

Os conhecimentos de futuras professoras de Química sobre o uso de analogias no ensino: Influências de um processo formativo

Thais Mara Anastácio Oliveira e Nilmara Braga Mozzer

Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil. E-mails:
thais.anastaciooliveira@gmail.com, nilmara@ufop.edu.br.

Resumo: Neste trabalho, investigamos como os conhecimentos de duas futuras professoras de Química sobre analogias e seu uso no ensino foram influenciados pelo processo formativo vivenciado em um curso de Licenciatura em Química. O processo formativo como etapas principais: discussões teóricas sobre perspectivas de ensino e aprendizagem, modelos e analogias no ensino de Ciências; planejamento, regência e reflexão em dois contextos de ensino e; vivência do processo de modelagem analógica. Analisamos os planejamentos, as aulas ministradas e as entrevistas realizadas com as duas futuras professoras. Elas evidenciaram avanços em suas concepções sobre analogias ao considerar as diferentes funções que as analogias podem assumir na construção de conhecimentos curriculares de Ciências; e em seus conhecimentos sobre o uso de analogias no ensino, ao considerar que os estudantes deveriam participar de todo o processo de discussão de uma analogia. Esses avanços foram influenciados pelas diferentes etapas de um processo formativo sustentado pela reflexão e pela articulação teoria-prática. Isso ressalta a importância de que professores de Ciências em formação vivenciem situações práticas e reflitam, com base em saberes teóricos consolidados, sobre como utilizar analogias de forma apropriada no ensino.

Palavras-chave: analogias, conhecimento docente, formação de professores de ciências.

Title: The knowledge of future teachers of Chemistry about the use of analogies in education: influences of a formative process.

Abstract: In this paper we investigate how the knowledge of two pre-service teachers of Chemistry about analogies and about the use of analogies in teaching were influenced by the formative process experienced in a course of Chemistry teacher education. The formative process had as main stages: theoretical discussions about teaching and learning perspectives, models and analogies in science teaching; planning, conducting and reflecting in different teaching contexts and; experience of the analog modelling process. We analyzed the plans, classes taught and interviews with the two pre-service teachers. They showed advances in their conceptions of analogies, considering the different functions that analogies may take in the construction of science curriculum knowledge; and in their knowledge about the use of analogies in teaching, considering that students should participate in the whole process of discussing an analogy. These advances were influenced by different stages of a training process supported by reflection and theory-practice articulation. This underscores the importance for science teachers in training to experience practical

situations and reflect, based on consolidated theoretical knowledge, about how to use analogies appropriately in teaching.

Keywords: analogies, teaching knowledge, teacher training.

Introdução

As analogias são recursos cognitivos que permitem que as pessoas façam inferências e aprendam novos conceitos (Gentner, 2010; Kurtz, Boukrina e Gentner, 2013). Esse potencial decorre das relações de similaridade estabelecidas entre um domínio familiar (base ou análogo) e um domínio pouco familiar (alvo), similares estrutural e/ou funcionalmente. As relações de similaridade fazem das analogias recursos importantes também na resolução de problemas, na construção de explicações e de argumentos (Edwards, Williams, Gentner e Lombrozo, 2019; Ramos, Mendonça e Mozzer, 2019). Por isso, elas são frequentemente utilizadas na ciência (Clement, 2008; Gentner e Jee, 2010; Nersessian, 2008) e no ensino de Ciências (Aragón, Oliva-Martínez e Navarrete, 2014; Ramos, Mendonça e Mozzer, 2019; Richland e Simms, 2015).

Apesar dessa diversidade de funções das analogias, (futuros) professores apresentam dificuldades relacionadas ao seu uso no ensino, como: confusão com outros tipos de comparações; utilização de análogos complexos; e apresentação da analogia, sem discussão explícita das relações de similaridade entre os domínios (Almeida, 2020; Mozzer e Justi, 2013; Oliva-Martínez et al., 2001). Algumas dessas dificuldades podem estar associadas à compreensão sobre analogias apresentada pelos (futuros) professores, porque eles nem sempre reconhecem aspectos que definem as analogias e que as diferenciam de outras comparações, como: o mapeamento de relações de similaridade entre os domínios e o fato de que elas apresentam limitações (Oliveira e Mozzer, 2017).

Como Nottis e McFarland (2001), acreditamos que tais dificuldades podem estar associadas ao suporte limitado dos cursos de formação com relação a esses recursos didáticos. As pesquisas têm dado pouca atenção às maneiras pelas quais os processos formativos contribuem para o desenvolvimento de conhecimentos sobre analogias e seu uso no ensino pelos professores. Em geral, elas se concentram na identificação de concepções e dificuldades de futuros professores sobre esses recursos didáticos (Almeida, 2020; Fabião e Duarte, 2005; Oliveira e Mozzer, 2017).

Neste trabalho, investigamos os conhecimentos sobre analogias e seu uso no ensino expressos por duas futuras professoras de Química durante um processo formativo. De maneira específica, visamos responder as seguintes questões de pesquisa: (i) quais elementos dos conhecimentos sobre analogias e seu uso no ensino as futuras professoras manifestaram em seus planos de aula, nas aulas ministradas e nas reflexões?; (ii) como o processo formativo vivenciado pelas futuras professoras na disciplina Práticas de Ensino de Química I pode ter influenciado esses conhecimentos?

Fundamentação teórica

O papel das analogias na ciência e no ensino de Ciências

A elaboração de analogias é um processo criativo, pois exige o mapeamento

de similaridades relacionais em detrimento das características superficiais comuns aos domínios comparados. Pesquisadores como Clement (2008) e Nersessian (2008) também evidenciam que o raciocínio analógico pode auxiliar e/ou promover a descoberta e a criatividade dos cientistas. Isso ocorre, principalmente, porque as analogias podem atuar como fontes de ideia na elaboração de modelos (Clement, 2008), o que possibilita também o teste e a reformulação destes (Gilbert e Justi, 2016), especialmente, se os modelos forem assumidos como artefatos humanos que apoiam o pensamento e que são expressos de algum modo que favoreça seu uso em práticas epistêmicas (Kunuttila, 2005).

Nersessian (2008) denomina de modelagem analógica o processo de elaboração, crítica e reformulação de analogias na tentativa de explicar um alvo genuinamente novo, que pode levar à produção de modelos cada vez mais aperfeiçoados. Ela ilustra esse processo a partir do caso histórico do físico e matemático Maxwell, que elaborou e refinou modelos para o conceito de campo eletromagnético por meio da criação e da reformulação de analogias. Nesse processo, inferências e abstrações foram realizadas e avaliadas por ele, com base nas analogias criadas e em seu conhecimento cada vez mais refinado sobre o alvo. Além de destacar o papel das analogias na produção de modelos cada vez mais aperfeiçoados, Nersessian (2008) também ressalta a importância das analogias elaboradas por Maxwell na comunicação de suas ideias para a comunidade científica.

Considerando a importância da elaboração de analogias e modelos na ciência, acreditamos que a vivência desses processos no ensino de Ciências pode contribuir para: promover a imaginação e a criatividade dos estudantes; auxiliar na construção de um pensamento mais abrangente e interligado; melhorar a motivação; permitir a proposição de hipóteses e resolução de problemas (Aragón et al., 2014; Akkuzu e Akcay, 2011; Mozzer e Justi, 2018).

A promoção dessas contribuições requer um uso adequado das analogias no ensino. Caso contrário, elas podem dificultar ainda mais a aprendizagem dos estudantes, principalmente se seu uso não se difere da mera transmissão/recepção de conhecimentos (Oliva-Martínez et al., 2001). Isto é, em contextos nos quais o alvo e o análogo são fornecidos aos estudantes e se espera que eles, por si só, percebam as relações de similaridade implícitas na comparação e almejadas pelo professor (paradigma da recepção) (Blanchette e Dunbar, 2000). Nesse processo, os estudantes podem colocar em correspondência aspectos que não devem ser comparados entre os domínios – como as propriedades descritivas superficiais mais facilmente perceptíveis do que as correspondências relacionais (Cirino, Oliveira e Mozzer, 2020; Rattermann e Gentner, 1998) – e desenvolver compreensões equivocadas dos conceitos científicos.

Considerando-se esse tipo de problema decorrente do uso de analogias sob o paradigma da recepção, a elaboração de analogias pelos próprios estudantes, sob o paradigma da produção de Blanchette e Dunbar (2000), é destacada por diferentes autores como uma estratégia mais desejável no ensino (Aragón et al., 2014; Haglund e Jeppsson, 2012; Mozzer e Justi, 2018; Oliva-Martínez e Aragón, 2009; Ramos, Mendonça e Mozzer, 2019). Esse paradigma realça a função criativa das analogias na identificação e resolução de problemas e na elaboração de hipóteses (Glynn, Britton, Semrud-

ClikemanK e Muth, 1989). O potencial desse tipo de proposta reside nos fatos dos estudantes poderem estabelecer relações de similaridade que fazem sentido para eles e de vivenciarem práticas semelhantes às científicas (Mozzer e Justi, 2015; 2018).

