



## O contributo do estudo de aula na formação inicial de professores de física e química para o uso de múltiplas representações no ensino da física

### The contribution of the lesson study in the initial formation of teachers of physics and chemistry for the use of multiple representations in physics teaching

**Teresa Conceição**

Instituto de Educação da Universidade de Lisboa  
mariaconceicao@campus.ul.pt

**Mónica Baptista**

Instituto de Educação da Universidade de Lisboa  
mbaptista@ie.ulisboa.pt

**João Pedro da Ponte**

Instituto de Educação da Universidade de Lisboa  
jpponte@ie.ulisboa.pt

#### Resumo:

Esta investigação teve como objetivo conhecer as aprendizagens dos futuros professores sobre o uso das múltiplas representações no ensino da energia cinética de um corpo, num estudo de aula. Os participantes foram três futuros professores de física e química. O estudo de aula decorreu numa unidade curricular do segundo ano do seu mestrado. Os resultados mostraram que os futuros professores usaram as múltiplas representações permitindo aos alunos compreender a relação de proporcionalidade direta entre a energia cinética e a massa e a relação qualitativa da energia cinética com a velocidade.

**Palavras-chave:** Estudo de aula; formação inicial de professores; múltiplas representações no ensino da física; energia cinética.

#### Resumen:

Esta investigación tuvo como objetivo conocer los aprendizajes de futuros profesores de física y química cuando usaron múltiples representaciones en la enseñanza de la energía cinética, en un estudio de clase. Los participantes fueron tres futuros profesores de física y química. El estudio de clase transcurrió en una unidad curricular de su master. Los resultados mostraron que los futuros profesores usaron las múltiples representaciones permitiendo a los alumnos comprender la relación de proporcionalidad directa entre la energía cinética y la masa y la relación cualitativa de la energía cinética con la velocidad.

**Palabras claves:** Estudio de classe; formación inicial de profesores; múltiples representaciones en la enseñanza de la física; energía cinética.



## Abstract:

This research aimed to understand what a group of physics and chemistry preservice teachers in initial teaching education learn while used multiple representations, in the teaching of kinetic energy, in a lesson study. This lesson study was carried out within a master's degree course in physics and chemistry teaching and involved three preservice teachers. The results showed that the preservice teachers learnt to use multiple representations allowing students understand the proportionality between kinetic energy and mass and the qualitative relationship between kinetic energy and velocity.

**Keywords:** Lesson study; initial teacher education; multiple representations in physics education; kinetic energy.

## Introdução

As múltiplas representações têm um papel fundamental na compreensão dos conceitos e ideias da ciência (Gilbert, 2005; Gilbert, & Treagust, 2009) e são um campo de investigação que tem vindo a ganhar relevância. Na literatura, as representações são designadas, frequentemente, de representações externas e internas. As externas existem no mundo físico (e.g., símbolos, gráficos, tabelas, figuras e simulações virtuais), as internas são representações mentais (Opfermann, Schmeck, & Fischer, 2017). Nesta investigação, recorreremos às representações externas, i.e., tabelas, gráficos e equações algébricas. O uso de duas ou mais representações (externas) na exploração de um tópico, designa-se de múltiplas representações (Tsui & Treagust, 2013). O uso das múltiplas representações no ensino das ciências e, em particular, no ensino da física têm convergido e reforçado a ideia de que permitem uma conceptualização mais clara e holística dos conceitos científicos, facilitando a sua compreensão e comunicação (e.g., Opfermann et al., 2017; Mayer, 2009). Adicionalmente, promovem o interesse dos alunos pela aprendizagem das ciências, pois permitem ligar o abstrato ao concreto (Gilbert, 2005; Park, Flowerday, & Brünken, 2015). Esta ligação das ideias abstractas das ciências, com as múltiplas representações e com as observações do mundo que nos rodeia fazem parte da natureza da ciência (Erduran & Dagher, 2014). Por isso, são uma excelente oportunidade para os alunos aprenderem ciências, em geral, e física, em particular (e.g., Opfermann et al., 2017). Esta é, também, uma das razões porque a construção e interpretação das múltiplas representações fazem parte do currículo das ciências, do elementar, do médio e do secundário (NGSS, 2013). Além disso, as múltiplas representações são amplamente usadas na comunicação do dia a dia e a sua compreensão é fundamental para o cidadão acompanhar e participar nos assuntos das ciências (Lederman, 2007). Porém, estudos realizados neste campo mostraram que os professores e futuros professores têm dificuldade em usar as múltiplas representações no ensino da física. Por exemplo, no estudo de Hansson, Hansson, Juter e Redfors (2015), os professores tiveram dificuldade em explorar, na sala de aula, as equações algébricas com um significado físico. Estes resultados são consistentes com outros estudos que mostraram ser necessário os professores aprenderem a usar as múltiplas representações quando exploram os



