carmen Fernandez e colaboradores, que realizaram várias pesquisas, para compreender como o conhecimento base é utilizado ao ensinar um determinado tópico de Química. Para tal, utilizaram como referencial teórico o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK), que possibilita entender como o conteúdo específico pode ser pedagogicamente trabalhado e modificado de modo a transformá-lo em um conhecimento acessível ao estudante e que faça parte do seu cotidiano. A maioria dos estudos realizados envolveu a análise da prática de professores, em conteúdos distintos.

As pesquisas realizadas por Fernandez (2011, 2014) objetivaram fornecer um panorama da literatura e mostrar a evolução do conceito de PCK, bem como apresentar o potencial do estudo desse conhecimento para compreender o desenvolvimento profissional docente e especialmente para contribuir com a formação de professores de Ciências e de Química.

Montenegro e Fernandez (2015) analisaram o desenvolvimento do PCK de dois professores que participaram de um processo reflexivo num grupo colaborativo envolvendo ações individuais e em grupo. Esses professores tomaram consciência de algumas ações a partir da participação no grupo colaborativo, revelando um processo de desenvolvimento de PCK de modo semelhante ao proposto no modelo de raciocínio pedagógico e ação.

Castro et al. (2013) analisaram o PCK de uma professora de Química do Ensino Médio sobre Lei de Hess e identificaram seus conhecimentos nesse tema. Fernandez e Freire (2014) realizaram suas pesquisas com professores novatos de Química e o desenvolvimento do PCK de oxidorredução e as influências da formação inicial.

Góes et al. (2013) documentaram o PCK sobre Química Verde (QV) de professores do Instituto de Química da Universidade de São Paulo, Brasil. Os resultados revelaram uma dependência significativa entre o conhecimento da matéria dos professores e seu PCK em termos da consistência entre propósitos e estratégias para a instrução da QV.

Leal, Novais e Fernandez (2015) utilizaram o conteúdo “estrutura atômica” para analisar as experiências de uma professora de Química experiente em aulas de Química Geral e verificaram que esta consegue mobilizar, em sua prática, a maioria das categorias do PCK.

Estudos sobre PCK em Matemática

Na área de Ensino de Matemática, as discussões sobre o conhecimento para o ensino são, em geral, apoiadas nas ideias de Deborah Ball e colaboradores, que realizaram várias pesquisas, especialmente com professores americanos que participavam de um curso de formação continuada.

Ball, Thames e Phelps (2008, p. 395) consideraram ser óbvio o fato de os professores precisarem saber o conteúdo que vão ensinar e, assim, focaram suas pesquisas sobre “que mais os professores precisam saber sobre matemática e como e onde os professores podem usar tal conhecimento matemático na prática”. Em seguida, definiram conhecimento matemático para o ensino como “o conhecimento matemático necessário para levar adiante o trabalho de ensinar matemática” (Ibid., p. 395) e refinaram categorias criadas por Shulman. Em suas pesquisas, mencionaram, então, conhecimento comum e especializado do conteúdo, conhecimento do conteúdo e dos estudantes, bem como conhecimento do conteúdo e do ensino.

O conhecimento comum do conteúdo é formado pelo conhecimento e pelas habilidades matemáticas que não são exclusivas do professor. Já o conhecimento especializado pressupõe tarefas que são rotineiras para o professor, mas que, em conjunto, demandam compreensão e raciocínio do assunto trabalhado e conhecimentos além do que é ensinado aos alunos.

O conhecimento do conteúdo e dos estudantes envolve, por exemplo, antecipação do que estes vão pensar sobre o assunto e quais são suas dificuldades. Finalmente, pelo conhecimento do conteúdo e do ensino, o professor pode, por exemplo, sequenciar o conteúdo, escolher os melhores exemplos, representações e metodologias.