O uso de analogias no ensino de Ciências

Uma das premissas mais importantes para que as analogias cumpram seu papel como recursos mediadores da aprendizagem é que o análogo seja familiar aos estudantes ou tenha sua familiaridade aumentada pelas discussões promovidas pelo professor (Brown e Salter, 2010; Duit, 1991; Glynn et al., 1989; Niebert, Marsch e Treagust, 2012). Em complemento, a analogia deve, sempre que possível, apresentar uma representação visual do análogo. Isso porque, se os estudantes não possuem uma imagem visual desse domínio, o raciocínio analógico pode ser limitado (Monteiro e Justi, 2000; Oliva-Martínez, 2008; Treagust, Harrison e Venville, 1998).

Somado a isso, o domínio alvo deve ser novo e/ou de difícil compreensão/visualização para os estudantes, caso contrário, o uso de analogias não se justifica (Brown e Salter, 2010; Duit, 1991; Treagust et al., 1998). Também é importante que as limitações das analogias – aspectos em que o análogo se difere do alvo (Harrison, 2008) – sejam exploradas com os estudantes (Brown e Salter, 2010; Glynn, 1991; Oliva e Aragón, 2009). Essas discussões são essenciais para evitar que os estudantes coloquem em correspondência aspectos que não são comparáveis entre os domínios, o que poderia gerar entendimentos inadequados sobre o alvo. Além disso, discutir as limitações de uma analogia contribui para que os estudantes compreendam que o análogo não é uma “descrição verdadeira” e completa do alvo (Harrison e Treagust, 2006). Por tudo isso, a apresentação ou a elaboração de uma analogia no ensino deve ser um processo guiado pelo professor (Asay, 2013; Duit, 1991; Glynn, 1991; Oliva e Aragón, 2009; Mozzer e Justi, 2015; Treagust et al., 1998).

Na contramão dessas recomendações, Mozzer e Justi (2015) evidenciaram, com base em um apanhado da literatura da área, que professores comumente: apresentam análogos pouco familiares aos estudantes; apresentam analogias como um “produto” a ser aprendido no lugar de um “processo” de estabelecimento das relações de similaridade e das limitações de uma analogia; e confundem analogias com outros tipos de comparações e recursos didáticos. Essas dificuldades podem estar associadas às crenças e às concepções dos (futuros) professores sobre esses recursos (Almeida, 2020; Oliva et al., 2001; Oliveira e Mozzer, 2017).

Oliva et al. (2001) discutem que muitos professores percebem as dificuldades associadas ao uso de analogias, mas acreditam que elas são intrínsecas às analogias, e não ao uso que se faz delas. Outra crença implícita apresentada pelos professores é a concepção de analogia como um “dispositivo” que deve ser aprendido em lugar de compreendê-la como um processo. Além disso, os autores apontam para a crença dos professores de que as analogias atuam apenas completando lacunas na memória, em detrimento de as conceberem como um instrumento potencial para a construção de conhecimentos pelos próprios estudantes.

Tais resultados nos levam a acreditar que um dos aspectos centrais para o uso adequado de analogias no ensino de Ciências é a compreensão da natureza dessas comparações, ou seja, a compreensão sobre analogias pelos (futuros) professores. Essa compreensão envolve o reconhecimento de que elas são um tipo específico de comparação que se caracteriza pela correspondência de relações de similaridade entre os domínios alvo e análogo e pelo processo de explicitação dessas correspondências (mapeamento). As relações de similaridade em uma analogia podem ser estruturais e/ou funcionais e, ao identificá-las e mapeá-las, são ignorados atributos de objeto (propriedades descritivas como cor, tamanho etc.) entre os dois domínios comparados (Gentner, 1989; Gentner e Maravilla, 2018). Além disso, o fato de as analogias se caracterizarem pela correspondência de relações de similaridade entre dois domínios similares, mas não idênticos, indica que elas possuem limitações (Harrison, 2008).

O conhecimento sobre analogias também envolve reconhecer a natureza processual do raciocínio analógico e compreender as diferentes funções que elas podem assumir na comunicação humana, na ciência e no ensino de Ciências (Oliva-Martínez, 2008). A compreensão sobre o papel das analogias na comunicação humana envolve, por exemplo, o reconhecimento de que elas possibilitam a aprendizagem de novos conceitos e a elaboração de explicações sobre fenômenos (Gentner, 2010; Edwards et al., 2019; Kurtz et al., 2013). Na ciência, as analogias desempenham papéis fundamentais nos processos de: elaboração de hipóteses; elaboração e refino de modelos; e comunicação dos conhecimentos científicos (Clement, 2008; Gentner e Jee, 2010; Nersessian, 2008). No ensino de Ciências, as analogias possibilitam a compreensão e a visualização de conceitos pelos estudantes e atuam como ferramentas investigativas na produção de novos conhecimentos (Akkuzu e Akcay, 2011; Mozzer e Justi, 2018).

Uma estratégia para guiar o uso de analogias no ensino de Ciências

Uma proposta promissora para guiar o uso de analogias no ensino de Ciências é a modelagem analógica, de Mozzer e Justi (2018), derivada da perspectiva de ensino fundamentado em modelagem, de Gilbert e Justi (2016). Mozzer e Justi (2018) adaptaram as etapas da modelagem, caracterizadas por Gilbert e Justi (2016), de modo a possibilitar a criação e o refino de modelos e analogias enquanto os estudantes vivenciassem a modelagem analógica. Essas etapas são descritas a seguir:

Criação: o professor define os objetivos do modelo e da analogia junto aos estudantes, e proporciona situações nas quais eles tenham experiências com o domínio alvo. De forma simultânea, os estudantes selecionam um análogo que estabeleça relações de similaridade com o alvo, ao criarem uma analogia para a elaboração de um modelo inicial;

Expressão: os estudantes são solicitados pelo professor a expressar seus modelos por meio de uma representação material, visual, matemática ou verbal. O professor também solicita, explicitamente, que eles expressem seus modelos com a utilização de analogias e os orienta para que coloquem em correspondência as relações de similaridade entre os domínios e identifiquem as limitações da comparação;

Teste: os estudantes precisam testar o modelo e a analogia elaborados e, se necessário, reformular ou propor novos. No caso das analogias, isso ocorre se as limitações superarem as relações de similaridade entre os domínios comparados, ou se as relações analógicas não forem condizentes com os aspectos do alvo contemplados na analogia;

Avaliação: são propostas situações que permitam aos estudantes avaliar os modelos e as analogias em novas situações, com o intuito de que identifiquem sua abrangência e suas limitações. Semelhante aos modelos, identificar a abrangência de uma analogia significa determinar quais os casos em que ela se aplica, enquanto que as suas limitações são determinadas diante dos objetivos para os quais ela foi proposta.

Diferentes pesquisas (Andrade, Mozzer e Oliveira, 2017; Mozzer e Justi, 2018) evidenciam que a modelagem analógica pode contribuir para que os estudantes construam modelos e analogias cada vez mais coerentes com os conteúdos curriculares. Para isso, é indispensável que o professor desenvolva conhecimentos que o permitam atuar como guia do raciocínio analógico dos estudantes (Oliva-Martínez e Aragón, 2009).

A formação de professores de Ciências e as analogias

Diferentes pesquisadores têm argumentado sobre a importância de que os cursos de formação de professores de Ciências favoreçam o desenvolvimento de um repertório de conhecimentos profissionais essenciais ao exercício da docência (Gess-Newsome, 2015; Hume, Cooper e Borowski, 2019; Magnusson, KrajciK e Borko, 1999; Oliveira, Mozzer e Andrade, 2017). O conhecimento sobre estratégias instrucionais é parte importante desse repertório por permitir aos professores interagirem efetivamente com os estudantes e potencializar a aprendizagem. Nesse sentido, a compreensão sobre analogias e seu uso no ensino de Ciências tem sido reconhecida como um componente valioso do conhecimento sobre estratégias instrucionais (Hanuscin, Lee e Akerson, 2011; Magnusson et al., 1999).

Isso sustenta nosso argumento de que os conhecimentos sobre analogias e seu uso no ensino são aspectos importantes de serem abordados nos cursos de formação de professores de Ciências para que eles utilizem adequadamente esse recurso no ensino. No entanto, pouca atenção tem sido dada pela literatura da área em relação aos processos formativos que favorecem o desenvolvimento de tais conhecimentos. De uma maneira geral, as pesquisas que envolvem a formação de professores de Ciências e analogias têm investigado, prioritariamente: as concepções de futuros professores sobre essas ferramentas e sobre seu uso no ensino (Almeida, 2020; Jonane, 2015; Oliveira e Mozzer, 2017); o uso de analogias para facilitar a aprendizagem de futuros professores sobre conceitos científicos (Haglund e Jeppsson, 2012; Paris e Glynn, 2004); e as dificuldades enfrentadas por futuros professores ao elaborarem suas próprias analogias (Fabião e Duarte, 2005; Oliveira e Mozzer, 2017).