conceitos científicos (Nieminen, Savinainen, & Viiri, 2017). Por conseguinte, há necessidade de criar situações formativas que permitam aos professores, desde a formação inicial, aprender a usar as múltiplas representações no ensino da física (Nieminen et al., 2017; NRC, 1996). O estudo de aula é um modelo de desenvolvimento profissional de professores, colaborativo, reflexivo, e centrado no aluno promotor de situações formativas que permitem aos futuros professores e professores construir uma tarefa sobre um tópico do currículo, planear uma aula com essa tarefa, observar a aula e discutir amplamente o ensino do tópico com base nos resultados dos alunos (Fujii, 2016; Murata, 2011). Investigações em estudos de aula como processo formativo de futuros professores de ciências mostraram que os resultados são promissores (e.g., Juhler, 2018; Sims & Walsh, 2009; Zhou, Xu, & Martinovic, 2016). Porém, são escassas as investigações em estudos de aula, com futuros professores, sobre o uso das múltiplas representações no ensino da física. Esta investigação teve como objetivo conhecer as aprendizagens dos futuros professores sobre o uso das múltiplas representações no ensino da energia cinética de um corpo, num estudo de aula.

## Metodologia

Nesta investigação adotou-se uma metodologia de investigação qualitativa com orientação interpretativa (Erickson, 1986). O método de análise qualitativa é útil quando se pretende compreender as aprendizagens dos futuros professores sobre o uso das múltiplas representações, num contexto significativo. A perspetiva interpretativa permitiu à investigadora descrever o objeto de estudo, interpretando os significados que os futuros professores atribuíram às ações em que se envolveram. De acordo com Erickson (1986), a perspetiva interpretativa permitiu dar ênfase às "especificidades do significado da ação na vida social que se desenrola, e em cenários concretos de interação face a face" (p. 156). Ao nível metodológico o processo foi indutivo porque a investigadora estudou a ação na sua própria posição significativa, fazendo com que a teoria se processasse, de modo indutivo e sistemático, a partir do próprio terreno à medida que os dados iam emergindo (Creswell, 2011).

## Contexto em que decorreu a investigação

Em Portugal, é necessário o grau de mestre em Ensino da Física e da Química para ingressar na profissão de professor de físico-química do ensino básico (dos 13 aos 15 anos) ou professor de física ou de química do ensino secundário (dos 16 aos 18 anos). No Mestrado em Ensino da Física e da Química da Universidade de Lisboa, nas unidades curriculares de Investigação à Prática Profissional (IPP I, II, III, e IV), os futuros professores realizam atividades nas escolas, com um envolvimento crescente. Esta investigação decorreu na unidade curricular de Investigação à Prática Profissional III (IPP III) do segundo ano do curso.



## Caracterização dos participantes

Nesta investigação participaram todos os alunos que se encontravam a frequentar IPP III, no ano letivo de 2015/2016, Carmo, Joaquim e Pedro. Os nomes dos participantes são fictícios de modo a salvaguardar o seu anonimato. Os participantes tinham idades compreendidas entre os 36 e 42 anos. Dois eram licenciados em química e um doutorado em física. Os participantes tinham alguma experiência de ensino. Carmo tinha 36 anos, era licenciada em química, não tinha experiência de ensino em escolas e lecionava físico-química num centro de estudos, nos arredores de Lisboa. Joaquim tinha 42 anos, era doutorado em física, não tinha experiência de ensino em físico-química e lecionava matemática num colégio particular, em Lisboa. Pedro, tinha 42 anos, era licenciado em química. Tinha experiência de ensino da físico-química em centros de estudos e pouca experiência em escolas. Encontrava-se a lecionar num centro de estudos e numa escola particular. Para além dos futuros professores estiveram presentes nas sessões três professores cooperantes, a professora de IPP III (segunda autora), um perito (terceiro autor) e a investigadora que é primeira autora.

