

Ensino sobre a Natureza da Ciência: um estudo de caso com dois professores da área de Ciências da Natureza do Ensino Médio

Teaching about the nature of science: A case study of two secondary science teachers

 Natália de Paiva **Diniz**¹

 Alice **Assis**²

¹Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Bauru, SP, Brasil. Autora Correspondente: np.diniz@unesp.br

²Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia e Ciências, Guaratinguetá, SP, Brasil.

Resumo: Neste artigo, verificam-se os fatores que orientam o ensino sobre a Natureza da Ciência (NdC) de dois professores da área de Ciências da Natureza do Ensino Médio participantes de um curso de formação continuada, ocorrido online, de modo a inferir o que pode contribuir ou dificultar a inserção de tais aspectos em sala de aula. Realizou-se um estudo de caso pautado na observação das aulas presenciais desses professores, durante a pandemia da COVID-19. As transcrições das aulas foram analisadas por meio da lente do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo, de modo a identificar os conhecimentos priorizados, as práticas envolvidas e os valores que guiam a prática pedagógica desses professores. Verificou-se que o conhecimento de aspectos da NdC é essencial para práticas que articulem o currículo com tais aspectos e que os valores e as crenças do professor sobre o ensino impactam em suas escolhas em sala de aula.

Palavra-chave: Ensino de ciências; Ensino médio; Formação continuada do professor; Prática pedagógica; Natureza da ciência.

Abstract: The purpose of this article is to examine the factors that guided the teaching of the Nature of Science (NOS) by two high school science teachers who participated in an online professional development course, in order to infer what might facilitate or hinder the integration of such aspects in the classroom. A case study was conducted based on observations of these teachers' face-to-face classes over a six-week period during the COVID-19 pandemic. The class transcripts were analyzed through the lens of pedagogical content knowledge to identify the prioritized knowledge, practices, and values that guided their pedagogical practice. It was found that knowledge of NOS aspects is essential for pedagogical practices that explicitly and reflectively align the curriculum with these aspects, and that teachers' values and beliefs about teaching influence their instructional choices.

Keywords: Science teaching; Secondary education; Continuing teacher training; Teaching practice; Nature of science.

Recebido: 19/02/2024
Aprovado: 25/07/2024



Introdução

A Ciência e a Tecnologia possuem papéis importantes em diversos aspectos da vida moderna, seja na tomada de decisões dos cidadãos, nas implicações que seus produtos causam na sociedade, ou nas ideias influenciadas por sua filosofia. No entanto, mesmo conscientes da sua importância, poucas pessoas compreendem o modo como ela é desenvolvida. Essa pouca compreensão da Natureza da Ciência (NdC) pode induzir a uma visão engessada das Ciências da Natureza (CN), com concepções sobre sua construção que se afastam do que seria considerada uma visão aceitável do empreendimento científico (Gil-Pérez *et al.*, 2001).

Compreendemos a NdC como um metaconhecimento formado por reflexões interdisciplinares feitas a partir da filosofia, da história e da sociologia da ciência, por especialistas dessas disciplinas e por cientistas (Acevedo-Díaz *et al.*, 2007). Ela abarca os conhecimentos sobre os métodos de validação do conhecimento científico, os valores envolvidos nas atividades da ciência, as relações com a tecnologia, as considerações sobre a comunidade científica, as relações da sociedade, dentre outros fatores, internos e externos à comunidade científica, que fazem parte da sua construção. Tal complexidade e dinamicidade podem ser um obstáculo para que ela se torne um conteúdo curricular na educação científica (Acevedo-Díaz *et al.*, 2007), uma vez que há duas correntes que contribuem de forma antagônica para a delimitação do que deve ser abordado em sala de aula na literatura: uma de consenso em relação aos aspectos da NdC a serem compreendidos pelos estudantes, possibilitando sua inclusão no currículo de ciências de forma mais clara e objetiva; e outra de dissenso em relação à NdC, em que se argumenta não ser possível chegar a acordos básicos sobre suas características, dificultando sua inserção no currículo.

Lederman *et al.* (2002) e McComas, Clough e Almazroa (2002) apresentam uma síntese de ideias largamente aceitas em relação à NdC que se aproximam de uma visão considerada mais adequada do fazer científico nos tempos atuais, e que passaram a ser conhecidas na pesquisa como visão consensual ou *consensus view*. Tal consenso se alinha à ideia de que percepções que favorecem uma imagem estereotipada da Ciência – ligada à visão positivista – devem ser evitadas na Educação em Ciências (Gil-Pérez *et al.*, 2001), por contribuírem para a construção de uma imagem ingênua. Entretanto, as visões consensuais vêm sendo criticadas na literatura por apresentarem certo reducionismo sobre as características da NdC no ensino (Allchin, 2011; Dagher; Erduran, 2016; Irzik; Nola, 2014; Martins, 2015; Matthews, 2012). De maneira geral, defende-se que não se pode generalizar esses aspectos devido às particularidades de cada área ou disciplina científica. Portanto, seria necessário compreender a NdC com características similares que justificam o que chamamos de 'científico' e não como uma listagem de "[...] condições necessárias e suficientes para que uma prática seja científica" (Matthews, 2012, p. 4, tradução nossa).

As preocupações dos autores com relação às listas consensuais são relevantes para refletirmos as formas como as características da NdC podem ser inseridas em sala de aula: como itens a serem decorados e assimilados pelos estudantes, em que tudo o que está na lista deva ser contemplado; ou como possibilidades de discussão em momentos apropriados dependendo dos objetivos do professor, das estratégias utilizadas ou dos temas abordados. Se vislumbrarmos os consensos como algo que vai além de uma lista que

deve ser seguida ou que reflita exatamente a forma como a Ciência vem sendo construída, podemos compreender que ela ainda tem muito a oferecer para o professor que, muitas vezes, não tem conhecimento sobre a área. Acreditamos que a vantagem de se considerar que há um consenso mínimo a ter em conta ao abordar a NdC no contexto escolar voltado às CN é que há um caminho mais claro aos professores sobre: o que é importante considerar no planejamento das situações de aprendizagem, quais cuidados são necessários ao definir os recursos e estratégias a serem utilizados, como guiar as discussões em sala de aula de forma a propiciar uma visão mais ampla e contextualizada da Ciência etc.

Desse modo, é necessário que o professor, como sujeito que define a intencionalidade na intervenção pedagógica, busque ir além da abordagem do conteúdo, possibilitando que o estudante tenha contato com conhecimentos sobre a NdC, de modo a ter acesso a informações contextualizadas e abrangentes sobre a construção do conhecimento científico e sua relação com a tecnologia e com a sociedade, para participar de debates sociais, em que o grupo científico corresponde a uma das vozes da sociedade, tomando decisões conscientes na resolução de problemas e em suas escolhas (Galvão; Reis; Freire, 2011; Moura, 2014).

Buscando contribuir para a formação continuada de professores da área de CN, promovemos um curso para fornecer suporte teórico e prático aos participantes, propiciando uma formação que favorecesse uma ampla visão sobre a NdC e sobre as formas de implementá-la em sala de aula. Neste artigo, observamos a prática pedagógica de dois professores do Ensino Médio (EM) da área de CN, participantes do curso, a fim de verificarmos os fatores que orientam o ensino de aspectos da NdC e que contribuem ou dificultam a discussão de tais aspectos em sala de aula.

Ressaltamos que o objetivo da investigação não é verificar as concepções dos professores sobre a NdC – embora elas perpassem sua prática pedagógica, sendo possível identificá-las – mas apontar os conhecimentos, os valores e as práticas que constituem seu conhecimento para ensinar sobre a NdC, e que dificultam sua inserção em sala de aula.