Aliada à escassez de pesquisas que discutem como as analogias são trabalhadas na formação de professores de Ciências, tivemos evidências de que apenas conhecimentos teóricos podem não ser suficientes para promover o uso adequado desses recursos didáticos (Oliveira e Mozzer, 2017). Acreditamos que o desenvolvimento de conhecimentos pelos (futuros)

professores é favorecido em uma formação pautada na articulação teoria-prática e na reflexão crítica. Em processos formativos dessa natureza, eles desenvolvem, integram e transformam seus conhecimentos profissionais (Oliveira, Mozzer e Andrade, 2017).

A articulação teoria-prática é compreendida como uma interação mútua, na qual uma fornece subsídios para a outra, a partir das reflexões realizadas pelo (futuro) professor quando ele tenta compreender a situação prática e transformá-la, por meio da teoria, em um processo de ação-reflexão-ação (Piconez, 2012). Nesse processo, o (futuro) professor enriquece e questiona o “conhecimento na ação” – utilizado de maneira intuitiva na ação docente – na medida em que realiza as reflexões “para a ação”, “na ação” e “sobre a ação” (Schön, 2000). É nesse sentido que, quando permeada pela reflexão, a experiência de ensino pode provocar um efeito de retomada crítica dos saberes adquiridos antes ou fora da prática profissional, o que permite que os (futuros) professores revejam, julguem e avaliem esses saberes (Tardif, 2002).

Essas considerações centrais fundamentaram a nossa proposição de um processo formativo que visou contribuir para o desenvolvimento, a integração e a transformação de conhecimentos profissionais de futuros professores de Química sobre analogias e seu uso no ensino, por meio da articulação entre teoria e prática e da reflexão conjunta.

Para cumprir tal propósito, inicialmente, foram realizadas discussões teóricas sobre perspectivas de ensino e aprendizagem, modelos e analogias. Com o suporte desses pressupostos teóricos, os futuros professores realizaram o planejamento, a regência e a reflexão em um primeiro contexto de ensino, no qual utilizaram analogias para instruir estudantes da educação básica. Nosso intuito era favorecer a integração e a transformação dos conhecimentos desses futuros professores na medida em que refletiam *para, na e sobre* a ação docente.

A vivência da modelagem analógica pelos futuros professores foi proposta para que eles experimentassem uma nova perspectiva de ensino com analogias, assim como para favorecer a sua reflexão sobre a natureza das analogias e suas funções no ensino de Ciências. Diante dessa nova perspectiva, os futuros professores foram solicitados a realizar o planejamento, a regência e a reflexão em um novo contexto de ensino, com o intuito de contribuir para que ressignificassem ou aprimorassem conhecimentos e crenças em relação a esses recursos.

Metodologia

Contexto de pesquisa e seleção da amostra

Esta pesquisa foi desenvolvida na disciplina Práticas de Ensino de Química I, ofertada no 5º período de um curso de Licenciatura em Química, de uma universidade pública do Sudeste do Brasil. A disciplina foi ofertada no segundo semestre de 2016. A opção por essa disciplina ocorreu porque, usualmente, ela conta com discussões sobre analogias e outros aspectos importantes relacionados ao ensino de Química.

A primeira autora deste artigo e a professora formadora se reuniram para elaborar o plano de ensino da disciplina que contou com as atividades

apresentadas no Quadro 1. Uma descrição mais detalhada das atividades propostas pode ser encontrada em Oliveira (2018).

Etapa	Descrição das atividades
Discussões sobre perspectivas de ensino e aprendizagem	(i) discussões sobre construtivismo, mudança conceitual e perfil conceitual no ensino de Ciências; (ii) discussões sobre as dificuldades de aprendizagem e concepções alternativas dos estudantes relacionadas à Química.
Discussões teóricas sobre modelos	(i) discussões sobre o significado e os papéis desempenhados pelos modelos na ciência e no ensino de Ciências.
Discussões teóricas sobre analogias	(i) discussões sobre analogias e outros tipos de comparações, os papéis assumidos pelas analogias na ciência e no ensino de Ciências e o uso de analogias no ensino sob os paradigmas da recepção e da produção; (ii) análise e discussão de comparações elaboradas por professores e futuros professores para o ensino de Ciências.
Planejamento, regência e reflexão no contexto de ensino 1	(i) elaboração de planejamento de aula envolvendo analogias, em duplas ou trios; (ii) regência de aula pelos futuros professores em escolas de Educação Básica, seguida de reflexão sobre os processos de planejamento e ensino vivenciados.
Vivência da Modelagem Analógica	(i) realização de atividade de modelagem analógica, na qual os futuros professores foram solicitados a explicar, em grupos, o comportamento de sistemas em equilíbrio por meio da proposição de modelos e analogias; (ii) discussão sobre a relevância dessa abordagem no ensino de Ciências.
Planejamento, regência e reflexão no contexto de ensino 2	(i) elaboração do planejamento de uma aula que envolveu analogias, em duplas ou trios, pelos futuros professores; (ii) regência de aula pelos futuros professores em escolas da Educação Básica, seguida de reflexão sobre os processos de planejamento e ensino vivenciados.

Quadro 1. Atividades vivenciadas pelos futuros professores na disciplina Práticas de Ensino de Química I.

A disciplina contou com nove futuros professores matriculados. Para a seleção da amostra, em primeiro lugar, levamos em consideração a participação e a frequência dos estudantes ao longo da disciplina. Além disso, como nosso interesse era investigar a influência do processo formativo sobre os conhecimentos manifestados pelos futuros professores em situações de ensino, buscamos selecionar aqueles que ainda não haviam vivenciado nenhuma experiência docente na educação básica.

Com base nesses critérios, selecionamos uma dupla de futuras professoras. Elas receberam nomes fictícios: Letícia e Joana. Essa escolha também aconteceu em função das mudanças significativas observadas nas situações de ensino vivenciadas por elas. Isso forneceu-nos indícios relevantes da influência do processo formativo sobre os conhecimentos dessas futuras professoras.

Coleta de dados

A pesquisa desenvolvida foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da universidade onde foi realizada e os sujeitos participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Todas as aulas da disciplina foram acompanhadas pela primeira autora deste trabalho. Em um processo de

observação participante, utilizamos uma variedade de técnicas para auxiliar no registro das observações (Lüdke e André, 2015), que incluiu notas de campo, a filmagem das aulas da disciplina e a coleta das atividades escritas produzidas pelos futuros professores durante o processo.

Além disso, foram realizadas entrevistas com todos os futuros professores que constituíam a turma. Essas entrevistas foram semiestruturadas e não estruturadas, de acordo com nossos objetivos de acessar as noções dos futuros professores sobre tópicos específicos de interesse das pesquisadoras e de obter informações personalizadas sobre como percebiam os processos vivenciados, respectivamente (Cohen, Manion e Morrison, 2011). Elas foram registradas em áudio e em vídeo.

Para responder nossa primeira questão de pesquisa realizamos a análise dos conhecimentos manifestados pelas futuras professoras, principalmente nos seguintes momentos:

Planejamento 1: as futuras professoras foram solicitadas a elaborar um planejamento de uma aula de 50 minutos. Naquele período, muitas escolas estavam em greve e ocupadas em protesto às medidas adotadas pelo governo de Michel Temer: PEC 55/241 (2016) e MP 746 (2016). A primeira propunha o congelamento, por 20 anos, dos investimentos em várias áreas, incluindo a Educação. Já a segunda, uma medida provisória de reformulação do Ensino Médio, propunha, entre outros aspectos, a oferta facultativa de algumas disciplinas nas escolas e a possibilidade de que profissionais que não cursaram uma licenciatura lecionassem.

Em virtude desse contexto e seguindo as orientações dos responsáveis pelo movimento de ocupação das escolas foi solicitada a abordagem de um tema sociopolítico, a partir do uso de analogias. As futuras professoras realizaram o planejamento para ser desenvolvido em uma escola estadual, situada no entorno da universidade. Elas apresentaram algumas dificuldades na elaboração do planejamento, como: a definição da temática; a organização dos momentos da aula; e a elaboração da analogia.

As dúvidas foram discutidas em reuniões realizadas com a professora formadora e um planejamento para abordagem da temática racismo foi elaborado pelas futuras professoras. A versão final do planejamento foi recolhida e utilizada como fonte de dados para este estudo.

Aula 1: a turma para a qual as futuras professoras ministraram a aula era composta por, aproximadamente, 25 estudantes de diferentes anos do Ensino Médio. Alguns desses estudantes eram provenientes de outras escolas públicas da região, que integravam o movimento de ocupação. A aula foi acompanhada e registrada em vídeo pela pesquisadora e pela professora formadora.