## Organização e estrutura do estudo de aula

Este estudo de aula teve adaptações ao modelo japonês, possibilitando a sua realização na formação inicial dos professores (Ponte, 2017). As adaptações, prenderam-se com a importância dos professores cooperantes e professores/investigadores participarem na formação dos futuros professores. Este estudo de aula com três ciclos realizou-se ao longo de 17 sessões. No primeiro ciclo realizaram-se as sessões de preparação e de planeamento da aula de investigação (sessões 1-11), a aula de investigação 1 (sessão 12) e a reflexão pós-aula (sessão 13). No segundo ciclo, dando continuidade ao primeiro, realizou-se a aula de investigação 2 (sessão 14) e respetiva reflexão pós-aula (sessão 15). No terceiro ciclo, realizou-se a aula de investigação 3 (sessão 16) e respetiva reflexão pós-aula (sessão 17). Dada a importância da experiência com a prática letiva na formação inicial (e.g., Anderson & Stillman, 2010; Grossman, 2010), neste estudo de aula, as aulas de investigação foram lecionadas pelos futuros professores (cada um lecionou uma aula). Esta foi a razão deste estudo de aula ter-se realizado em IPP III. Nesta unidade curricular, os futuros professores iniciam a leção das aulas nas turmas dos professores cooperantes.

## Recolha e análise de dados

Os dados recolhidos tiveram como finalidade “captar” e “preservar” o momento, possibilitando, posteriormente, analisar e interpretar as conversas e as interações, o mais próximo possível do que se passou (Patton, 2002). Os dados foram recolhidos por observação participante através de registo vídeo (RV) e diário de bordo (DB), de todas as sessões, entrevistas individuais aos futuros professores (E) e documentação escrita, i.e., reflexões individuais dos futuros professores (RI), realizadas no final do estudo de aula. Para analisar os dados, transcreveu-se os registos áudio das entrevistas e os registos vídeo das sessões (12 a 17). Na codificação dos dados (codificação axial) identificaram-se os acontecimentos em torno de categorias pré



definidas e relacionadas com a questão de investigação. Aos acontecimentos atribuiu-se um código, de acordo com o domínio a que pertenciam, permitindo, em qualquer fase da investigação, questionar a sua validade no momento significativo. Usando o método analítico do questionamento e comparação constante (Strauss & Corbin, 1998), emergiram as categorias: Um gráfico e uma tabela, dois gráficos e uma tabela.

## Resultados

*Um gráfico e uma tabela.* Para o ensino da energia cinética de um corpo, os futuros professores usaram um gráfico da energia cinética de um carro para diferentes valores da sua massa (a velocidade constante). Pretendia-se que os alunos determinassem a energia cinética do carro para uma dada massa desse carro. A realização desta questão requeria que os alunos recorressem à noção de proporcionalidade direta entre as duas grandezas físicas. A análise das respostas dos alunos deu a conhecer que o gráfico merecia ser alvo de maior atenção por parte dos futuros professores. Por exemplo:

*Carmo: Os alunos determinam a energia do movimento recorrendo a um ponto [do gráfico] e na linha de tendência e não na proporção entre a energia cinética e a massa. Podia-se tirar este ponto [do gráfico]. Assim, [os alunos] já têm de relacionar as variáveis [para determinar a energia do movimento para uma dada massa.]*

*Joaquim: usar a régua para traçar a linha de tendência também pode ajudar [os alunos] a interiorizar a relação entre as duas variáveis.*

(...)

*Joaquim: [Na tarefa] mantém-se a representação gráfica [da energia cinética em função da massa] só com alguns pontos marcados. E, depois dos alunos determinarem a energia do movimento [para uma dada massa] descrevem como é que a energia do movimento de um carro varia com a sua massa (RV).*

Na perspetiva destes futuros professores, um gráfico com excesso de informação e uma questão sobre o gráfico demasiado aberta não permitiu aos alunos identificar a relação de proporcionalidade direta entre a energia cinética de um corpo e a sua massa. Para inverter esta situação, os futuros professores sugeriram três estratégias: Retirar o ponto do gráfico cuja ordenada teriam de calcular a partir de proporções entre as duas variáveis, energia cinética e massa. Retirar a linha de tendência para encorajar os alunos a representar o ponto a partir das relações encontradas para as duas variáveis. E, introduzir uma questão que direcionasse os alunos para descreverem a relação encontrada. Estas três estratégias permitiram aos alunos interpretar o gráfico e compreender a relação entre os dois conceitos físicos.