Fundamentação teórica

Compreender o processo de mediação, como a intervenção entre os sujeitos em uma relação, é compreender que o professor assume uma postura de realizar escolhas teórico-pedagógicas que contribuam para o processo de aprendizagem dos estudantes. Para tal, é fundamental que o professor entenda o que deve ser aprendido e como deve ser ensinado (Shulman, 1987) de modo que atinja as particularidades de seus estudantes, transformando o conhecimento em conteúdo de ensino.

Quando pensamos na sala de aula, temos a necessidade de realizar a sistematização do conhecimento e de fazer escolhas curriculares e pedagógicas. Algumas dessas escolhas ficam a cargo do professor e de sua experiência; outras, ficam a cargo das escolas e dos órgãos do governo que regem a educação, como a própria Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Tais escolhas são necessárias quando pensamos que é impossível abordar todo o conhecimento já produzido em séculos de história ao longo de poucos anos escolares. Porém, essas adaptações fazem com que certos conhecimentos sejam privilegiados, ao passo que outros são esquecidos: por anos os conhecimentos científico e tecnológico foram privilegiados nas escolhas curriculares e na atuação do professor em sala de aula, enquanto o contexto de produção da ciência, a NdC, foi perdido. Isso pode acontecer pois a transformação pela qual o conhecimento passa até chegar ao estudante ocorre por

meio de escolhas dos diferentes atores que participam desse processo. Podemos citar: cientistas, educadores, políticos, autores de livros, pais, universidades, exames externos etc. Considerando que o professor tem como base as diretrizes curriculares para nortear suas aulas, temos que parte desse processo é automaticamente imposto a ele.

Apesar das demais esferas serem tão importantes na prática pedagógica, vamos ater nossas reflexões sobre o papel do professor no processo de didatização de aspectos da NdC em sala de aula. Pautado pelo currículo (atualmente pela BNCC), o professor transforma o conhecimento a ser ensinado por meio da sua compreensão do conteúdo, das habilidades didáticas e dos valores e crenças que possui como ser humano, em ações e representações pedagógicas (Shulman, 1987).

Proposto por Shulman (1987), o conceito de Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK, do inglês Pedagogical Content Knowledge) explicita a relação intrínseca entre o conteúdo a ser ensinado e a pedagogia, de domínio exclusivo do professor. Desde que introduziu pela primeira vez a noção de PCK como um componente fundamental da base de conhecimento para o ensino, o modelo de Shulman (1987) foi estudado e estendido por outros estudiosos (Gess-Newsome, 1999; Grossman, 1990; Magnusson; Krajcik; Borko, 1999), que também relacionaram o PCK com os conceitos associados à NdC (Hanuscin; Lee; Akerson, 2011; Silva; Martins, 2019). Grossman (1990) destaca que o PCK é a transformação que ocorre do conhecimento do assunto (SMK), do conhecimento pedagógico (PK) e da compreensão de situações específicas por meio do conhecimento do contexto (CK). Ademais, Gess-Newsome (1999, p. 58, tradução nossa) indica o conhecimento como parte das orientações de cada professor, pois é “[...] uma combinação complexa de conhecimento de conteúdo, crenças e valores que tem o potencial de impactar o que e como os alunos aprendem este conteúdo”, não podendo ser generalizado. Portanto, as orientações para o Ensino de Ciências também estão incluídas no PCK do professor e irão contribuir para as suas escolhas. Essas orientações correspondem ao conhecimento do professor sobre determinado assunto e seus valores e crenças sobre os propósitos e os fins da educação, que guiam suas decisões instrucionais em sala de aula (Gess-Newsome, 1999; Hanuscin; Lee; Akerson, 2011; Magnusson; Krajcik; Borko, 1999).

Partindo da compreensão de que a NdC deve ser um conhecimento a ser ensinado em sala de aula, é importante que ela faça parte do SMK do professor, para o qual ele irá desenvolver o PCK (Hanuscin; Lee; Akerson, 2011), relacionando as demais bases de conhecimento para a efetiva instrução. Schwartz e Lederman (2002) defendem que para ensinar sobre a NdC é preciso que os professores tenham intencionalidade e acreditem que podem ensinar tais aspectos e que seus alunos podem e precisam aprendê-los. Portanto, o PCK sobre a NdC não se diferencia daquele necessário para ensinar qualquer outro conteúdo: o professor precisa ter conhecimento sobre a NdC para ensinar e sobre como ensiná-la, considerando que seus valores e crenças para o ensino devem estar alinhados com os objetivos/importância de aprendê-la.

Metodologia

Este artigo apresenta a análise de parte dos resultados obtidos em uma pesquisa empírica mais ampla, que constitui a tese de doutorado da primeira autora, em que foi realizada uma intervenção em um curso de formação continuada de professores, ocorrido online devido à pandemia da COVID-19, em parceria com a Diretoria de Ensino da Região de Guaratinguetá (Vale do Paraíba, São Paulo), que teve como objetivo auxiliar professores

da área de CN do EM a abordarem a NdC em sala de aula. Dentro desse contexto mais amplo, utilizamos diferentes instrumentos de coleta de dados, a saber: as transcrições das gravações dos encontros síncronos de formação continuada; as atividades realizadas pelos professores durante o curso; as transcrições das gravações das aulas dos professores que acompanhamos durante o curso; bem como o diário de campo que elaboramos ao acompanharmos tais aulas.

Na pesquisa do tipo intervenção, busca-se o planejamento e a implementação de ações com a intenção de produzir mudanças no processo de aprendizagem dos sujeitos participantes, bem como a posterior avaliação dos efeitos de tais ações (Damiani *et al.*, 2013). Neste artigo, apresentamos a análise e a discussão de parte dos dados coletados das transcrições das gravações das aulas de dois (dos sete) professores participantes, Carlos e Bertha, durante o período em que o curso aconteceu. Assim, caracterizamos esta pesquisa como um estudo de caso, uma vez que foca no “[...] estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento [...]” (Gil, 2017, p. 58).

No momento da observação realizada, o professor Carlos possuía 49 anos de idade, lecionando há 20 anos e ministrando a disciplina de Química, sendo formado em Engenharia Industrial Química e licenciado em Química. A professora Bertha, licenciada e bacharela em Ciências, com habilitação em Biologia, possuía 42 anos, lecionando há 22 anos e ministrando a disciplina de Biologia. Ambos atuavam na mesma Escola de Tempo Integral na cidade de Aparecida, São Paulo.

Ressaltamos que o acompanhamento das aulas foi realizado, em 2021, no contexto da pandemia da COVID-19, de modo que, nesse período, as aulas presenciais estavam sendo retomadas e os alunos optavam ou não por ir à escola. Nessa escola o retorno às aulas presenciais se deu do seguinte modo: aqueles que escolhiam participar presencialmente das aulas cadastravam o nome na secretaria e, dependendo da quantidade de interessados, era feito um rodízio em que uma semana ia parte da turma e na outra os demais. Aqueles que não estavam presentes, ou que optaram por não retornar ao presencial, tinham a possibilidade de acompanhar as aulas por meio de vídeo chamada no *Google Meet* – todas as salas foram equipadas com computador e Webcam para a transmissão da aula – e recebiam materiais e atividades por meio do *Google Classroom*, além de terem acesso ao conteúdo do centro de mídias.

As aulas observadas foram áudio gravadas, mediante autorização dos professores, por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, e as observações realizadas durante a prática pedagógica foram registradas nos diários de campo, uma vez que as gravações não captam as impressões que surgem no momento da interação.