Em uma pesquisa realizada com cerca de 400 professores que realizavam cursos de formação continuada, Hill, Ball e Schilling (2008) avaliaram o conhecimento do conteúdo e dos estudantes. Por meio de ferramentas estatísticas, os pesquisadores analisaram os dados coletados, mas concluíram que ainda são necessários muitos estudos para, efetivamente, definir essa categoria, visto que “falta uma teoria que auxilie a examinar a natureza do raciocínio matemático-pedagógico dos professores sobre os estudantes”. (Ibid., p. 396).

Além dos vários artigos produzidos por Ball e colaboradores, ainda encontramos estudos realizados por outros investigadores, tais como Shalem, Sapire e Sorto (2014), que tratam das explicações que 62 professores da África do Sul apresentam para os erros dos alunos, pesquisando categorias de conhecimento propostas por Ball. Outro trabalho foi realizado por Steele (2013), que descreveu um conjunto de tarefas de avaliação planejadas para medir o conhecimento de professores para o ensino de Geometria e medidas, em especial o conhecimento especializado do conteúdo.

É importante destacar que nenhum desses estudos na área de Ensino de Matemática usou o instrumento CoRe, o que reforçou a necessidade de realizarmos este projeto para validar essa ferramenta em nossas futuras investigações.

Procedimentos metodológicos

O modelo para o CoRe foi proposto originalmente por Loughran, Mulhall e Berry (2004). Basicamente, o CoRe apresenta questões, conforme indicado no Quadro 1, a seguir.

QUADRO 1- Questões do CoRe

1. O que você pretende que os alunos aprendam sobre esse conceito?
2. Por que é importante para os alunos aprenderem sobre isso?
3. O que mais você sabe sobre isso mas não pode ensinar ainda?
4. Quais são as suas dificuldades e limitações relacionadas ao ensino desse conceito?
5. Como o seu conhecimento sobre o contexto do estudante influencia no ensino desse conceito?
6. Como o seu conhecimento sobre as ideias prévias dos alunos, relacionadas ao tema proposto, influencia no ensino desse conceito?
7. Que procedimentos ou estratégias você emprega para que os alunos compreendam esse conceito?
8. Que maneiras específicas você usa para avaliar a compreensão (ou incompreensão) dos alunos sobre esse conceito?

Inicialmente o professor estabelece conceitos ou ideias para o ensino de determinado conteúdo. A seguir, responde a oito questões relativas a cada um desses conceitos ou ideias por ele estabelecidos. No Quadro 1, apontamos apenas as oito questões, respondidas a partir de três conteúdos diferentes, trabalhados na educação básica e superior: “biologia celular”, na Biologia, “termoquímica”, na Química e “funções exponenciais”, na Matemática. O número de conceitos ou ideias que o professor deve estabelecer para o conteúdo correspondente é variado; neste caso, optamos por solicitar quatro conceitos principais e adaptamos o modelo de CoRe indicado em Loughran, Berry e Mulhall (2012, p. 22-23). Nesta pesquisa, foram criados três instrumentos CoRe, aplicados a 15 alunos do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Desses 15 participantes, cinco são professores de Biologia, cinco, de Química e cinco, de Matemática. Os alunos-professores preencheram individualmente o CoRe, durante 50 minutos.

As respostas dos participantes foram primeiramente analisadas em conjunto, em cada área, para posteriormente discutir pontos em comum. Nas questões de 1 a 8, foi realizada uma análise de conteúdo das respostas, englobando o que os participantes consideraram para cada conceito ou ideia por eles indicado.

Resultados da aplicação do instrumento

Ao estabelecer conceitos ou ideias para o ensino dos conteúdos apontados nos instrumentos CoRe das respectivas áreas, os participantes apresentaram classificações adequadas a tais conteúdos. As respostas dos cinco professores de Biologia para a divisão do conteúdo “biologia celular” podem ser divididas em três tipos: aquelas que envolvem a célula (conceito, constituição, diferenciação, divisão e funções), as que se referem aos seres vivos (tais como sua classificação) e as que priorizam aspectos

históricos e aplicações do conceito em áreas específicas, tais como Microscopia e Biotecnologia.