No final do estudo de aula, ainda a propósito dos alunos identificarem a relação da energia cinética de um corpo com a sua massa, os futuros professores mencionaram outros melhoramentos do gráfico, tornando o seu uso mais desafiante. Por exemplo, na entrevista, Carmo comentou "se fosse dar a aula agora, não facilitava tanto a questão de dar os pares



ordenados no gráfico". Com efeito, na terceira aula de investigação, Carmo optou por dar esta informação com receio dos alunos não responderem à questão. A sua opção impediu os alunos de usar o gráfico de um modo mais desafiante, dado que não tinham de associar a variável independente com a correspondente variável dependente.

Para o ensino da relação da energia cinética de um corpo com a velocidade desse corpo (massa do carro constante), os futuros professores usaram uma tabela. A primeira coluna tinha cinco valores relativos à velocidade de colisão de um carro. A segunda coluna tinha cinco valores da energia cinética do carro. Porém, o quinto valor da energia cinética encontrava-se representado pela letra X. Numa primeira questão da tarefa pretendia-se que os alunos determinassem o seu valor. Numa segunda questão que descrevessem a variação da energia cinética do carro com a sua velocidade. Como os alunos não conheciam a expressão da energia cinética teriam de recorrer aos seus próprios meios a partir dos valores da tabela. A análise das respostas dos alunos sobre os seus métodos de resolução permitiu aos futuros professores usar com mais competência as múltiplas representações. Por exemplo:

*Pedro: Eles usaram estratégias de resolução válidas na determinação de X, mas não descreveram a relação [entre a energia cinética e a velocidade]. (...) Uma aluna dividiu os valores [da energia cinética pelos correspondentes valores da velocidade, [isto é] 50 a dividir por 10 deu 5, 200 por 20 deu 10, 450 por 30 deu 15, este dava 20. Portanto o X tem de ser um valor que dê a diferença de 25. E foi isto.*

(...)

*Pedro: [Na minha aula] nenhum aluno recorreu ao método de resolução que nós antecipámos na determinação de X. (...) A descrição da variação da energia com a velocidade teve de ser feita por mim no quadro.*

*Joaquim: a aluna que eu observei nem sequer se preocupou com a coluna da velocidade [para responder à questão]. (...) determinou o valor de X independentemente do valor da velocidade (RV).*

Para os dois futuros professores os métodos usados pelos alunos para determinar a energia cinética de um carro eram válidos e surpreenderam-nos pela positiva. E, também deram a conhecer que na determinação da energia cinética representada pela letra X, os alunos recorriam a relações numéricas desprovidas de significado físico. Tais relações, na perspetiva de Pedro, não pareciam ajudar os alunos a descrever a relação entre os dois conceitos físicos, tal como deu a conhecer com um episódio ocorrido na sua aula de investigação. Constatar que uma tabela não permitiu aos alunos estabelecer relações de natureza qualitativa entre a energia cinética e a velocidade foi outra aprendizagem realizada pelos futuros professores quando usaram as múltiplas representações.

*Dois gráficos e uma tabela.* Depois de uma ampla discussão sobre as potencialidades das múltiplas representações e do seu uso para ajudar os alunos a descrever a relação da energia cinética com a velocidade, Joaquim mostrou-se agradado com a ideia dos alunos construírem um gráfico da energia em função da velocidade a partir dos valores da tabela.



Para Joaquim, "Eu acho que os meus alunos olham para a tabela e constroem este gráfico com facilidade (...). Como os valores da tabela são regulares, acho que os alunos podem construir o gráfico sozinhos (...). Na minha aula eu tenho tempo, temos 110 min." (RV). Esta estratégia foi implementada por Joaquim na sua aula de investigação. Na análise dos resultados dos alunos, os futuros professores depararam-se com um problema quando usaram as múltiplas representações. Por exemplo:

*Pedro: Eles [os alunos] representaram graficamente os valores da tabela e construíram o gráfico num instante. (...) Depois interpretaram a relação da energia cinética do carro em função da sua velocidade e escreveram: Quanto maior a velocidade maior é o valor da energia do movimento. Depois chamaram o Jorge que os questionou "olhem para a tabela e vejam o que acontece à energia cinética quando a velocidade aumenta para o dobro". Os alunos fizeram tentativas usando a tabela e comentaram "É o quadrado" e escreveram "a cada aumento  $x$  da velocidade, há o quadrado desse aumento  $x^2$  da energia do movimento. E, de seguida escreveram uma expressão magnífica:  $v \times x = e \times x^2$  (RV).*