O acompanhamento das aulas desses professores aconteceu presencialmente entre os dias 20 de setembro e 23 de outubro de 2021, às segundas-feiras, totalizando cinco dias, de modo que foram observadas quatro aulas do professor Carlos, em uma turma de 1º ano, e oito aulas da professora Bertha, conforme descrito nos **quadros 1 e 2**, respectivamente.

Quadro 1 – Descrição das aulas do professor Carlos que foram observadas

Data	Código	Tema	Descrição
20/09/2021	AC1	Tabela Periódica	Aula expositiva sobre a contextualização histórica acerca da tabela periódica e as mudanças na sua organização através do tempo.
27/09/2021	AC2	Tabela Periódica	Aula expositiva com apresentação de música para decorar a ordem das famílias e frases para guardar a ordem dos elementos químicos nas famílias. Vídeo "festa dos elementos químicos" para discutir rapidamente as propriedades dos elementos.
04/10/2021	AC3	Distribuição eletrônica	Lista com exercícios de múltipla escolha de vestibular sobre o conteúdo. Resolução comentada dos exercícios.
18/10/2021	AC4	Ligação Química	Aula expositiva sobre ligação química com foco em ligação iônica e definição sobre a regra do octeto.
25/10/2021	Professor tirou licença, foi substituído pela professora Bertha.		

Fonte: elaborado pelas autoras.

Quadro 2 – Descrição das aulas do professor Bertha que foram observadas

Data	Turma	Código	Tema	Descrição
20/09/2021	3º ano	AB1	Teoria da Evolução	Discussão do texto lido na aula anterior (prefácio intitulado 'Notícia Histórica', do livro <i>A Origem da Espécies</i> , de Charles Darwin), tendo sido requisitado como tarefa a construção de um mapa mental.
	2º ano	Não houve aula: tempo de estudo para a prova de gramática e literatura (PGL).		
27/09/2021	Não houve aula: aplicação da PGL.			
04/10/2021	3º ano	AB2	1ª lei de Mendel	Semana de estudos intensivos ¹ : revisão expositiva dialogada de conteúdo do 2º ano sobre a 1ª lei de Mendel, com a disponibilização de lista de exercícios.
	2º ano	AB3	Mitose e Meiose	Foi planejada a construção de modelos da mitose e da meiose, por meio do uso de biscuit. Houve um problema durante a aula de educação física e o professor pediu um tempo para que os alunos terminassem uma atividade. Como estavam na sala de informática, conforme os alunos terminavam, a professora pedia que pesquisassem sobre o conteúdo para que fizessem o modelo na próxima aula.
18/10/2021	3º ano	AB4	Teoria da Evolução	Estudo e discussão do jogo <i>Da Célula à Singularidade</i> (por meio de app no Android), que foi solicitado como tarefa para os estudantes jogarem.
	2º ano	AB5	Biotecnologia	Relembra o que estava sendo visto até o momento. Discussão inicial sobre o que é Biotecnologia.
25/10/2021	1º ano	AB6	Origem da vida	Relembra o que estava sendo estudado. Propõe a realização do exercício 1.1 disponível no caderno do aluno (<i>Currículo em Ação</i> , 1ª série EM, v. 3, p. 175), e discute as respostas.
	3º ano	AB7	Isolamento geográfico e deriva genética	Realiza a discussão da imagem do caderno do aluno (<i>Aprender sempre</i> , 3ª série EM, v. 2, p. 10), que exemplifica uma situação fictícia sobre isolamento geográfico. Interpreta e propõe a realização do exercício 3 da p. 11 do caderno do aluno.

Fonte: elaborado pelas autoras.

¹Devido à pandemia, os professores escolheram conteúdos e/ou habilidades do ano anterior que julgaram importantes de serem retomados com os estudantes durante aquela semana.

A análise dos dados é de cunho qualitativo que, segundo Günther (2006), é baseada na compreensão ou interpretação dos fenômenos estudados pelo pesquisador em sua complexidade. Considerando que a prática pedagógica recebe influência das orientações para o ensino disciplinar que cada professor possui e que tais orientações são guiadas pelos conhecimentos e valores que determinam sua prática em sala de aula (Gess-Newsome, 1999; Magnusson; Krajcik; Borko, 1999), analisamos a transcrição das aulas do professor Carlos e da professora Bertha com base na reflexão dos conhecimentos, dos valores e das práticas que compõem seu PCK sobre a NdC.

A metodologia de análise adotada foi a Análise de Conteúdo (Bardin, 2008). Realizamos uma leitura flutuante da transcrição das aulas observadas, buscando localizar unidades de análise (palavras-chave ou frases), que foram classificadas nas seguintes categorias, estabelecidas a priori: (a) *conhecimentos priorizados*, (b) *práticas envolvidas nas aulas*, e (c) *valores que guiam a prática pedagógica*. Essas categorias foram definidas com base nas orientações para o ensino, descritas anteriormente. A partir da leitura das transcrições das aulas, agrupamos excertos que apresentavam relação com tais categorias, priorizando o detalhamento dos momentos em que os aspectos da NdC foram abordados, no sentido de verificar o modo como os professores realizaram a discussão em sala de aula.

Resultados e discussão

Apresentamos a seguir a análise das aulas dos professores Carlos e Bertha, de modo a identificarmos os fatores que orientam as respectivas práticas pedagógicas, por meio dos conhecimentos, dos valores e das práticas envolvidas nas aulas que acompanhamos.

Professor Carlos

Quanto à categoria *conhecimentos priorizados*, destacamos nas aulas do professor Carlos o enfoque dado aos conceitos científicos. Já na categoria *práticas envolvidas nas aulas*, ele leva em consideração o uso de definições, exemplos, esquemas e artifícios para que os alunos memorizem tais conceitos, como exemplificado nos seguintes excertos.

Carlos: *A gente vai aprender a usar a tabela mesmo sem ter tabela, olha que maluco. Sabe por que? Porque nós vamos guardar uns macetinhos, uns esqueminhas, que vocês vão guardar principalmente esses elementos aqui ó, que são os mais usados, tá.* (AC1)

Carlos: *Lógico que isso é apenas para ajudar. Meu filho, por exemplo, dei aula pra ele ano passado, ele não gostava, assim, não é só ele, ele preferia guardar decorando mesmo, cada um tem sua maneira. Mas, se cantar musiquinha ajuda um pouco.* (AC2)

Esses excertos demonstram que as estratégias para o ensino se limitam a apresentar o conteúdo de modo que os alunos aprendam mecanicamente as informações dispostas. Os conhecimentos científicos são parte do que o professor precisa desenvolver com os estudantes, porém o Currículo atual preza pelo desenvolvimento de competências e habilidades que vão além do ensino de conceitos. Isso demonstra que o conhecimento do currículo atual não faz parte e/ou tem baixa influência sobre o processo de escolha dos conhecimentos que são priorizados em sua prática pedagógica, uma vez que o professor não utiliza materiais curriculares que contradigam seus valores quanto ao que e como um conteúdo deve ser ensinado (Gess-Newsome, 1999).

Pela fala do professor, em momentos da aula e em conversas informais fora da sala de aula, foi possível verificar que ele usa a experimentação como estratégia para trabalhar os conceitos com os estudantes. Outras estratégias, como o uso de vídeos e de simuladores, em outras aulas, também foram identificadas, como exemplificam os excertos que seguem.