As respostas dos professores de Química sobre o conteúdo “termoquímica” podem ser classificadas em quatro tipos: aquelas que envolvem compreensão das ideias fundamentais (conceitos de calor e entalpia, fatores que os influenciam e distinção entre calor de formação e combustão), as que se referem à classificação das reações (endotérmicas e exotérmicas), as que tratam de aspectos matemáticos tais como cálculos de energia, construção de gráficos, análise e significados da linguagem própria da Química. Por último, algumas respostas destacam relações com aspectos cotidianos (alimentos, tipos de energia, fontes renováveis e não-renováveis) e com outros conteúdos de Química.

Entre os conceitos indicados pelos cinco professores de Matemática para o ensino de “funções exponenciais”, temos: aqueles que tratam de conteúdos pré-requisitos (potenciação e suas propriedades, relações entre variáveis, definição de função e seus gráficos), os que são específicos para a função exponencial (definição, relações com a função logarítmica) e os que abordam crescimento e decrescimento da função exponencial, bem como suas aplicações.

Nas perguntas 1 e 2 do CoRe, espera-se que o professor justifique as razões pelas quais é importante, para o aluno, saber cada conceito/ideia central que foi por ele indicado na primeira linha. É parte do conhecimento pedagógico do conteúdo porque envolve os objetivos para trabalhar com aquele conceito e sua importância dentro do conteúdo envolvido. As respostas foram classificadas segundo os verbos empregados pelos respondentes, que envolvem objetivos educacionais, agrupados conforme a classificação de Bloom et al. (1972), revisada por Ferraz e Belhot (2010), bem como as competências propostas por Perrenoud (2000, 2013), desenvolvidas na formação para a educação básica.

Como objetivos básicos, encontramos, nas respostas dos professores de Biologia, aqueles que envolvem conhecer, entender, compreender, reconhecer, definir, diferenciar e caracterizar os conceitos envolvidos no conteúdo proposto. As afirmativas dos professores de Química abordam os objetivos de aplicar, diferenciar, identificar, reconhecer, calcular, compreender, analisar, observar e relacionar os conceitos. Já nas respostas dos professores de Matemática, identificamos objetivos que supõem conceituar, definir, conhecer, identificar, relacionar, entender e resolver problemas do cotidiano.

A questão 3 relaciona-se ao conhecimento do currículo, entendido como conhecimento dos tópicos que vão ser lecionados naquele nível de ensino e naquela turma, bem como o que Shulman (1986) chamou de conhecimento lateral, ou seja, saber quais tópicos estão relacionados ao conteúdo em questão, nos níveis posteriores de ensino.

Os professores de Biologia citaram, exclusivamente, conteúdos previstos nos currículos de educação básica ou dos primeiros anos do ensino superior. Os professores de Química também apontaram conteúdos previstos nos currículos, mas salientaram a dificuldade de aprofundamento e falta de pré-requisitos dos alunos, bem como a indisponibilidade de utilização de espaços adequados, tais como laboratórios, que

permitiriam desenvolver outras metodologias de ensino. Os professores de Matemática apontaram conteúdos de níveis superiores do ensino, que não poderiam ainda ser explicados aos alunos, bem como metodologias diferenciadas para o ensino de funções exponenciais, das quais não tinham conhecimento suficiente para poder utilizá-las.

A questão 4 foi modificada por nós em relação à original proposta por Loughran, Mulhall e Berry (2004), pois esses autores perguntavam sobre as dificuldades de ensino do conteúdo, enquanto nós indagamos sobre as dificuldades do próprio professor, relativamente ao conteúdo ou à metodologia de ensino.