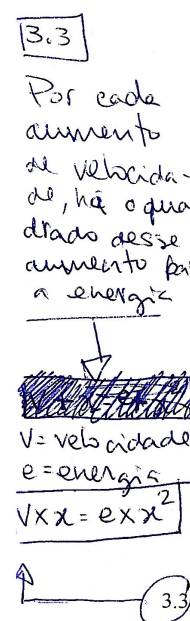


Figura 1 – Registo escrito de aluno

Na perspectiva de Pedro, e não obstante a dificuldade dos alunos em traduzir algebricamente a relação encontrada entre as variáveis, a construção do gráfico a partir de uma tabela permitiu aos alunos escrever tentativas para relacionar algebricamente os dois conceitos físicos, bem como descrever essa relação. E, na verdade, este modo de usar as múltiplas representações (construção de um gráfico a partir de uma tabela) permitiu aos alunos desenvolver uma compreensão mais abstracta do fenómeno do que com uma tabela (situação ocorrida na primeira aula de investigação). As potencialidades das múltiplas representações para estimular os alunos a ir mais longe com uma representação, foi reconhecida, mais tarde, pelos futuros professores. Por exemplo, na reflexão individual, Pedro comentou, "Na segunda aula de investigação foram os alunos que construíram o gráfico da energia cinética do carro em função da sua velocidade com base na tabela. Isso ajudou-os a compreender a relação entre as duas variáveis, energia cinética e velocidade". Carmo, na reflexão individual, também mencionou que esta estratégia de serem os alunos a construir o gráfico foi um melhoramento sobre o uso das múltiplas representações:



Na primeira aula de investigação os alunos calculavam o valor de  $X$  para a energia cinética, mas não descreviam a relação entre a energia cinética do carro com a sua velocidade. Na segunda aula de investigação, e como os alunos já conheciam a função quadrática, construíram o gráfico a partir da tabela. Esta estratégia ajudou os alunos a descrever a relação entre a energia cinética e a velocidade.

Na terceira aula de investigação, os alunos não conheciam a função quadrática. Por isso, os futuros professores discutiram como usar as múltiplas representações para ajudar os alunos a descrever uma relação que não era familiar aos alunos. Na reflexão individual, Carmo, deu a conhecer a estratégia colocada em prática pelos futuros professores:

*Optou-se por substituir a construção do gráfico da energia cinética em função da velocidade, por um gráfico semi-construído e pedir aos alunos para marcar um ponto no gráfico a partir da tabela (o valor da velocidade era dado e o da energia cinética, representado por  $X$ , calculado pelos alunos). Atendendo aos valores igualmente espaçados na tabela e representados no gráfico numa escala acessível aos alunos, bem como a linha de tendência previamente desenhada, usar o gráfico não constituiu grande dificuldade para os alunos (RI)*

A opção de usar uma tabela explicitando informação acerca das variáveis e regularidades e estimulando-os a usar o gráfico a partir da tabela, permitiu aos alunos usar um gráfico para relacionar a energia cinética com a velocidade. Isto foi dado a conhecer, por exemplo, na reflexão individual de Pedro:

Na terceira aula de investigação não se pediu aos alunos para construir o gráfico da função quadrática. Decidiu-se apresentá-lo semi-construído e os alunos usavam a tabela para representar um ponto. Esta opção permitiu-lhes usar o gráfico e visualizar que as relações entre as variáveis, energia cinética, massa e velocidade, são diferentes.

## Conclusão

As múltiplas representações têm um papel fundamental na compreensão dos conceitos e ideias da ciência. Porém, os alunos não tiram partido de todas as potencialidades deste recurso na aprendizagem dos conceitos científicos. Por isso, é necessário apoiar os professores a usar com mais eficácia as múltiplas representações no ensino da física. Esta investigação mostrou que, neste estudo de aula, os futuros professores aprenderam aspetos importantes sobre o uso das múltiplas representações no ensino de um tópico da física. Com efeito, durante o estudo de aula, os futuros professores foram muito apoiados por educadores e investigadores, no planeamento da aula de investigação e na reflexão sobre os resultados dos alunos. Este apoio mostrou-se essencial na identificação das dificuldades dos alunos quando usaram as múltiplas representações e na definição de estratégias para as ultrapassar. As aulas de investigação, lecionadas pelos futuros professores, permitiram-lhes vivenciar situações da aprendizagem dos alunos com as múltiplas representações e discutir com os educadores o desenvolvimento da aula. Tal como nesta investigação, outras investigações em estudos de aula têm mostrado potencialidades deste modelo no campo da formação





de professores. Por isso, concluímos que o estudo de aula é um candidato promissor na formação inicial, no contexto português. Na área da físico-química e, eventualmente, em outras áreas disciplinares.