Entrevistas 1 e 2: a entrevista 1 ocorreu imediatamente após a aula 1 e foi realizada pela autora 1 e pela professora formadora. O intuito dessa entrevista era acessar os pontos de vista das futuras professoras sobre as situações de ensino vivenciadas. Ela foi realizada de forma semiestruturada, isto é, os tópicos explorados foram elaborados previamente, mas a sequência e a enunciação das perguntas foram adaptadas diante das respostas das entrevistadas (Cohen et al., 2011). As futuras professoras foram questionadas sobre aspectos gerais, como: (i) as principais dificuldades enfrentadas no planejamento e no desenvolvimento da aula; (ii) o papel do planejamento no

ensino; (iii) o papel das analogias na aula ministrada. Quando necessário, questões adicionais eram colocadas, para incentivar as futuras professoras a elucidarem seus pontos de vista.

A entrevista 2 foi realizada pela autora 1, em data posterior à aula 1 e tinha um enfoque diferente da entrevista anterior, pois, em lugar da realização de questionamentos sobre a aula ministrada pelas futuras professoras, buscou-se compreender como aquela situação de ensino poderia ter promovido a sua reflexão sobre o ensino. Em vista desse objetivo, foi realizada uma entrevista não estruturada, com maior flexibilidade (Cohen et al., 2011). Nessa situação, as futuras professoras foram solicitadas a assistir ao vídeo da aula, pausando-o sempre que identificassem um evento crítico. Segundo Tripp (1992), evento crítico é uma situação que pode levar os futuros professores a refletirem sobre seu ensino, por exemplo, situações relacionadas à interação com os estudantes, ao tipo de atividade utilizada e às atitudes tomadas durante o ensino. Quando as futuras professoras comentavam sobre um evento crítico, a pesquisadora fazia questionamentos para tentar compreender o motivo pelo qual aquela situação promoveu nelas uma reflexão. Quando a pesquisadora identificava aspectos importantes que não haviam sido comentados, elas eram solicitadas a fazer uma análise crítica daquele episódio.

Planejamento 2: as futuras professoras foram solicitadas a elaborar um segundo planejamento para uma aula de 50 minutos, destinada a estudantes do 2º ano do Ensino Médio de outra escola estadual, situada em uma cidade próxima à universidade. Nessa aula, elas deveriam abordar aspectos introdutórios sobre o tema "soluções", por meio do uso de analogias. As futuras professoras e seus colegas tiveram quatro aulas geminadas da disciplina de Práticas de Ensino para iniciar a elaboração do planejamento. Esse processo foi acompanhado pela primeira autora e pela professora formadora, que auxiliaram nas dúvidas. O planejamento foi recolhido para compor os dados desta pesquisa.

Aula 2: a aula planejada foi ministrada para quatro estudantes, porque uma greve das escolas estaduais foi deflagrada na semana em que a aula aconteceu. A professora da turma, então, entrou em contato com os estudantes e solicitou a participação voluntária nessas aulas. Assim como a aula 1, ela também foi registrada em vídeo.

Entrevistas 3 e 4: a entrevista 3 ocorreu logo após a aula 2. As futuras professoras foram solicitadas a expressarem suas ideias gerais sobre o processo de planejamento e ensino vivenciados, em uma entrevista semiestruturada, na qual foram questionadas sobre os mesmos tópicos destacados anteriormente para a entrevista 1.

A entrevista 4 consistiu de duas etapas. Uma primeira, caracterizada por uma abordagem semiestruturada, na qual as futuras professoras foram questionadas sobre o processo de modelagem analógica vivenciado por elas na disciplina e em que expressaram suas ideias sobre: (i) como viam esse processo e qual o papel das analogias nele; (ii) a possível influência desse processo em sua compreensão sobre analogias; e (iii) a possível influência desse processo em sua compreensão sobre o uso de analogias no ensino de Ciências. Por último, foram solicitadas a fazer uma análise do processo formativo de acordo com os aspectos que julgassem relevantes. Essa etapa da entrevista foi proposta porque, ao longo da realização da pesquisa, tivemos

indícios, nas discussões estabelecidas com os futuros professores, de que a modelagem analógica poderia ter exercido importantes influências no desenvolvimento de seus conhecimentos sobre analogias e seu uso no ensino de Ciências. Na segunda etapa dessa entrevista, caracterizada por uma abordagem não estruturada, as futuras professoras foram solicitadas a identificar os eventos críticos da aula e comentar sobre eles, de maneira semelhante ao que ocorreu na entrevista 2.

Ainda que tenhamos focado nossa análise nos momentos destacados anteriormente, considerando a segunda questão de pesquisa deste trabalho, sempre que necessário, recorreremos às filmagens e às atividades realizadas em outros momentos para esclarecer determinados aspectos ou apoiar nossos apontamentos sobre a influência do processo formativo.

Metodologia de análise dos dados

Considerando nosso interesse em investigar a influência do processo formativo vivenciado pelas futuras professoras ao longo da disciplina Práticas de Ensino de Química I sobre seus conhecimentos relacionados às analogias, assistimos a todos os vídeos das aulas e realizamos um estudo de caso estruturado de acordo com a ordem cronológica dos dados obtidos nos seguintes momentos: planejamento 1; aula 1; entrevistas 1 e 2; planejamento 2; aula 2; entrevistas 3 e 4 (Cohen et al., 2011).

A partir da visualização das filmagens das aulas e das entrevistas, identificamos trechos que evidenciavam os conhecimentos sobre analogias e seu uso no ensino manifestados pelas futuras professoras. Após a seleção desses trechos, eles foram transcritos. A análise dos documentos foi realizada a partir da leitura dos planejamentos e das demais atividades realizadas no curso, na busca por indícios dos conhecimentos manifestados pelas futuras professoras. Os trechos que evidenciavam tais conhecimentos foram selecionados e apresentados na íntegra no estudo de caso.

Para responder as questões de pesquisa, em cada um dos momentos destacados, identificamos e interpretamos elementos dos conhecimentos sobre analogias e seu uso no ensino de Ciências manifestados pelas futuras professoras. Eles não haviam sido definidos *a priori*, mas identificados a partir da análise realizada pelas pesquisadoras e transformados em categorias que expressassem o elemento do conhecimento. A cada um desses elementos foi atribuída uma sigla (Quadro 2).

Para investigar como o processo formativo pode ter influenciado esses conhecimentos, observamos seus elementos manifestados pelas futuras professoras ao longo de cada momento (planejamentos, aulas e entrevistas), assim como as suas evoluções e involuções, para tentar identificar, as possíveis influências do processo. Nessa etapa, identificamos quais elementos dos conhecimentos as futuras professoras manifestaram e quais etapas do processo formativo haviam sido vivenciadas por elas.

Sigla	Elemento do conhecimento
MAEP	O mapeamento deve ser apresentado aos estudantes pelo professor.
LAEP	As limitações da analogia devem ser apresentadas aos estudantes pelo professor.
AIDA	Aspectos introdutórios sobre o domínio alvo devem ser discutidos antes do

	estabelecimento da analogia.
DADE	O domínio análogo deve ser discutido com os estudantes antes da elaboração da analogia
ARVA	A analogia deve, sempre que possível, contar com uma representação visual do análogo.
ACRS	Analogias apresentam correspondências de relações de similaridade entre os domínios.
CRSE	As correspondências de relações de similaridade entre os domínios devem ser explicitadas.
AAL	Analogias apresentam limitações.
LAD	As limitações das analogias devem ser discutidas.
PGCA	O professor deve garantir que os estudantes compreendam adequadamente o domínio análogo.
PDEA	O professor deve discutir com os estudantes o que é uma analogia.
AAII	Os domínios alvo e análogo podem ser introduzidos de forma interativa.
EPRD	Os estudantes precisam participar do estabelecimento de relações entre os domínios.
LDPE	As limitações devem ser discutidas com a participação dos estudantes.
AIDI	Os aspectos importantes dos domínios alvo e análogo devem ser identificados.
AFCC	Analogias facilitam a compreensão de conceitos.
NCA	É necessário tirar conclusões sobre o alvo.
EROP	O estabelecimento de relações entre os domínios deve ser um processo orientado pelo professor.
EPERS	Os estudantes podem estabelecer as relações de similaridade que consideram mais pertinentes.
PAEER	O professor deve assegurar que os estudantes estabeleçam as relações analógicas almeçadas.
AIDC	Analogias devem ser introduzidas durante a discussão do conceito.
AFCM	Analogias podem facilitar a compreensão de modelos.
ACAM	Analogias podem complementar aspectos que os modelos não representam.
ADCA	Analogias podem desenvolver os conhecimentos sobre o domínio alvo.
AREF	Analogias apresentam relações estruturais ou funcionais.
EREAI	O estabelecimento de relações pelos estudantes facilita o acesso do professor às suas ideias.

Quadro 2. Elementos dos conhecimentos sobre analogias e seu uso no ensino manifestados pelas futuras professoras.