Um professor de Biologia declarou não ter dificuldades e outro apontou suas limitações em termos de conteúdos; dois professores mencionaram a dificuldade de utilizar espaços além da sala de aula (museus, laboratórios), bem como modelos concretos para dar significado à aprendizagem. O último respondente mencionou o fato de que alguns conteúdos são muito abstratos, complexos e rígidos. Os professores de Química mencionaram, principalmente, dificuldades dos alunos, mas também citaram a falta de espaços adequados para as aulas (laboratórios) e a dificuldade de relacionar os conteúdos ao cotidiano do estudante. Nos instrumentos aplicados aos professores de Matemática, um respondente apontou como dificuldade a falta de conhecimento dos conceitos das diversas funções. Talvez estivesse pensando nas dificuldades dos alunos, visto que também mencionou “falta de interesse de aprender algo que lhes é essencial”. Os demais professores mencionaram suas dificuldades práticas, de sala de aula, tais como: trabalhar com softwares mais sofisticados (dando o MAPLE como exemplo); criar sequências de ensino que fujam dos padrões estabelecidos nos livros, mas que levem em conta as dificuldades dos próprios alunos; compreender os erros dos alunos em cálculos de potências; construir gráficos usando apenas a lousa e giz; estabelecer relações entre a Matemática básica e a realidade dos alunos.

As questões 5 e 6 indagam o conhecimento do professor relativamente aos alunos, às suas dificuldades, seu raciocínio e suas concepções prévias sobre o conteúdo envolvido.

A maioria dos professores de Biologia comentou que o conhecimento do contexto do estudante auxilia na busca e escolha de exemplos mais próximos de sua realidade. Alguns professores mencionaram que os conhecimentos prévios auxiliam na introdução de novos conceitos, mas um deles acrescentou que também podem dificultar o processo de ensino, pois, ao se deparar com ideias do senso comum, essas podem entrar em conflito com o conhecimento científico. Todos os professores de Química citaram o contexto do estudante como “imprescindível” para a escolha dos exemplos de situações cotidianas que ilustram os conceitos estudados. Já quanto às ideias prévias, dois professores mencionaram que as utilizam para a abordagem introdutória dos conteúdos e os outros, para ampliar os conceitos, abordando-os de modo contextualizado e relacionando-os com fenômenos do cotidiano.

Os professores de Matemática, nessas questões 5 e 6, consideraram que o conhecimento do contexto do aluno permite entender melhor os erros cometidos, bem como propor problemas relacionados ao seu cotidiano ou aplicações em outras áreas do conhecimento que sejam do seu interesse. Sobre os conhecimentos prévios dos estudantes, os respondentes citaram a necessidade de saber se eles “já dominam

potenciação” e o que aprenderam sobre funções, para propor questões mais simples, com posterior aprofundamento. Também mencionaram a possibilidade de trabalhar com outras funções, já conhecidas, comparando-as e construindo seus gráficos, para depois introduzir a função exponencial.

Já a questão 7 indaga, diretamente, as estratégias de ensino empregadas, ou seja, o “repertório de exemplos, experimentos, metáforas, analogias e atividades que tornam o conteúdo mais acessível para o aluno” (Ballerini, 2014, p. 88).

Os professores de Biologia citaram, como procedimento ou estratégia de ensino, a aula teórico-expositiva e aulas práticas, associadas a imagens e vídeos explicativos ou maquetes. Apontaram a importância das tecnologias digitais e o uso dos livros didáticos como principais recursos para o desenvolvimento das atividades. Na Química, a maioria dos professores citou a importância da utilização de aulas práticas e exemplos do cotidiano para iniciar um conteúdo específico e relacionar esses conceitos básicos ao cotidiano. Relataram a necessidade de aulas expositivas dialogadas para a organização e fechamento dos itens propostos para estudo, bem como o esclarecimento de dúvidas. Destacaram que seminários, apresentações em grupos e construção de protótipos são procedimentos importante no desenvolvimento das aulas. Os professores de Matemática, apontaram o uso de recursos computacionais, especialmente para discutir o comportamento da função exponencial, a proposta de situações-problema que envolvam crescimento populacional e juros e a leitura de textos sobre o assunto.