Carlos: *Pessoal, então... aula passada a gente... sexta-feira eu passei pra vocês um pouquinho da matéria, vocês fizeram a prática experimental do teste da chama.* (AC2)

Carlos: [...] *Vocês lembram uma vez que eu pus assim o simulador que o núcleo do átomo começava a tremer, assim, a balançar, balançar, eu igualava os elétrons e ele parava?* (AC4)

A primeira aula que acompanhamos foi a única em que o professor apresentou a contextualização histórica relacionada à Tabela Periódica, de modo que os alunos puderam ter certo contato com as características da NdC. No entanto, sua fala no início da aula indica que essa estratégia foi planejada para acontecer com a nossa presença em sala.

Carlos: *Hoje vai ser química, porque eu tava [sic] esperando a Natália vir pra cá pra gente começar um assunto novo. Lembra que eu tava falando pra vocês... vamos encerrar... na aula passada foi robótica e eu queria começar um assunto novo com ela aqui, porque, como ela vai ficar um mês com a gente então ela vai acompanhar.* (AC1)

A ideia da observação das aulas era acompanhar a rotina dos professores e perceber como eles realizariam sua prática pedagógica, e se o curso de formação impactou, de alguma forma, na sua atuação em sala de aula. Não foi sugerido que os professores criassem práticas que trabalhassem aspectos da NdC enquanto estivéssemos realizando a observação, embora tenha ficado evidente que o professor quis demonstrar que estava colocando em prática o que viu no curso.

No caso dessa aula, é notável que ele buscou realizar a contextualização histórica no momento em que estávamos em sala, porém, o enfoque não foi para a discussão explícita de aspectos da NdC, mas para a apresentação de informações sucessivas de como os cientistas organizaram os elementos químicos de acordo com a semelhança de suas propriedades. Os excertos seguintes ilustram o modo como as informações foram levadas aos estudantes.

Carlos: *Aí veio Newlands. Newlands pensou o seguinte: se a gente é... escrever os... colocar os átomos em ordem, vai chegar uma hora que essas propriedades vão ficar parecidas. Então ele fez assim, de sete em sete, as propriedades se repetiam. Como as propriedades se repetem de sete em sete, ou seja, na oitava, o átomo volta a ter a mesma propriedade do primeiro, então ele compara com as notas musicais. [...] Realmente, começou a bater... só que começou a bater até certo tempo. Começou a aumentar o número de elementos químicos e começou a falhar, tá. Das três, essa aqui foi a menos aceita, foi até ridicularizada por alguns cientistas, tá, Newlands.* (AC1)

Carlos: *Bem, aí chegou aqui, Mendeleev. Mendeleev, ele tinha mania de colocar as propriedades dos elementos químicos, as características deles, em cartões. Então, um dia resolve o quê, pôs na mesa e começou a arrumar os cartões, como se fosse carta de supertrunfo. [...] Ele separou, a primeira vez que separaram, na primeira tabela periódica, eles colocaram em ordem crescente de massa atômica.* [...] (AC1)

Nesses excertos, destacamos colocações que insinuam que o conhecimento foi sendo construído ao acaso. Os cientistas escolhem algumas características – mas com base em que? Que características são essas? Newlands pensou em colocar os átomos em ordem e de sete em sete as propriedades se repetiam – a ordenação veio antes da

'coincidência' das propriedades? Qual foi o princípio dessa organização? Mendeleev resolveu colocar as propriedades em cartas e organizá-las – Isso aconteceu de um dia para o outro ou levou tempo? A exposição considera o conhecimento de partes dos acontecimentos suficientes para a compreensão do todo, simplificando, reduzindo e até mesmo esquecendo processos de unificação fundamentais para a compreensão dos modos de produção do conhecimento científico, característica compatível com a percepção exclusivamente analítica e reducionista da Ciência (Gil-Pérez *et al.*, 2001). Além disso, foi colocado pelo professor que as ideias dos cientistas não foram aceitas porque falharam, mas não foi explicado que tipo de falha foi essa, por quanto tempo aquela ideia perdurou na comunidade científica, ou o quanto ela contribuiu (ou não) para o desenvolvimento científico e tecnológico.

É necessário levar em consideração que em pouco tempo de aula não é possível trazer todo o contexto histórico por trás da construção da Tabela Periódica, porém, é importante o cuidado para que não se passe a ideia de uma ciência que vem evoluindo e acumulando conceitos de modo linear, tendência apontada por Gil-Pérez *et al.* (2001) como fomentadora de uma percepção deformada da ciência. Esse olhar anacrônico para a história faz com que as ideias sejam passadas de modo que se evidenciam a evolução das teorias e dos conceitos considerados corretos, criando-se, ainda, “[...] uma interminável linhagem de ‘precursores’ ou ‘pais’ da ciência” (Alfonso-Goldfarb; Ferraz; Beltran, 2004, p. 50-51).

Carlos: *Então, o primeiro que pensou nisso foi o Döbereiner, aqui ó... (AC1)*

Carlos: *Bem, Mendeleiev, ele foi considerado o pai da tabela periódica, por que a ideia dele foi mais aceita no mundo científico, tá. [...] (AC1)*

O modo como as informações foram apresentadas pelo professor são compatíveis com a percepção de ciência acumulativa, de crescimento linear, analítica e reducionista, apontadas como deformadas por Gil-Pérez *et al.* (2001). Além disso, o modo como foi conduzida a exposição durante a aula é compatível com a abordagem implícita da NdC, em que não é realizada uma discussão intencional que permite o debate sobre os modos de produção do conhecimento (Vázquez-Alonso *et al.*, 2014). García-Carmona, Vázquez e Manassero (2012) sugerem que a compreensão da NdC pode ser aprimorada introduzindo sua discussão de modo explícito, oportunizando momentos de reflexão entre os estudantes, mediados intencionalmente pelo professor, permitindo o debate de ideias sobre a NdC.

Observamos, em momentos de aula e de conversa com o professor, que ele preza pela preparação dos alunos para as avaliações externas, como o ENEM e o vestibular, conforme destacado nos excertos que seguem.

Carlos: *[...] então, eu falei, não é pra guardar a tabela, mas nós vamos aprender a guardar isso aqui, porque vocês vão ver... assim, sem ter a tabela vocês vão conseguir montar uma tabela pra resolver o exercício. Pô, se tiver a tabela, beleza. Como eu falei, têm vestibulares que põe a tabela e tem vestibular que põe a tabela incompleta, por isso que é importante saber essas coisas, tá. (AC1)*

Carlos: *Enquanto o vestibular é conteudista, ele cobra decoreba, a gente tem que usar, certo. Há uma mudança, mas uma mudança, eu só quero ver depois quando no vestibular e no ENEM tiver ó, realmente agora a gente vai parar de decorar. Eu falo isso porque, eles falam assim, ah não pode ficar decorando, mas todo processo seletivo é decoreba. E eu quero que vocês passem naquilo que vocês queiram. Eu quero mesmo. Então a gente vai trabalhar assim enquanto eles tiverem cobrando, ainda. (AC2)*

O excerto apresenta a mesma justificativa das avaliações externas para explicar porque ele segue a linha conteudista e o motivo pelo qual não tem trabalhado aspectos da NdC com os estudantes, o que está relacionado com a categoria *valores que guiam a prática pedagógica*. Mesmo considerando interessante outras abordagens, ele usa como guia de suas aulas os vestibulares. Rodriguez (1993) aponta que professores experientes e que apresentam orientações para o ensino já consolidadas recorrem à justificativa das avaliações externas para manter sua crença original sobre os conteúdos e as estratégias a serem utilizados, quando confrontados com uma orientação diferente da sua.

Além disso, o professor aponta a carga horária como fator que impacta no modo como aborda os conceitos em sala de aula, uma vez que considera que possui pouco tempo com os estudantes. Essa questão do tempo aparece como justificativa das escolhas pedagógicas do professor em outras aulas, como exemplificado na fala que segue.