Devido ao limite de extensão deste artigo, optamos por apresentar uma síntese de todo o processo. A versão integral do estudo de caso pode ser encontrada em Oliveira (2018).

Resultados e discussões

Para facilitar a compreensão dos processos de identificação e interpretação dos elementos dos conhecimentos manifestados pelas futuras professoras, apresentamos alguns exemplos a seguir.

Na aula 1, as futuras professoras introduziram a discussão da analogia de forma expositiva, a partir da apresentação, para os estudantes, das relações de similaridade e das limitações. Por meio dessas ações, elas manifestaram duas concepções relacionadas ao uso de analogias no ensino: a de que o mapeamento deve ser apresentado aos estudantes pelo professor (MAEP); e a

de que as limitações da analogia devem ser apresentadas aos estudantes pelo professor (LAEP). Durante as entrevistas 1 e 2, ao refletirem sobre esse contexto, elas questionaram a maneira como abordaram a analogia naquela primeira experiência de ensino e expressaram a ideia de que os estudantes precisam participar do estabelecimento de relações entre os domínios (EPRD), como evidenciado na transcrição a seguir:

Letícia: É, mas agora ficou a dúvida se esse foi o jeito mais fácil pra eles entenderem.

Joana: Não sei se hoje, se eu desse essa mesma aula, eu iria introduzir a analogia desse jeito.

Pesquisadora: Tá, mas e se não fosse desse jeito? Como vocês fariam?

Letícia: Não sei se essa seria uma ideia, mas, por exemplo, da gente introduzir um domínio e eles corresponderem com o outro, entendeu? Pra eles estabelecerem as próprias relações que a gente tava tentando fazer. Já tava escrito lá! Até eles poderiam ler, se fosse o caso. Acho que a gente não devia ter colocado isso.

O elemento (EPRD) também foi manifestado durante o planejamento 2. As futuras professoras planejaram a realização de dois experimentos para iniciar as discussões sobre o processo de dissolução: a mistura de sal em água e de areia em água; e a mistura de areia e imã e de limalhas de ferro e imã. De acordo com o planejamento, seria proposto aos estudantes realizarem o mapeamento das relações analógicas em uma estrutura, como aquelas apresentadas nos Quadros 3 e 4.

Análogo (Sistema que contém ímã e areia)	Mapeamento	Alvo (Sistema que contém óleo e água)
A areia não interage com o ímã	↔	As partículas de óleo não interagem com as partículas de água
As interações entre as partículas de ímã são mais fortes que as interações entre a areia e o ímã	↔	As interações entre as partículas de água são mais fortes que as interações entre as partículas de água e de óleo

Quadro 3. Mapeamento das relações de similaridade entre o sistema ímã-areia e o sistema óleo-água.

Análogo (Sistema que contém ímã e limalhas de ferro)	Mapeamento	Alvo (Sistema que contém sal e água)
O ímã interage fortemente com as limalhas de ferro	↔	As partículas de água interagem fortemente com as partículas de sal

Quadro 4. Mapeamento das relações de similaridade entre o sistema ímã-limalhas de ferro e o sistema sal-água.

A partir do mapeamento explicitado anteriormente, é possível observar que as futuras professoras evidenciaram a compreensão de que as analogias apresentam correspondências de relações de similaridade entre os domínios (ACRS), pois centraram sua comparação nesse tipo de correspondência, em detrimento de possíveis correspondências de atributos de objeto.

A transcrição do trecho da aula 2, a seguir, ilustra a maneira como as futuras professoras instruíram os estudantes em relação à elaboração da analogia:

Joana: Então, ficou claro? A gente tem, aqui, quatro sistemas, certo? Eu quero que vocês... O que vocês poderiam comparar de um experimento com o outro [aponta para os dois experimentos]? O que vocês conseguiram observar? O que vocês acham que aconteceu em um que é parecido com o outro, talvez? Aí, aqui tem uma tabelinha [vai até a mesa buscar a folha de atividade onde se encontra um quadro no qual os estudantes deveriam realizar o mapeamento] ...

Estudante 1: Aí eu vou ter que comparar o sistema 1 com o sistema 3, ou como eu quiser?

Letícia: Você acha que o sistema 1 é parecido com o sistema 3?

Joana: Ou com o 4? O que você acha? Aí, vocês vão colocar... Vocês veem que tem duas tabelinhas. Aqui vocês vão colocar qual sistema que vocês acham, do 1 ali [aponta para o experimento 1] que poderia ter semelhança com o outro [aponta para o experimento 2].

O fato de as futuras professoras não terem explicitado quais sistemas dentre os apresentados nos experimentos 1 e 2 os estudantes deveriam comparar indica que consideram que a própria turma poderia estabelecer as relações de similaridade que considerassem mais pertinentes (EPERS), em lugar de identificar apenas as relações almejadas pelo professor. Elas auxiliaram os estudantes durante o processo de identificação de relações, o que indica que elas reconhecem que o estabelecimento de relações entre os domínios deve ser um processo orientado pelo professor (EROP).

Na entrevista 4, as futuras professoras destacaram dois papéis desempenhados pelas analogias na modelagem analógica vivenciada em seu processo formativo: facilitar a compreensão do modelo (AFCM); e complementar aspectos que o modelo não representa (ACAM):

Letícia: Eu acho que a analogia vem pra... meio que pra facilitar a compreensão do modelo. Pra tornar mais assim... explícito o modelo, sabe? O modelo, por si só, às vezes, não dá conta de explicar tudo. Aí, a analogia vem pra complementar o modelo.

Pesquisadora: Vocês acham que as analogias que vocês elaboraram [nas atividades de modelagem analógica] serviram pra... complementar o modelo que vocês já tinham feito. Tem algum outro papel?

Joana: De facilitar o... o conceito, né?! No caso, o de equilíbrio. Acho que, de uma certa forma, facilita a compreensão do alvo.

Além disso, as futuras professoras destacaram a influência da modelagem analógica em seu conhecimento sobre analogias, o que indica a compreensão de que as analogias apresentam relações estruturais ou funcionais (AREF):

Letícia: Eu pelo menos confundia analogia com a questão da "mera aparência", que é simplesmente assim...

Joana: Eu também! Comparar coisas físicas.

Letícia: Mas aí, conforme a gente foi desenvolvendo as analogias, a gente teve que associar, né?! Por exemplo, um aspecto semelhante do domínio análogo relacionado com o alvo, e não só características físicas. Tanto que a gente viu, na teoria, que tem as... as relações da analogia podem ser, é..., tanto estruturais como funcionais, né?! Pra relacionar as funções mesmo dos domínios comparados.

Inicialmente, a manifestação dos conhecimentos parece ter ocorrido, principalmente, sob influência das discussões teóricas sobre analogias. Tais discussões parecem ter influenciado os conhecimentos sobre analogias manifestados pelas futuras professoras desde o planejamento 1, a partir de elementos importantes, como: analogias apresentam correspondências de relações de similaridade entre os domínios (ACRS); e analogias apresentam limitações (AAL).

O reconhecimento de que as analogias são caracterizadas por relações de similaridade pode minimizar um problema recorrente em relação ao seu uso por professores de Ciências: a confusão com outros tipos de comparações e recursos didáticos (Almeida, 2020; Mozzer e Justi, 2013; Oliveira e Mozzer, 2017). Além disso, o reconhecimento de que analogias apresentam limitações indica que as futuras professoras compreendem que as relações de similaridade não contemplam o domínio alvo em todos os seus aspectos (Harrison e Treagust, 2006).

As futuras professoras já haviam passado por discussões sobre as perspectivas de ensino e de aprendizagem construtivista e sociocultural quando realizaram o planejamento 1. Apesar disso, planejaram uma aula de caráter predominantemente expositivo, que incluiu a abordagem da analogia, proposta sob o paradigma da recepção (Blanchette e Dunbar, 2000). Como discutido, o uso de analogias sob tal paradigma pode privar os estudantes de estabelecerem as relações analógicas que fazem sentido para eles e de desenvolverem habilidades importantes, como imaginação e criatividade. Nesse contexto, o uso de analogias não se difere da mera transmissão/recepção de conhecimentos (Oliva-Martínez et al., 2001).

Tais aspectos ficam evidentes ao observarmos que, no planejamento 1, as futuras professoras manifestaram elementos, como: o mapeamento deve ser apresentado aos estudantes pelo professor (MAEP); e as limitações devem ser apresentadas aos estudantes pelo professor (LAEP). Esses elementos também foram manifestados por elas durante a aula 1, o que evidencia o caráter expositivo e não interativo que permeou essa aula. Não tivemos indícios de como o processo formativo pode tê-los influenciado, uma vez que, ao longo desse processo, salientou-se a importância da participação dos estudantes na discussão da analogia. Apesar disso, acreditamos que esses elementos podem ter sido influenciados negativamente pelo primeiro contexto de ensino vivenciado, como é discutido ao longo desta análise.