## Referências

- Anderson, L.M., & Stillman, J.A. (2010). Opportunities to teach and learn in high-needs schools: Student teachers' experiences in urban placements. *Urban Education*, 45(2), 109-141.
- Creswell, J. (2011). *Research design. Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (2ª ed.). London: Sage Publications.
- Erduran, S., & Dagher, Z. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*, Netherlands: Springer.
- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. C. Wittroch (Ed.), *Handbook of research on teaching*. New York, NY: Macmillan.
- Fujii, T. (2016). Designing and adapting tasks in lesson planning: a critical process of Lesson Study. *ZDM Mathematics Education* 48(4), 411-423. doi 10.1007/s11858-016-0770-3
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education*. Dordrecht: Springer.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (2009). Towards a coherent model for macro, submicro and symbolic representations in chemical education. In J. K. Gilbert, & D. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (pp. 333-350). Dordrecht: Springer.
- Grossman, P. (2010). *Learning to practice: The design of clinical experience in teacher preparation. Partnership for Teacher Quality*. Washington, D.C.: American Association of Colleges for Teachers Education.
- Hansson, L., Hansson, O., Juter, K., & Redfors, A. (2015). Reality–Theoretical Models–Mathematics: A ternary perspective on physics lessons in upper – secondary school. *Science & Education* 24(5-6), 615–644. DOI 10.1007/s11191-015-9750-1
- Juhler, M. V. (2018). Pre-service teachers' reflections on teaching a physics lesson: How does Lesson Study and Content Representation affect pre-service teachers' potential to start developing PCK during reflections on a physics lesson. *NorDiNa*, 14(1), 22-36.
- Lederman, N. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831-879). Routledge: New York, NY.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2ª ed.). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Murata, A. (2011). Introduction: conceptual overview of lesson study. In L.C. Hart, A.S. Alston, & A. Murata (Eds.), *Lesson Study Research and Practice in Mathematics Education* (pp. 13-24). Springer, New York, NY.
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2017). Learning about forces using multiple representations. In D.F. Treagust, R. Duit, & H.E. Fischer (Eds.), *Multiple Representations in Physics Education*,



- Models and Modeling in Science Education* (pp. 160-178). Springer International Publishing.
- NRC National Research Council (U.S.). (1996). *National Science Education Standards: Observe, interact, change, learn*. Washington, DC: National Academy Press.
- Opfermann, M., Schmeck, A., & Fischer, H. (2017). Multiple representations in physics and science education – Why should we use them? In D.F. Treagust, R. Duit, & H.E. Fischer (Eds.), *Multiple Representations in Physics Education, Models and Modeling in Science Education* (pp. 1-22). Springer International Publishing.
- Park, B., Flowerday, T., & Brünken, R. (2015). Cognitive and affective effects of seductive details in multimedia learning. *Computers in Human Behavior*, 44, 267-278.
- Patton, M. (2002). *Research & evaluation methods* (3ª ed.). Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Ponte, J. P. (2017). Lesson studies in initial mathematics teacher education. *International Journal for Lesson and Learning Studies* 6(2), 1-14.
- Sims, L., & Walsh, D. (2009). Lesson study with preservice teachers: Lessons from lessons. *Teaching and Teacher Education*, 25, 724-733.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1998). *Basic of qualitative research. Grounded theory procedures and techniques*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Tsui, C., & Treagust, D. F. (2013). Introduction to multiple representations: Their importance in biology and biological education. In D. Treagust & C. Tsui (Eds.), *Multiple representations in biological education* (pp. 3-18). Dordrecht: Spinger.
- Zhou, G., Xu, J., & Martinovic, D. (2016). Developing pre-teaching science with technology through microteaching lesson study approach. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(1), 85-103. DOI 10.12973/eurasia.2017.00605a.