Carlos: Como eu falei, a nossa aula é curta, o tempo é curto, então, eu quero que vocês saibam desenvolver exercício, por que o foco nosso é ENEM, tá. (AC1)

Carlos: A gente vai estudar três tipos de ligações. Como esse ano é um ano pandêmico, eu vou trabalhar no resumo de novo. Porque eu preciso pôr vocês no caminho certo pra gente tocar os demais anos. Daí depois a gente vai voltando, retomando algumas coisas. A primeira ligação que a gente vai conhecer é a ligação iônica. A ligação iônica acontece assim ó, copia aqui que já vou explicar pra vocês. (AC4)

Gess-Newsome (1999) aponta a falta de tempo como um dos motivos que impede que um professor adote materiais e estratégias diferenciados, somando a ele o conhecimento do conteúdo, suas orientações e as determinações curriculares. Desse modo, professores experientes adotam (mesmo que de modo inconsciente) estratégias que “funcionaram bem para eles no passado” (Gess-Newsome, 1999, p. 81, tradução nossa) e que se mostraram pedagogicamente eficientes e de fácil aplicação.

Magnusson, Krajcik e Borko (1999) ressaltam que os conhecimentos e valores orientam a prática pedagógica de um professor, de modo que ter conhecimento sobre a NdC, sobre estratégias para abordá-la, sobre sua relação com o Currículo e sobre a importância de discuti-la podem não ser suficientes para desenvolvê-la. É necessário que o professor se incomode com seus valores iniciais (Smith; Neale, 1989), reconhecendo a inserção de aspectos da NdC em suas aulas como algo que pode contribuir para a formação do estudante.

Professora Bertha

Quanto à categoria *conhecimentos priorizados*, a professora Bertha tem como base o ensino do conteúdo previsto no Currículo Paulista, usando como caminho para o desenvolvimento das aulas o material didático enviado pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo para os estudantes. Além do conteúdo científico, ela também aborda aspectos da NdC, a discussão de temas atuais que estão na mídia e sobre as *fake news*.

Quanto aos aspectos da NdC, observamos que a professora usou tanto a abordagem explícita quanto a abordagem implícita ao realizar discussões em sala de aula. Foi possível observar que as aulas 1 e 6 foram planejadas para abordar aspectos da NdC junto aos estudantes, sendo usada a abordagem explícita. As demais aulas tinham como foco o ensino de conceitos ou a discussão de notícias em que apareceram falas da professora

que transmitem informações sobre a NdC de modo implícito, como na semana de estudos intensivos. Nessa semana, a professora fez a revisão da lei de Mendel. Segundo ela:

Bertha: A gente vai parar tudo que a gente tava fazendo e nós vamos voltar na semana de estudos intensivos. Um conteúdo que sempre cai no vestibular e, por conta da pandemia, eu acho que não foi muito legal, foi a Lei de Mendel. Essas atividades [folha entregue no início da aula] são sobre a lei de Mendel, certo. Eu trouxe 50 exercícios para vocês fazerem. Vocês podem fazer com o coleguinha, mas primeiro a gente vai lembrar: o que seria a Lei de Mendel? (AB2)

A escolha desse conteúdo se deu por causa do vestibular, o que indica um valor que influencia tais escolhas. De modo geral, a aula tinha o objetivo de revisar o conteúdo sobre a Lei de Mendel por meio de uma lista de exercícios, porém os estudantes demonstraram não se lembrar dela, uma vez que foi estudado no ano anterior por meio das aulas online – eles alegaram que não assistiam às aulas, só faziam as atividades, inclusive uma aluna fez o seguinte comentário: “Sora [sic], vou explicar pra você como foi o segundo ano: você vinha na escola pegava o pacote, chegava no WhatsApp tinha todas as respostas lá, a gente só assinalava x, nem lia”. Assim, a professora Bertha precisou rever todo o conceito em poucos minutos e usou algumas justificativas relativas a como Mendel elaborou a lei conhecida como Lei de Mendel, conforme destacado a seguir:

Bertha: Então, Mendel, quando a gente fala de Lei de Mendel, a gente vai lembrar sempre da experiência da ervilha. Quem era Mendel? Mendel era um monge, certo. Mendel não era biólogo, ele era matemático. Mas se ele era monge, ele gostava de cultivar e ele era curioso. Então, ele começou a ver que as características eram passadas de uma geração para outra. Como ele era muito bom de matemática, ele fez a Lei, ele elaborou a Lei que a gente conhece como a Lei de Mendel. (AB2)

O modo como a professora trouxe as informações pode fazer com que os estudantes reforcem o estereótipo de uma Ciência individualista e elitista (Gil-Pérez *et al.*, 2001), em que o conhecimento científico é percebido como obra de gênios que trabalham isolados, não sendo reconhecido o trabalho coletivo ou dos precursores daquele estudo. Apesar disso, ela traz a visão de que a Ciência não é feita apenas por químicos, físicos e biólogos, mas por pessoas de outras áreas que utilizam conceitos matemáticos, como nesse caso, para elaborar leis e teorias. Nas aulas 1 e 6, em que a professora trabalhou de modo explícito os aspectos da NdC, observamos que ela evidencia a coletivização da ciência e a construção social do conhecimento científico, o financiamento das pesquisas, a comunicação e o reconhecimento do conhecimento entre os pares, o papel das hipóteses na construção do conhecimento, a diferença entre conhecimento científico e crenças e mitos.

A aula 1 da professora Bertha foi destinada à discussão do prefácio do livro *A Origem das Espécies*, de Charles Darwin, intitulado *Notícia Histórica*. O texto foi disponibilizado na aula anterior aos estudantes, que deveriam realizar a leitura e uma espécie de resumo na forma de mapa mental. Após recolher a atividade que fora deixada como tarefa, a professora iniciou a discussão relembrando algumas questões que, aparentemente, já havia iniciado na aula anterior, conforme o excerto:

Bertha: [...] quem escreveu esse texto? Foi Charles Darwin [...] então nós vimos que o conhecimento científico sempre vem baseado no que está de trás, que já teve uma descoberta. Lembra quando a gente descobriu a vacina. Por que que a vacina saiu rápido? Porque você já tinha um conhecimento antes. Então, a mesma coisa, por que que eu trouxe esse texto? Era a construção de como ele chegou na teoria dele. Então, para vocês perceberem que ele escreveu uma teoria, que a gente vai ver a partir de hoje, porém ele se baseou em muitas outras teorias e conhecimento científico que já tinha antes [...] (AB1)

A professora indica que houve uma discussão inicial com os estudantes sobre o processo de construção social e coletiva do conhecimento científico, em que os pesquisadores se baseiam em trabalhos, teorias e conhecimentos construídos e publicados por outros pesquisadores para embasarem o seu trabalho. Sua fala ressalta ainda que houve a discussão sobre o tempo levado para a produção da vacina contra a COVID-19 devido a essa dinâmica de produção do conhecimento. Isso evidencia a discussão de aspectos da NdC que se aproximam do que é considerado nas pesquisas como uma visão mais próxima do processo de construção do conhecimento científico (Acevedo-Díaz *et al.*, 2007). Também reflete em sala de aula aspectos relacionados à coletivização da ciência e à construção social do conhecimento científico, que são características consensuais da NdC (Acevedo-Díaz *et al.*, 2007; Lederman *et al.*, 2002; McComas; Clough; Almazroa, 2002), auxiliando na desmitificação da Ciência individualista e elitista, inclusive no que diz respeito aos precursores desta ou daquela teoria, como ilustra o excerto que segue.