As futuras professoras já haviam passado por discussões teóricas sobre outras maneiras de utilizar as analogias com base no paradigma da produção (Blanchette e Dunbar, 2000). No entanto, demonstraram insegurança quanto a essa abordagem ao planejarem o uso desses recursos conforme o paradigma da recepção. Isso pode estar associado ao fato de que as futuras professoras ainda não haviam passado por nenhum processo de elaboração de suas

próprias analogias, ou seja, que as orientassem com relação a como inserir analogias de acordo com o paradigma da produção.

Tais aspectos são condizentes com resultados de nossos trabalhos anteriores (Oliveira e Mozzer, 2017) nos quais evidenciamos que o fato de futuros professores compreenderem aspectos teóricos sobre analogias e seu uso no ensino não significa, necessariamente, que saibam abordar esses aspectos no ensino. Também não podemos desconsiderar o fato de que as futuras professoras estavam lecionando um assunto que não dominavam completamente para estudantes que não conheciam, o que pode ter influenciado significativamente na maneira com que planejaram e desenvolveram a aula. Essa suposição pode ser apoiada pela literatura da área (Hume et al., 2019; Gess-Newsome, 2015; Shulman, 1987), que tem evidenciado a importância, para o ensino, dos conhecimentos do conteúdo e dos estudantes.

Consideramos que as discussões teóricas sobre analogias tiveram um impacto significativo para os elementos manifestados pelas futuras professoras ao longo de todo o processo, desde o planejamento 1. A partir da aula 1, essa influência parece ter ocorrido de forma associada a outras etapas do processo formativo, como: a experiência dos contextos de ensino (planejamentos e aulas ministradas); a reflexão; e a modelagem analógica.

Ainda que discussões teóricas tenham ocorrido anteriormente, com ênfase a determinados princípios do uso de analogias, muitos elementos de seus conhecimentos parecem ter sido considerados pelas futuras professoras somente após vivenciarem tais etapas do processo formativo. Por exemplo, na aula 1, as futuras professoras manifestaram a ideia de que o professor deve garantir que os estudantes compreendam adequadamente o domínio análogo (PGCA). Esse elemento reflete um dos pontos abordados ao longo das discussões teóricas que ocorreram na disciplina. Contudo, somente após vivenciar o contexto da aula 1 é que as futuras professoras o manifestaram. Isso nos levou a acreditar que tal elemento também se desenvolveu sob influência daquele contexto de ensino experimentado.

Essa influência da experiência do contexto de ensino 1 tornou-se ainda mais acentuada quando as futuras professoras refletiram sobre essa primeira situação de ensino durante as entrevistas 1 e 2. Nelas, as duas participantes da pesquisa expressaram vários elementos, como: o professor deve discutir com o estudante o que é uma analogia (PDEA); os domínios alvo e análogo podem ser introduzidos de forma interativa (AAII); o professor deve garantir que os estudantes compreendam adequadamente o domínio análogo (PGCA); os estudantes precisam participar do estabelecimento de relações entre os domínios (EPRD); e as limitações devem ser discutidas com a participação dos estudantes (LDPE).

Um fator importante a ser ressaltado é que três dos elementos destacados anteriormente – LDPE, EPRD e AAII – parecem ter sofrido influência não só da experiência do contexto de ensino 1, mas também das reflexões sobre esse contexto e das discussões sobre perspectivas de ensino e de aprendizagem que ocorreram durante o processo formativo. Isso porque os três elementos retratam a importância que as futuras professoras passaram a atribuir à interação com os estudantes a partir da aula 1. No entanto, eles emergiram enquanto elas refletiam sobre esse contexto de ensino, o que evidencia a

importância da reflexão para sua manifestação. A reflexão também pode ter contribuído para que as futuras professoras reconsiderassem certas ideias discutidas ao longo do processo formativo com relação às perspectivas de ensino e aprendizagem, que evidenciavam a importância da interação com os estudantes e entre os estudantes durante esses processos.

Em síntese, os elementos dos conhecimentos sobre analogias e seu uso expressos no planejamento e na aula 2 retratam uma mudança na maneira de compreender o uso dessas analogias, que parece ter sido influenciada por três aspectos centrais do processo formativo: a experiência dos contextos de ensino; a modelagem analógica; e a reflexão.

A experiência do contexto de ensino 1 e as reflexões sobre ele parecem ter influenciado de forma bastante significativa esses conhecimentos, porque, a partir delas, as futuras professoras reconheceram a necessidade de engajar os estudantes na discussão das analogias. Isso se refletiu na maneira com que as futuras professoras planejaram e desenvolveram o uso de analogias nos momentos "planejamento 2" e "aula 2", evidenciado pelos três elementos dos conhecimentos sobre o uso de analogias manifestados: os domínios alvo e análogo podem ser introduzidos de forma interativa (AAII); o professor deve garantir que os estudantes compreendam adequadamente o domínio análogo (PGCA); os estudantes precisam participar do estabelecimento de relações entre os domínios (EPRD).

Os elementos AAII e EPRD, em específico, retratam uma mudança significativa na maneira de compreender o uso de analogias no ensino. Isso porque, ao manifestarem esses elementos, as futuras professoras pareciam compreender a importância de que os estudantes participassem das discussões da analogia em contraposição à concepção de que as analogias deveriam ser discutidas sem a participação dos estudantes, apresentada durante o planejamento e a aula 1.

Essa influência da experiência do contexto de ensino também parece estar relacionada ao fato de que, na aula 1, as futuras professoras abordaram o tema racismo em lugar de um conteúdo da área da Química. A maneira como elas planejaram aquela aula reflete a insegurança em promover interações com os estudantes e, conseqüentemente, pode ter contribuído para que optassem por abordar as analogias sob o paradigma da recepção. Apesar disso, tivemos indícios de impactos significativos da aula 1 em certos aspectos dos conhecimentos relacionados à prática pedagógica das futuras professoras. Essa influência foi evidenciada ao longo das entrevistas 1 e 2, quando as futuras professoras refletiram sobre a aula 1, ao destacarem aspectos que poderiam ser melhorados naquela aula, como: a interação com os estudantes e a necessidade de ouvir suas ideias. Esses aspectos estiveram presentes ao longo do planejamento e da aula 2, o que indica que repensaram sua prática a partir daquela reflexão.

Na aula 2, as futuras professoras lecionaram o conteúdo da área da Química sobre "dissolução". A experiência desse novo contexto parece ter influenciado de forma significativa os elementos dos conhecimentos sobre o uso de analogias manifestados, como: os estudantes podem estabelecer as relações de similaridade que consideram mais pertinentes (EPERS); o estabelecimento de relações entre os domínios deve ser um processo orientado pelo professor (EROP); o professor deve assegurar que os estudantes estabeleçam as

relações analógicas almeçadas (PAEER); analogias devem ser introduzidas durante a discussão do conceito (AIDC); e é necessário tirar conclusões sobre o domínio alvo (NCA).

Todos esses elementos abordam ideias que já haviam sido discutidas na parte teórica sobre analogias. Contudo, parece que a experiência do contexto de ensino 2 influenciou mais significativamente a manifestação desses conhecimentos, uma vez que somente a partir da vivência dessa segunda situação de ensino é que eles foram manifestados pelas futuras professoras. Acreditamos que a influência da experiência do contexto de ensino 2 está relacionada, principalmente, ao fato delas terem ministrado uma aula sobre um conteúdo da área da Química, fato que pode ter favorecido a manifestação dos elementos destacados. Isso porque o conhecimento de conteúdo mais elaborado pode ter contribuído para que as futuras professoras considerassem a participação dos estudantes durante a discussão da analogia e para que sentissem a necessidade de tirar conclusões sobre o domínio alvo, ou seja, de sistematizar os conceitos trabalhados na aula.

Esses elementos também parecem ter sido influenciados pela vivência do processo de modelagem analógica. A vivência e a reflexão (durante as entrevistas 3 e 4) sobre esse processo interferiram tanto nos conhecimentos das futuras professoras relacionados a como orientar os estudantes em situações nas quais eles participassem da discussão da analogia, quanto naqueles relacionados às analogias em si. Durante as reflexões sobre a modelagem analógica, as futuras professoras destacaram que, mesmo antes de vivenciarem esse processo, tinham conhecimento das diferenças conceituais entre as analogias e as comparações de mera aparência. Mas só ficou claro, para elas, o que, de fato, é uma relação de similaridade quando tiveram de elaborar suas próprias analogias. Isso propiciou que fossem capazes até mesmo de diferenciar os tipos de relações de similaridade.

Tais ideias podem ser apoiadas ao observarmos que, durante a entrevista 4, elas apresentaram elementos do conhecimento sobre analogias que não haviam sido expressos anteriormente: analogias podem facilitar a compreensão de modelos (AFCM); analogias podem complementar aspectos que os modelos não dão conta de explicar (ACAM); analogias podem desenvolver os conhecimentos sobre o domínio alvo (ADCA); e analogias apresentam relações estruturais ou funcionais (AREF).