A questão 8 aborda a avaliação e seus instrumentos para avaliar a compreensão, ou incompreensão dos alunos, sobre os conceitos propostos. Uma professora de biologia não respondeu que instrumento utiliza para avaliar os estudantes, outra professora citou a aplicação testes, provas e exercícios. As demais respondentes ressaltaram a importância de analisar o processo como um todo, avaliando a evolução do estudante na aprendizagem, bem como sua participação nas atividades propostas. Afirmaram utilizar questões com graus de exigência e dificuldade diferentes, avaliando de que modo o estudante atinge os objetivos propostos nas atividades.

Seminários reflexivos, relatórios de atividades práticas, elaboração de textos que têm sua origem nas discussões, construção e reconstrução de conceitos, desafios que envolvem a resolução de problemas do cotidiano são algumas maneiras específicas que os professores de Química afirmaram utilizar para avaliar seus alunos. Também consideraram importante a aplicação de testes e provas como instrumentos avaliativos individuais. Os professores de Matemática citaram, como instrumentos para avaliar a compreensão dos estudantes, testes escritos ou orais, a participação e discussão do tema em sala de aula, a resolução de problemas e a análise do fenômeno apresentado nas aplicações do conteúdo.

CONCLUSÕES

Ainda que os conteúdos sugeridos, de Biologia, Química e Matemática, sejam distintos, as classificações apresentadas pelos professores para o ensino desses conteúdos guarda certa semelhança. Todos os professores pensaram em partir de definições dos tópicos envolvidos (célula, calor, função, por exemplo), em seguida lembraram

classificações (dos seres vivos, das reações químicas, dos tipos de funções) e concluíram com alguma abordagem de aplicação dos conceitos.

Assim, parece-nos que esses professores têm conhecimento do conteúdo das respectivas disciplinas, haja vista que, como afirma Shulman (1986), distinguem os conceitos centrais para que o aluno compreenda aquele conteúdo.

Nas questões 1 e 2, os objetivos apontados pelos professores para ensinar os conceitos enquadram-se, principalmente, na categoria que, conforme Ferraz e Belhot (2010, p. 426), envolve a “habilidade de lembrar informações e conteúdos previamente abordados como fatos, datas, palavras, teorias, métodos, classificações, lugares, regras, critérios, procedimentos”. Em segundo lugar, foram citados objetivos que envolvem compreensão, com o uso de verbos tais como compreender, diferenciar, entender. Poucos foram os objetivos que podem ser englobados nas categorias de aplicação e análise e nenhum dos professores chegou a mencionar síntese e avaliação. Na revisão da taxonomia de Bloom et al. apresentada por Ferraz e Belhot (2010), os objetivos citados pelos professores participantes desta pesquisa configuram conhecimento efetivo (o que envolve reprodução de informações) e conceitual (inter-relação de elementos básicos em contextos mais elaborados). Para que o professor tenha um conhecimento pedagógico do conteúdo, é preciso, como afirma Shulman (1986, p. 9), que saiba representar e formular um conteúdo de maneira que o seu aluno possa trabalhar, analisando esse conteúdo, aplicando-o e criando novos modelos.

Na questão 3, que envolve os aspectos curriculares, os respondentes mostraram ter conhecimento dos tópicos anteriores e posteriores àqueles citados no instrumento, evidenciando o que Shulman (1986) chamou de conhecimento lateral.

As questões 4, 5 e 6 envolvem o conhecimento do contexto educacional e dos alunos, visto que a maior parte dos respondentes não considerou suas dificuldades sobre o conteúdo, mas apontaram as de seus alunos e as limitações do ensino, em relação às metodologias de ensino ou à falta de condições adequadas para as aulas (de laboratório, de softwares, etc). Parece-nos que esses respondentes têm conhecimento do contexto educacional e das dificuldades de seus alunos e alguns deles indicaram possibilidades de trabalhar a partir desse conhecimento, para preparar atividades que venham ao encontro das necessidades dos estudantes.

A questão 7 envolve, diretamente, o conhecimento pedagógico do conteúdo, haja vista que vem ao encontro do que foi proposto por Shulman (1986, p. 9) na definição de PCK: “as formas mais úteis para representação daqueles tópicos, as mais poderosas analogias, ilustrações, exemplos e demonstrações”. Os professores apontaram uma grande diversidade de recursos e abordagens metodológicas, mostrando conhecê-las; como não foi realizada observação de aulas desses respondentes, não sabemos até que ponto essas metodologias são, efetivamente, empregadas.