Bertha: *Cada um foi construindo um pedacinho, mas o primeiro mais famoso foi o Lamarck. [...] Porque eles acharam que a teoria dele era a que mais tinha sentido. Ele propôs uma teoria que seria bem aceita, mas ele era o único? Ele foi o primeiro? Quem foi o primeiro?* (AB1)

É possível verificar que a professora ressalta que outros pesquisadores realizaram estudos que auxiliaram na construção do conhecimento, porém houve uma teoria que fez mais sentido e foi aceita pela comunidade científica, ressaltando aspectos da construção social do conhecimento científico, como a interação profissional entre cientistas, a comunicação do conhecimento e as questões relacionadas à lógica por trás da aceitação de uma teoria. O seguinte excerto também apresenta tais aspectos, somando a eles questões relacionadas à credibilidade do pesquisador e ao financiamento da pesquisa.

Bertha: *E aí vem a teoria de Darwin. De Darwin e Wallace. Lembra que eu falei que Darwin e Wallace são duas pessoas diferentes? O Darwin fala no texto: eu e Wallace; mas demorou muito tempo pra todo mundo aceitar. O que acontecia, Darwin tinha dinheiro, então Darwin poderia viajar pelo mundo a fora no seu navio, Beagle, certo. O navio dele chamava Beagle. Ele pode viajar para o mundo estudando as características diferentes dos seres vivos. Wallace não tinha tanto dinheiro assim, ele dependia da FAPESP e da Capes, coitado. Wallace dependia de financiamento para a pesquisa dele. Então, ele estudou em uma ilha menor e em proporções menores, mas os dois chegaram à mesma conclusão, tanto que Darwin, ele fala no livro deles, eu/Wallace, várias vezes... ele fala umas duas ou três vezes no final do texto.* (AB1)

Latour e Woolgar (1997) relacionam credibilidade e financiamento como partes essenciais do trabalho científico, resumindo essa relação no que denominaram como ciclo de credibilidade do cientista, por meio do qual os pesquisadores conseguem mais investimentos para seus trabalhos, uma vez que quanto mais credibilidade, maior o reinvestimento na sua pesquisa, o que gera mais credibilidade ao trabalho. De certa forma, a professora aborda essa relação, mas não consegue aprofundar a discussão com os estudantes.

A aula 6 de Bertha aconteceu no 1º ano quando ela substituiu o professor Carlos que estava de licença. Nessa aula, a professora finalizou a discussão do assunto iniciado na aula anterior e realizou a situação de aprendizagem 3, intitulada *Vida, Terra e Cosmos: a construção do conhecimento*, prevista no Caderno do Aluno do material curricular do Estado de São Paulo. O foco da aula foi a realização, pelos alunos, do exercício 1.1 da página 175 do *Currículo em Ação* (São Paulo, 2021). Essa atividade buscava levantar hipóteses sobre

a origem do universo, bem como discutir a diferença entre conceito científico, crenças e mitos. O tempo dessa aula foi destinado para a resolução do exercício pelos alunos, mas a professora não teve tempo de verificar as respostas e discuti-las. Ainda assim, foi possível perceber, durante a explicação dos exercícios, que a professora já havia trabalhado aspectos da investigação científica com os estudantes, como o levantamento de hipóteses.

Bertha: *Agora, página 175. O que que a gente aí fazer? O exercício... Página 175, exercício 1.1. O que que a gente tá pensando? Como se originou a vida em nosso planeta e de onde viemos... você já se questionou sobre? Agora é mais um momento para você se questionar. Elabore uma hipótese, lembrando lá no começo do ano, lembra da caneta que a gente fez dos astronautas, que a gente fez uma hipótese... Vocês lembram disso? [comentários dos alunos] É... eles fizeram uma caneta própria... lembra que antes da gente chegar na resposta a gente fez um monte de hipóteses? [...] Então, ninguém chegou no bendito do lápis, nós elaboramos milhares de outras canetas... Então a gente fez o que? A gente elaborou um monte de hipóteses, um monte de coisas que a gente inventou. Porque era uma hipótese, depois a gente foi testar quais eram as hipóteses que dariam certo, certo? (AB6)*

A atividade da *caneta do astronauta*, comentada na fala da professora, é a mesma que ela compartilhou conosco nas reflexões do curso de formação. A fala da professora vem no sentido de relembrar a atividade que eles já haviam feito de elaboração de hipóteses para a *caneta do astronauta*, mas ela não discute novamente o que seria uma hipótese, resumindo-a a coisas inventadas, que depois foram testadas. Não é possível saber como foi feita a reflexão durante a atividade da *caneta do astronauta*, porém essa fala pode induzir os estudantes à percepção de que 'qualquer coisa' é válida como uma hipótese, simplificando ou reduzindo estudos que contribuem para a elaboração de hipóteses.

A fala da professora também indica que já havia discutido com os estudantes as hipóteses da origem do universo, inclusive por meio do jogo *Da célula à Singularidade* (usado também com os estudantes do 3º ano):

Bertha: *Aí agora, vocês vão pensar numa hipótese sobre a origem do universo [...] que hipótese(s) pode(m) ser levantadas? Discuta(m) e anote(m). A gente já discutiu várias hipóteses da origem do universo, lembra? [comentário dos alunos] Vamo [sic] lá... aí depois, isso na letra a, quais as hipóteses que vocês conhecem sobre a origem do universo, certo? Então vocês vão colocar todas que vocês conhecem. [aluno pergunta se pode usar o jogo] Sim, pode usar o jogo. (AB6)*

As demais questões também foram lidas pela professora que enfatizou o pouco tempo que havia para o final da aula, não entrando em mais detalhes sobre o que seria uma teoria científica e um fato científico, sendo uma das dúvidas dos estudantes posteriormente. Como não foi possível acompanhar a continuidade dessa aula, não houve como verificar se a professora Bertha realizou a discussão das respostas dos alunos.

Segundo Abell (2007), o conhecimento do assunto a ser ensinado, somado à experiência prática do professor, gera confiança na abordagem do conhecimento, o que foi possível verificar nas aulas da professora Bertha, que demonstrou ter conhecimento sobre a NdC, contribuindo para as discussões explícitas junto aos alunos. Seu conhecimento do currículo orienta também o uso de variados materiais e estratégias didáticas, guiando-se pelo uso do Caderno do Aluno e trazendo elementos que conversam com o tema por meio de materiais complementares. Assim, inferimos que o conhecimento do Currículo molda o conhecimento das estratégias e dos materiais da professora.

Nessa perspectiva, a categoria *práticas envolvidas nas aulas* é evidenciada de forma variada: leitura de texto, uso de jogos, leitura de notícias e uso de biscuit para a criação de modelos, demonstrando que a professora tem conhecimento de estratégias variadas. Entretanto, nem sempre o que havia sido planejado pôde ser executado, sendo

necessário que ela usasse sua experiência prática para gerenciar situações inesperadas. Como exemplo, citamos o dia em que realizaria a atividade de modelização com o biscuit e os estudantes não estavam na sala, então foi procurá-los e eles estavam na sala de informática realizando prova de educação física.