Todos esses elementos retratam também que, após a vivência da modelagem analógica, as futuras professoras apresentaram um avanço em suas concepções sobre analogias, tendo em vista que evidenciaram compreender algumas das funções das analogias destacadas pela literatura como importantes para a produção do conhecimento pelo ser humano e, de forma mais específica, para a ciência e para ensino de Ciências (Edwards et al., 2019; Gentner, 2010; Gentner e Jee, 2010; Akkuzu e Akcay, 2011). Dentre elas, destacamos a compreensão de que as analogias podem atuar não só complementando e facilitando a compreensão de modelos, mas desenvolvendo novos conhecimentos sobre o alvo e, conseqüentemente, atuando como fontes de ideias na elaboração de modelos mais acurados (Clement, 2008).

Esses elementos manifestados pelas futuras professoras a partir da reflexão sobre sua participação na modelagem analógica são condizentes com os

apontamentos da literatura da área, que evidenciam que a elaboração, a crítica e a reformulação de analogias em salas de aula de Ciências podem propiciar, além do conhecimento sobre modelos, o desenvolvimento de habilidades e compromissos epistemológicos, o que possibilita que os estudantes apliquem, avaliem e reconstruam modelos (Oliva-Martínez e Aragón, 2009).

Os conhecimentos sobre o uso de analogias no ensino também passaram por alterações significativas a partir das entrevistas 1 e 2. Nesse caso, as futuras professoras partiram de uma concepção na qual a analogia deveria ser, em sua totalidade, discutida por elas, para uma na qual os estudantes deveriam participar ativamente ao longo de todo o processo de discussão. As influências para as alterações nessa maneira de conceber o uso de analogias no ensino foram mais variadas.

De maneira geral, a experiência do contexto de ensino 1 e a reflexão sobre ele parecem ter contribuído no sentido de evidenciar, para as futuras professoras, a importância das interações com os estudantes durante a aula e, especificamente, durante todo o processo de elaboração da analogia. Por exemplo, durante a entrevista 1, as futuras professoras demonstraram ter refletido na ação (Schön, 2000) ao perceberem que os estudantes estavam dispersos durante a aula 1 e, a partir daí, buscaram criar situações de interação com o objetivo de engajá-los nas discussões. Diante disso, fomos levadas a acreditar que a regência da aula 1 propiciou o desenvolvimento de certos elementos do fazer pedagógico, como a interação com os estudantes e a capacidade de ajustar a prática pedagógica às características de cada contexto de ensino.

Tais contribuições também ficaram evidentes em outros momentos da entrevista, em que as futuras professoras refletiram sobre a ação (Schön, 2000). Por exemplo, elas expressaram a concepção de que o ensino é dinâmico e depende do comportamento dos estudantes e do contexto de ensino. O "conhecimento na ação" (Schön, 2000), desenvolvido pelas futuras professoras no decorrer da aula 1, principalmente no que se refere à interação com os estudantes, parece ter sido impactante na maneira como passaram a conceber esse aspecto da ação pedagógica.

Finalmente, destacamos a influência das discussões teóricas para a manifestação dos elementos sobre analogias e seu uso no planejamento 2 e na aula 2. Essa influência ocorreu, principalmente, no sentido de oferecer suporte às futuras professoras para que pudessem utilizar analogias de forma apropriada no ensino. Isso reforça a importância de que a prática seja sustentada pela teoria em um processo de influência mútua (Piconez, 2012; Pimenta e Ghedin, 2002).

Conclusões e implicações

Ao longo deste trabalho, investigamos como os conhecimentos de duas futuras professoras de Química sobre analogias e seu uso no ensino foram influenciados pelo processo formativo vivenciado em um curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública brasileira.

No primeiro contexto de ensino vivenciado pelas futuras professoras, elas manifestaram elementos de seus conhecimentos que são coerentes com a

definição de analogias como comparações que apresentam correspondências de relações de similaridade entre os domínios análogo e alvo (Gentner, 1989; Gentner e Maravilla, 2018), mas também limitações (Harrison, 2008). Ao longo das reflexões realizadas, as futuras professoras também demonstraram compreender a função criativa das analogias durante a construção de conhecimentos.

Com relação aos conhecimentos sobre o uso de analogias no ensino, no contexto de ensino 1, foi possível identificar elementos que caracterizam o uso de analogias conforme o paradigma da recepção (Blanchette e Dunbar, 2000). Apesar disso, identificamos elementos que contemplam algumas das características para o uso adequado de analogias no ensino.

Ao refletirem sobre este primeiro contexto de ensino, as futuras professoras evidenciaram a importância que passaram a atribuir à participação dos estudantes, sobretudo, durante a discussão da analogia. Isso parece ter refletido no planejamento e na regência no contexto de ensino 2, no qual as futuras professoras propiciaram a participação dos estudantes ao longo de todo o processo de discussão da analogia (paradigma da produção) (Blanchette e Dunbar, 2000).

No que se refere às discussões teóricas sobre analogias, concluímos que elas se mostraram importantes ao longo de todo o processo, no sentido de oferecer suporte para que as futuras professoras pudessem planejar, desenvolver e refletir sobre o uso de analogias nas aulas. Apesar disso, evidenciamos que esse tipo de discussão não é suficiente para promover uma visão adequada sobre esses recursos e sobre como utilizá-los no ensino (Oliveira e Mozzer, 2017).

Os resultados obtidos por meio da vivência e da reflexão sobre os diferentes contextos de ensino pelas futuras professoras nos levam à hipótese de que a maneira pela qual as analogias são abordadas no ensino é influenciada pelo conhecimento de conteúdo que apresentam sobre o domínio alvo. Isso ficou evidente ao observarmos que, ao trabalharem um tema com maior familiaridade, no contexto de ensino 2, as professoras se sentiram seguras para fomentar interações significativas com os estudantes.

Finalmente, destacamos a influência da modelagem analógica para a manifestação de elementos relacionados à função criativa das analogias, assim como o reconhecimento de alguns tipos de relações de similaridade inerentes a essas comparações (estruturais e funcionais). Somado a isso, a modelagem analógica proporcionou, às futuras professoras, reflexões sobre como utilizar as analogias de forma criativa no ensino.

As conclusões obtidas neste trabalho sinalizam implicações importantes para os cursos de formação de professores em relação ao desenvolvimento de conhecimentos sobre analogias e seu uso no ensino. Em primeiro lugar, realçamos a importância de que os processos formativos possibilitem a transformação de crenças e concepções dos futuros professores sobre analogias. Processos formativos, como o que foi pesquisado neste trabalho, nos quais a articulação teoria-prática é o eixo orientador, têm o potencial de favorecer o desenvolvimento desses conhecimentos na medida em que fornecem, aos futuros professores, a oportunidade de criarem, criticarem e reformularem suas próprias analogias. Em segundo lugar, parece-nos central

delinear processos formativos nos quais os futuros professores reflitam sobre como utilizar analogias de forma apropriada no ensino e vivenciem situações da prática. Nesse sentido, a vivência de experiências de planejamento e ensino com o auxílio desses recursos pode potencializar o desenvolvimento e a validação de certos saberes relacionados a como os utilizar no ensino (Tardif, 2002).

Além disso, as conclusões do nosso trabalho indicam a necessidade de que pesquisas adicionais sejam realizadas para: compreender mais profundamente como a modelagem analógica pode favorecer o desenvolvimento de conhecimentos sobre analogias e seu uso com função criativa no ensino; e elucidar as relações entre o conhecimento sobre o alvo apresentado pelo (futuro) professor e a maneira pela qual ele utiliza as analogias no ensino.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001; FAPEMIG e CNPq. Agradecemos, ainda, à Universidade Federal de Ouro Preto pelo suporte no desenvolvimento da pesquisa.

Referências bibliográficas

Almeida, H. A. (2020). As concepções sobre analogias no discurso de licenciandos em ciências biológicas. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 15(1), 101-117. <https://doi.org/10.14483/23464712.14401>

Akkuzu, N., e Akcay, H. (2011). An effective model to increase student attitude and achievement: Narrative including analogies. *US-China Education Review*, A5(10), 612-623. Recuperado de: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED527688.pdf>.

Andrade, G. M. P. C., Mozzer, N. B., e Oliveira, T. M. A. (2017). O papel dos questionamentos do professor em atividades fundamentadas em modelagem analógica. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extraordinário), 4535-4540. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/issue/view/25743>

Aragón, M. M., Oliva-Martínez, J. M., e Navarrete, A. (2014). Desarrollando la competencia de modelización mediante el uso y aplicación de analogías en torno al cambio químico. *Enseñanza de las ciencias*, 32(3), 337-356. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/287558>.

Asay, L. (2013). *The importance of explicitly mapping instructional analogies in science education*. Masters Dissertation. Department of Educational Psychology and Higher Education, University of Nevada, Las Vegas. Recuperado de: <https://digitalscholarship.unlv.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2798&context=thesisdissertations>.