Pelas respostas à questão 8, que envolve a avaliação da aprendizagem, os professores de Biologia e de Matemática parecem empregar procedimentos mais tradicionais, tais como testes e provas escritas. Já os docentes de Química citaram instrumentos avaliativos que pressupõem reconstrução dos conhecimentos pelos alunos, tais como seminários, relatórios e elaborações de textos.

De maneira geral, esses 15 professores, participantes de um curso de formação continuada, mostraram ter conhecimentos que são exigidos para o ensino de determinada disciplina: conhecimento do conteúdo, conhecimento das abordagens metodológicas e conhecimento curricular. No entanto, algumas respostas parecem ter sido enunciadas conforme seria esperado de docentes com experiência no ensino secundário ou superior, de maneira bastante formal e com uso de termos padronizados. Somente a realização de entrevistas e a observação de suas aulas poderiam confirmar se, efetivamente, contemplam as categorias de conhecimento sugeridas por Shulman (1986, 1987), bem como as que são propostas em revisões dessas categorias por pesquisadores das áreas de Ciências e Matemática, apontados neste artigo.

Visto que pretendíamos investigar a pertinência da aplicação do instrumento CoRe para avaliar o conhecimento pedagógico do conteúdo, consideramos que seu uso precisa ser complementado por outros instrumentos, tais como foi realizado por Loughran, Mulhall e Berry (2004), Ballerini (2014), Käpyla, Heikkinen e Asunta (2009) e Ball, Thames e Phelps (2008). Também julgamos necessário repetir a experiência com outros grupos de professores, em formação inicial ou continuada, para verificar se as questões propostas no instrumento são bem compreendidas. Essas são sugestões para novas aplicações do instrumento, nesta ou em outras investigações realizadas por pesquisadores da área de ensino de Ciências e Matemática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ball, D. L., Thames, M. H., Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: what makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59 (5), 389-407.
- Ballerini, J. K. (2014). *Características da base de conhecimentos de professores no ensino de biologia celular a partir de um curso de formação continuada*. Dissertação de Mestrado em Educação para a Ciência, não-publicada, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, Brasil.
- Bloom, B. S. et al. (1972). *Taxionomia de objetivos educacionais: dominio cognitivo*. Porto Alegre: Ed. Globo.
- Brines, A., Solaz-Portolés, J., López, V. (2016) Estudio exploratorio comparativo del conocimiento didáctico del contenido sobre pilas galvánicas de profesores de secundaria en ejercicio y en formación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 34 (2), 107-127. Recuperado em 10 jan. 2017 de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/309282>.
- Castro, P. et al. (2013). Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de uma professora de Química do Ensino Médio sobre Lei de Hess. *Enseñanza de las Ciencias*, Extra, 739-743.
- Chapoo, S., Thathong, K., Halim, L. (2014a). Biology teachers' pedagogical content knowledge in Thailand: understanding & practice. *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, (116), 442-447.
- Chapoo, S., Thathong, K., Halim, L. (2014b). Understanding biology teachers' pedagogical content knowledge for teaching "the nature of organism". *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, (116), 464-471.
- Chordnork, B., Yuenyong, C. (2014). Constructing CoRe as a methodological for capturing pedagogical content knowledge: a case study of Thailand teachers teaching global warming. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 421 – 425. Recuperado em 30 jan. 2017 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814002341>.
- Ferraz, A. P. do C. M., Belhot., R. V. (2010). Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & Produção*, 17 (2), 421-431. Recuperado em 03 fev. 2017 de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2010000200015.
- Fernandez, C. (2011). PCK - Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: perspectivas e possibilidades para a formação de professores. *Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Campinas, Brasil. Recuperado em 20 jan. 2017 de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiiencpec/resumos/R0370-1.pdf>.