Bertha: Eu trouxe massinha de biscuit, e aí vocês vão dividir em três grupos e vão criar modelinhos na massinha de biscuit. Só que, tipo assim, com esse negócio da prova, eu não estava contando com a prova. A gente ia conversar sobre a mitose e a meiose, aí eu ia trazer a massinha pra gente começar, mas com essa história da prova eu acho que não vai dar tempo. Então, agora, aproveita que vocês estão aqui na internet, na sala de informática, e aí vão estudando um pouquinho sobre mitose e meiose, aí vocês vão se dividir em três grupos, aí na próxima aula eu trago a massinha pra vocês. Aí a gente continua na próxima aula, aí eu vou trazer a massinha e vocês vão fazer o modelinho na massinha de biscuit, tá lá na geladeira [...] vocês podem ir estudando, vendo vídeos e elaborando mais ou menos. (AB3)

Enquanto os estudantes finalizavam a prova e realizavam a pesquisa, a professora comentou que faria um quadro comparativo na lousa sobre mitose e meiose. Os alunos se dividiriam em três grupos e ela sortearia o modelo que cada um iria construir e, após o tempo necessário para secar a massa, eles os usariam como modelo para o laboratório de Ciências que estava em construção.

Por fim, no que se refere à categoria *valores que guiam a prática pedagógica*, verificamos que a professora Bertha segue o que o manual escolar apresenta, principalmente no que diz respeito à cronologia de abordagem dos conceitos e às atividades propostas. Segundo Gess-Newsome (1999), essa é uma característica de professor de início de carreira, que adota orientações provenientes dos guias curriculares. Porém, quando observamos a formação e a atuação profissional da professora Bertha chegamos à conclusão de que esse apoio pode vir do fato de ela também ser Professora Coordenadora de Área da área de CN, participando de formações sobre o Currículo que são passadas aos professores nas Aulas de Trabalho Pedagógico Coletivo por Área, por exemplo.

Apesar disso, ela não se prende ao material, buscando elementos além do que é proposto para complementar suas aulas, como, por exemplo, o uso do jogo *Da Célula à Singularidade*, do texto introdutório do livro de Charles Darwin e da atividade de modelização com biscuit. Além de se pautar no material curricular, a professora também faz escolhas com base nas avaliações externas, como já ilustrado ao escolher o conteúdo a ser abordado na semana de estudos intensivos e na aplicabilidade dos saberes para os estudantes:

Bertha: [...] pra que que serviu todos aqueles estudos que a gente fez? Pra que que a gente usa? Qual a aplicação daquilo? Onde aquilo ali... pra que eu tenho que saber toda aquela teoria? Onde eu vou usar? (AB5)

Gess-Newsome (1999) indica que as orientações de ensino se desenvolvem no início da carreira do professor, sofrendo influência dos primeiros contatos com a sala de aula (mais precisamente os três primeiros anos de prática docente) e podem ser aperfeiçoadas e modificadas ao longo do tempo com cursos de pós-graduação e especialização, bem como cursos de formação continuada. A professora Bertha teve esse contato já na graduação, no estágio supervisionado, e indicou ter uma participação ativa em atividades de extensão e iniciação científica. Além disso, em conversas nos momentos do jantar na escola, indicou se manter atualizada com cursos de formação realizados pela Secretaria da Educação e também por Universidades. Isso demonstra que suas orientações de ensino permitem reconhecer e se apropriar de novos conhecimentos e valores que influenciarão sua prática.

Fatores que orientam a prática pedagógica de Carlos e Bertha

O **quadro 3** resume os fatores identificados como orientadores da prática pedagógica dos professores Carlos e Bertha e que podem contribuir ou dificultar a inserção da NdC em sala de aula.

Quadro 3 – Síntese dos fatores que orientam a prática pedagógica dos professores Carlos e Bertha

Categorias	Carlos	Bertha
(a) Conhecimentos priorizados	Conhecimento do conteúdo específico, apoiado no que os vestibulares e as avaliações externas exigem; baixa influência do conhecimento sobre a NdC e a importância de abordá-la; sofre pouca influência das demandas do Currículo atual.	Conhecimento do conteúdo específico articulado com o currículo; conhecimento de aspectos da NdC e da importância de abordá-los de modo explícito; complemento às demandas do Currículo, com discussões atuais e relacionadas ao cotidiano dos alunos.
(b) Práticas envolvidas nas aulas	Predominância de aulas expositivas, com a justificativa do tempo insuficiente das aulas; aborda aspectos da NdC de modo implícito para contextualizar episódios históricos da construção do conhecimento.	Práticas variadas que se baseiam no seu conhecimento de estratégias para o ensino de Ciências; conhecimento de materiais e estratégias que permitem a abordagem explícita de aspectos da NdC.
(c) Valores que guiam a prática pedagógica	Valores relacionados às demandas das avaliações externas, que influenciam diretamente nos conceitos a serem desenvolvidos e no modo como serão abordados em suas aulas.	Valores que se apoiam na aplicabilidade do saber no cotidiano dos estudantes, na demanda das avaliações externas e na importância de seguir o que orienta os manuais escolares.

Fonte: elaborado pelas autoras.

É possível observar que o professor Carlos tem um conhecimento frágil sobre a NdC, priorizando em suas aulas a abordagem de conceitos científicos por meio de estratégias de memorização e de aulas expositivas. Ele se guia por avaliações externas, como ENEM e vestibulares, para preparar e justificar sua prática em sala de aula. Esses fatores dificultam a abordagem da NdC, que demanda estratégias e materiais variados para tecer discussões contextualizadas e apresentar relações desse metac conhecimento complexo.

Já a professora Bertha apresenta orientações de Ensino que contribuem para a abordagem da NdC em sala de aula. Além de demonstrar conhecimento sobre aspectos da NdC, ela consegue integrá-los aos conteúdos curriculares usando materiais e estratégias variadas, favorecendo um ambiente de diálogo com os estudantes. A principal característica da abordagem da NdC usada por Bertha é a explícita e reflexiva, condição essencial para a eficácia do ensino (Vázquez-Alonso *et al.*, 2014). Seus valores e crenças para o ensino vão além das demandas de avaliações externas, seguindo as competências do Currículo e a funcionalidade para o estudante.

Magnusson, Krajcik e Borko (1999, p. 111) indicam que os valores e as crenças do professor impactam diversos componentes do PCK, pois “[...] a transformação do conhecimento geral em conhecimento pedagógico do conteúdo não é uma questão direta de ter conhecimento; é também um ato intencional em que os professores escolhem reconstruir sua compreensão para se adequar a uma situação”. Assim, para ter um PCK sobre a NdC consolidado de modo a proporcionar práticas efetivas sobre a NdC em sala de aula, é necessário que o professor tenha: conhecimento sobre a NdC, bem como valores e crenças para o ensino alinhados com os objetivos/importância de ensinar e aprender sobre a NdC.

Considerações finais

Esta pesquisa buscou verificar os fatores que orientam o ensino de aspectos da NdC dos professores Carlos e Bertha, de modo a inferir o que pode contribuir ou dificultar sua inserção em sala de aula. Por meio da observação das aulas dos professores, foi possível verificar que o professor Carlos prioriza o ensino de conceitos por meio de estratégias de exposição e memorização, apresentando a discussão da NdC como modo de contextualizar o assunto a ser tratado. Isso indica que os valores que orientam sua prática se pautam nas avaliações externas como guia de conhecimentos a serem priorizados.

Ressaltamos que, no caso do professor Carlos, identificamos orientações para o ensino de ciências de modo geral, e não específico para a NdC, uma vez que não foi possível observar em sua prática a efetiva articulação em sala de aula. Mesmo reconhecendo que a abordagem de aspectos da NdC pode contribuir para a formação dos estudantes, o professor Carlos apresentou dificuldade em relacionar a NdC com o conhecimento do currículo e com o conhecimento da avaliação. Apesar de demonstrar conhecimento de estratégias para abordar aspectos da NdC, não estabeleceu como eles seriam trabalhados, focando na aprendizagem de conceitos. Desse modo, apontamos que os fatores que dificultam a abordagem da NdC, com base nas aulas do professor Carlos, são: o pouco conhecimento de aspectos da NdC, o tempo das aulas, a alta demanda de tempo para a preparação das aulas e valores e crenças de um ensino compatíveis com as avaliações externas.