Blanchette, I., e Dunbar, K. (2000). How analogies are generated: the roles of structural and superficial similarity. *Memory & Cognition*, 8(1), 108-124. <https://doi.org/10.3758/BF03211580>

Brown, S., e Salter, S. (2010). Analogies in science and science teaching. *Advances in Physiology Education*, 34(4), 167-169. <https://doi.org/10.1152/advan.00022.2010>

Cirino, C. M., Oliveira, T. M. A., e Mozzer, N. B. (2020). Elaboração de comparações por crianças para explicar o processo de dissolução. *Ciências & Cognição (UFRJ)*, 24(2), 227-244. Recuperado de <http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/1538>.

Clement, J. (2008). *Creative model construction in scientists and students: The role of imagery, analogy and mental simulations*. Dordrecht: Springer.

Cohen, L., Manion, L., e Morrison, K. (2011). *Research methods in Education*. London and New York: Routledge.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning Science. *Science Education*, 75(6), 649-672. <https://doi.org/10.1002/sce.3730750606>

Edwards, B. J., Williams, J. J., Gentner, D., e Lombrozo, T. (2019). Explanation recruits comparison in a category-learning task. *Cognition*, 185(s/n), 21-38. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.12.011>

Fabião, L. S., e Duarte, M. C. (2005). Dificuldades de produção e exploração de analogias: um estudo no tema equilíbrio químico com alunos/futuros professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 1-17. Recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART6_Vol4_N1.pdf.

Gentner, D. (2010). Bootstrapping the mind: Analogical processes and symbol systems. *Cognitive Science*, 34(5), 752-775. <https://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2010.01114.x>

Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. Em S. Vosniadou e A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 199-241). Cambridge: Cambridge University Press.

Gentner, D., e Jee, B. (2010). De l'alchimie aux sciences modernes: Du don usage de la pensée analogique. *Sciences Humaines*, (215), 40-43. Recuperado de: https://www.scienceshumaines.com/la-vie-politique-est-elle-un-concours-de-metaphores_fr_25329.html.

Gentner, D., e Maravilla, F. (2018). Analogical reasoning. Em L. J. Ball e V. A. Thompson (Eds.), *International handbook of thinking & reasoning* (pp. 186-203). New York: Psychology Press.

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK. Em A. Berry et al. (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 28-42). New York and London: Routledge.

Gilbert, J., e Justi, R. (2016). Analogies in modelling-based teaching and learning. Em J. Gilbert e R. Justi (Eds.), *Modelling-based teaching science education* (pp. 149-169). Dordrecht: Springer.

Glynn, S. M., Britton, B. K., Semrud-Clikeman, M., e Muth, K. D. (1989). Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. Em J. Glover et al. (Eds.), *Handbook of creativity: Assessment, research and theory* (pp. 383-398). New York: Plenum Press.

Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: a teaching-with-analogies model. Em S. M. Glynn et al. (Eds.), *The Psychology of learning Science* (pp. 219-240). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.

Haglund, J., e Jeppsson, F. (2012). Using self-generated analogies in teaching of thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 898-921. <https://doi.org/10.1002/tea.21025>

Harrison, A. G. (2008). Teaching with analogies: friends or foes? Em A. G. Harrison e R. K. Coll (Eds.), *Using analogies in middle and secondary science classrooms: The FAR guide-an interesting way to teach with analogies* (pp. 6-21). California: Corwin.

Harrison, A. G., e Treagust, D. F. (2006). Teaching and learning with analogies: friend or foe? Em P. J. Aubusson et al. (Eds.), *Metaphor and analogy in Science education* (pp. 11-24). Dordrecht: Springer.

Hanuscin, D. L., Lee, M. H., e Akerson, V. L. (2011). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. *Science education*, 95(1), 145-167. <https://doi.org/10.1002/sce.20404>

Hume, A., Cooper, R., e Borowski, A. (2019). *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science*. Singapore: Springer.

Jonane, L. (2015). Using analogies in teaching Physics: A study on latvian teachers' views and experience. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 17(2), 53-73. <https://doi.org/10.1515/jtes-2015-0011>

Knuuttila, T. (2005). *Models as epistemic artefacts: Toward a non-representationalist account of scientific representation*. Helsinki: University of Helsinki.

Kurtz, K. J., Boukrina, O., e Gentner, D. (2013). Comparison promotes learning and transfer of relational categories. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39(4), 1303-1310. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/a0031847>

Lüdke, M., e André, M. E. D. A. (2015). *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. Rio de Janeiro: EPU.

Magnusson, S., Krajcik, J., e Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. Em J. Gess-Newsome e N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht: Springer.

Monteiro, I. G., e Justi, R. (2000). Analogias em livros didáticos de Química brasileiros destinados ao ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(2), 48-79. Recuperado de: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/650>.

Mozzer, N. B., e Justi, R. (2013). Science teachers' analogical reasoning. *Research in Science Education*, 43(4), 1689-1713. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9328-8>

Mozzer, N. B., e Justi, R. (2018). Modelagem analógica no ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências (online)*, 23(1), 155-182. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n1p155>

Mozzer, N. B., e Justi, R. (2015). Nem Tudo que Reluz é Ouro: Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*,

15(1), 123-147. Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4305>.

Nersessian, N. J. (2008). *Creating scientific concepts*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

Niebert, K., Marsch, S., e Treagust, D. F. (2012). Understanding needs embodiment: A theory-guided reanalysis of the role of metaphors and analogies in understanding science. *Science Education*, 96(5), 849-877. <https://doi.org/10.1002/sce.21026>

Nottis, K. E. K., e McFarland, J. (2001). A comparative analysis of pre-service teacher analogies generated for process and structure concepts. *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, 5(4), s/p. Recuperado de: <https://ejrsme.icrsme.com/article/view/7667>.

Oliva-Martínez, J. M. (2008). Qué conocimientos profesionales deberíamos tener los profesores de Ciencias sobre el uso de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(1), 15-28. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92050103>.

Oliva-Martínez, J. M., e Aragón, M. M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 195-208. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/132237>.

Oliva-Martínez, J. M., Aragón, M. M., Mateo, J, e Bonat, M. (2001). Cambiando las concepciones y creencias del profesorado de ciencias en torno al uso de analogías. *Revista Iberoamericana de Educación*, 4(1), 1-10. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11162/95073>.

Oliveira, T. M. A. e Mozzer, N. B. (2017). Análise dos conhecimentos declarativo e procedimental de futuros professores de química sobre analogias. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (online)*, 19(e2602), 1-24. <https://doi.org/10.1590/1983-21172017190102>

Oliveira, T. M. A., Mozzer, N. B., e Andrade, G. M. P. C. (2017). Modelo de conhecimento profissional de professores em formação. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extraordinário), 2805-2810. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/339721/430690>.

Oliveira, T. M. A. (2018). Os Conhecimentos Profissionais de Futuras Professoras de Química sobre Analogias e sobre o uso de Analogias no Ensino e as Influências de um Processo Formativo. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

Paris, N. A., e Glynn, S. M. (2004). Elaborate analogies in science text: Tools for enhancing preservice teachers' knowledge and attitudes. *Contemporary Educational Psychology*, 29(3), 230-247. [https://doi.org/10.1016/S0361-476X\(03\)00033-X](https://doi.org/10.1016/S0361-476X(03)00033-X)

Piconez, S. C. B. (2012). A prática de ensino e o estágio supervisionado: a aproximação da realidade escolar e a prática de reflexão. Em S. C. B. Piconez (Ed.), *A prática de ensino e o estágio supervisionado* (pp. 13-33). Campinas: Papirus.

Pimenta, S. G., e Ghedin, E. (2002). *Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito*. São Paulo: Cortez.

Ramos, T. C., Mendonça, P. C. C., e Mozzer, N. B. (2019). Argumentação de estudantes na criação e crítica de analogias sobre o Modelo Atômico de Thomson. *Ciência & Educação (online)*, 25(3), 607-624. <https://doi.org/10.1590/1516-731320190030003>.

Ratterman, M. J., e Gentner, D. (1998). More evidence for a relational shift in the development of analogy: children's performance on a causal-mapping task. *Cognitive Development*, 13(4), 453-478. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(98\)90003-X](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(98)90003-X)

Richland, L. E., e Simms, N. (2015). Analogy, higher order thinking, and education. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 6(2), 177-192. <https://doi.org/10.1002/wcs.1336>

Schön, D. A. (2000). *Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-23. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>

Tardif, M. (2002). *Saberes docentes e formação profissional*. Petrópolis: Editora Vozes.

Tripp, D. (1992). Critical theory and educational research. *Issues in Educational Research*, 2(1), 13-23. Recuperado de: <http://education.curtin.edu.au/iier/iier2/tripp.html>.

Treagust, D. F., Harrisson, A. G., e Venville, G. J. (1998). Teaching science effectively with analogies: an approach for pre-service and in-service teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 9(1), 85-101. <https://doi.org/10.1023/A:1009423030880>