- Fernandez, C. (2014). Knowledge base for teaching and pedagogical content knowledge (PCK): some useful models and implications for teachers' training. *Problems of Education in the 21st Century*, 60, 79-100.
- Fernandez, C. (2015). Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciências. *Revista Ensaio*, 17 (2), 500-528.
- Fernandez, C., Freire, L. (2014) Professores novatos de química e o desenvolvimento do PCK de oxidorredução e as influências da formação inicial. *Educación Química*, 25 (3), 312-324. Recuperado em 20 jan. 2017 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X14705476>.
- Góes, L. et al. (2013). Aspectos do conhecimento pedagógico do conteúdo de química verde em professores universitários de química. *Educación Química*, 24 (1), 113-123. Recuperado em 20 jan. 2017 de <http://revistas.unam.mx/index.php/req/article/viewFile/36892/33398>.
- Hill, H. C., Ball, D. L., Schilling, S. G. (2008). Unpacking Pedagogical Content Knowledge: Conceptualizing and Measuring Teachers' Topic-Specific Knowledge of Students. *Journal for Research in Mathematics Education*, 39 (4), 372-400.
- Leal, S., Novais R., Fernandez, C. (2015) Conhecimento pedagógico do conteúdo de “estrutura da matéria” de uma professora de química experiente em aulas de química geral. *Ciências & Educação*, 21 (3), 725-742. Recuperado em 20 jan. 2017 de <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v21n3/1516-7313-ciedu-21-03-0725.pdf>.
- Käpylä, M., Heikkinen, J.P., Asunta, T. (2009). The influence of content knowledge on pedagogical content knowledge: the case of teaching photosynthesis and plant growth. *International Journal of Science Education*, 31 (10), 1395-1415.
- Loughran, J., Mulhall, P., Berry, A. (2004). In search of Pedagogical Content Knowledge in science: developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (4), 370-391.
- Loughran, J., Berry, A., Mulhall, P. (2012). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. 2. ed. Rotterdam: Sense Publishers. Recuperado em 01 out. 2016, de <https://www.sensepublishers.com/media/1219-understanding-and-developing-science-teachers-pedagogical-content-knowledge.pdf>.
- Montenegro, V., Fernandez, C. (2015). Processo reflexivo e desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo numa intervenção formativa com professores de química. *Revista Ensaio*, 17 (1), 251-275. Recuperado em 20 jan. 2017 de <http://www.scielo.br/pdf/epec/v17n1/1983-2117-epec-17-01-00251.pdf>.
- Novais, R. M. (2015). *Docência universitária: a base de conhecimento para o ensino e o conhecimento pedagógico do conteúdo de um professor do ensino superior*. Tese de Doutorado em Ensino de Ciências não-publicada, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Oliveira Junior, M. M. de. (2011). *Flashes das disciplinas de formação inicial no repertório profissional de licenciandos em química*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências, não publicada, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Perrenoud, P. (2000). *Dez novas competências para ensinar*. Porto Alegre: Artmed
- Perrenoud, P. (2013). *Desenvolver competências ou ensinar saberes? - a escola que prepara para a vida*. Porto Alegre: Ed. Penso.
- Shalem, Y., Sapire, I., Sorto, M. A. (2014). Teachers' explanations of learners' errors in standardized mathematics assessments. *Pythagoras*, 35 (1), 1-11.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14, 1986. Recuperado em 30 jul. 2015, de http://www.fisica.uniud.it/URDF/masterDidSciUD/materiali/pdf/Shulman_1986.pdf.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57 (1), 1-22. Recuperado em 30 jul. 2015 de <http://people.ucsc.edu/~ktellez/shulman.pdf>.
- Silva, A. N. (2013). *Um professor de Química e dois contextos escolares: o conhecimento pedagógico do conteúdo em ação*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências, não publicada, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Steele, M. D. (2013). Exploring the mathematical knowledge for teaching geometry and measurement through the design and use of rich assessment tasks. *Journal of Mathematics Teacher Education*, (16), 245-268.