Já a professora Bertha discute aspectos da NdC de modo explícito em suas aulas, articulando o conteúdo curricular com a discussão de tais aspectos por meio de estratégias variadas. Ela demonstrou ter experiência e conhecimentos sobre os modos de produção do conhecimento científico. Além de buscar estratégias e materiais que promovam a discussão de aspectos da NdC em sala de aula, a professora demonstra interesse em levar o conhecimento de modo a incentivar a participação dos alunos, com o uso de jogos, notícias atuais etc. Com isso, apontamos que os fatores que contribuem para a abordagem da NdC nas aulas da professora Bertha, são: o conhecimento de aspectos da NdC e sua articulação com o conteúdo curricular, a variedade de estratégias utilizadas e os valores e as crenças de um ensino compatível com a abordagem.

Reforçamos três pontos essenciais para a abordagem da NdC em sala de aula: quanto mais desenvolvido for o conhecimento do professor, maior será a possibilidade de práticas pedagógicas que articulem o currículo com a abordagem de aspectos da NdC de modo explícito e reflexivo; o conhecimento de materiais e estratégias variados que possibilitam a abordagem de aspectos da NdC é essencial ao professor, mas não suficiente para que realize a inserção de tais aspectos de modo explícito e reflexivo em suas aulas; e os valores e as crenças do professor devem ser compatíveis com um ensino que vá além da abordagem de conceitos com foco em avaliações externas, contemplando a alfabetização científica dos estudantes.

Magnusson, Krajcik e Borko (1999, p. 111) assinalam que os valores e as crenças do professor impactam na sua prática pedagógica em sala de aula, indicando que “[...] a transformação do conhecimento geral em conhecimento pedagógico do conteúdo não é uma questão direta de ter conhecimento; é também um ato intencional em que os professores escolhem reconstruir sua compreensão para se adequar a uma situação”. Assim, mesmo tendo conhecimento sobre a NdC, o PCK sobre a NdC só se consolidará

em práticas efetivas se estiverem de acordo com os valores e as crenças que orientam a prática pedagógica do professor.

Por fim, ressaltamos que os apontamentos realizados quanto aos fatores que contribuem e dificultam a abordagem de aspectos da NdC em sala de aula foram baseados nas orientações para o ensino de dois professores participantes de um curso de formação continuada que teve como objetivo propor o estudo e a discussão sobre a NdC e sobre as formas de implementá-la em sala de aula. Porém, o fato de o curso ter ocorrido durante a pandemia da COVID-19 influenciou o contexto da coleta de dados. Assim, não se pode generalizar tais resultados para a comunidade de professores da área de CN. Entretanto, o estudo teórico e o contexto da pesquisa nos permite indicar os fatores aqui descritos como sendo necessários para a inserção da NdC em sala de aula.

Referências

- ABELL, S. K. Research on science teacher knowledge. In: ABELL, S.; LEDERMAN, N. G. (ed.). *Handbook of research on science education*. New York: Routledge, 2007. p. 1105-1149.
- ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO-MAS, M. A.; ACEVEDO-ROMERO, P. Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Cádiz, v. 4, n. 1, p. 42-66, 2007.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R. A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (org.). *Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*. São Paulo: Livraria da Física: Fapesp, 2004. p. 49-73.
- ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, Hoboken, US, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2008.
- DAGHER, Z. R.; ERDURAN, S. Reconceptualizing the nature of science for science education: Why does it matter? *Science & Education*, Dordrecht, v. 25, n. 1-2, p. 147-164, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9800-8>.
- DAMIANI, M. F.; ROCHEFORT, R. S.; CASTRO, R. F.; DARIZ, M. R.; PINHEIRO, S. S. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. *Cadernos de Educação*, Pelotas, RS, n. 45, p. 57-67, 2013.
- GALVÃO, C.; REIS, P.; FREIRE, S. A discussão de controvérsias sociocientíficas na formação de professores. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 17, n. 3, p. 505-522, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000300001>.
- GARCÍA-CARMONA, A.; VÁZQUEZ, A. A.; MANASSERO, M.A. comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la ciencia: análisis de estado actual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 30, n.1, p. 23-33, 2012.
- GESS-NEWSOME, J. Secondary teachers' knowledge and beliefs about subject matter and their impact on instruction. In: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. (ed.). *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education*. Amsterdam: Springer, 1999. p. 51-94.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GIL-PÉREZ, D; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200001>.

GROSSMAN, P. L. *The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press, 1990.

GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? *Psicologia: teoria e prática*, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 201-210, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-37722006000200010>.

HANUSCIN, D. L.; LEE, M. H.; AKERSON, V. L. Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. *Science Education*, Hoboken, US, v. 95, n. 1, p. 145-167, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20404>.

IRZIK, G.; NOLA, R. New directions for nature of science research. In: MATTHEWS, M. R. (ed.). *International handbook of research in history, philosophy and science teaching*. Dordrecht: Springer, 2014. p. 999-1021.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. S. Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, Hoboken, US, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.10034>.

MCCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; ALMAZROA, H. The role and character of the nature of science in science education. In: MCCOMAS, W. F. (ed.). *The nature of science in science education: rationales and strategies*. Dordrecht: Springer, 2002. p. 3-39.

MAGNUSSON, S.; KRAJCIK, J.; BORKO, H. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In: GESS-NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. G. (ed.). *Examining pedagogical content knowledge*. Amsterdam: Springer, 1999. p. 95-132.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em "temas" e "questões". *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p703>.

MATTHEWS, M. R. Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In: KHINE, M. S. *Advances in nature of science research: concepts and methodologies*. Dordrecht: Springer, 2012. p. 3-26.

MOURA, B. A. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

RODRIGUEZ, A. J. A dose of reality: Understanding the origin of the theory/practice dichotomy in teacher education from the students' point of view. *Journal of Teacher Education*, Washington, v. 44, n. 3, p. 213-222, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1177/002248719304400308>.

LATOURETTE, B.; WOOLGAR, S. *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos*. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1997.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Educação. *Currículo em ação: primeira série, ensino médio, caderno do aluno*. São Paulo: Seduc, 2021. v. 3. Disponível em: <https://tinyurl.com/5h43dw98>. Acesso: 6 nov. 2024.

SCHWARTZ, R. S.; LEDERMAN, N. G. "It's the nature of the beast": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, Washington, v. 39, n. 3, p. 205-236, 2002.

SHULMAN, L. S. Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, Cambridge, v. 57, p. 1-22, 1987.

SILVA, B. V. C.; MARTINS, A. F. P. O conhecimento pedagógico do conteúdo referente ao tema natureza da ciência na formação inicial de professores de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 36, n. 3, p. 735-768, 2019.

SMITH, D. C.; NEALE, D. C. The construction of subject-matter knowledge in primary science teaching. *Teaching and Teacher Education*, New York, v. 5, n. 2, p. 1-20, 1989. DOI: [https://doi.org/10.1016/0742-051X\(89\)90015-2](https://doi.org/10.1016/0742-051X(89)90015-2).

VÁZQUEZ-ALONSO, Á.; APONTE, A.; MANASSERO-MAS, M. A.; MONTESANO, M. Una secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre un tema socio-científico: análisis y evaluación de su aplicación en el aula. *Educación Química*, México, v. 25, p. 190-202, 2014.