

# Funções pedagógicas exercidas por representações quando integradas por uma licencianda

## Pedagogical role played by representations when integrated by a pre-service teaching

**Marcus Duarte**

Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Congonhas e Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais  
marcus.duarte@ifmg.edu.br

**Rosária Justi**

Departamento de Química e Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais  
rjusti@ufmg.br

### Resumo

Neste trabalho apresentamos um estudo de caso de uma licencianda de Física integrando múltiplas representações (MR) em uma simulação computacional. Os dados foram coletados em uma entrevista que ocorreu enquanto a licencianda atribuía sentidos às representações que surgiam na tela e utilizava uma simulação computacional para explicar o conceito de inércia. A partir das situações vivenciadas, analisamos as funções pedagógicas que cada representação cumpre durante a integração. Para isso, nos embasamos na proposta de Ainsworth (1999), que sugere alguns papéis que as representações exercem numa relação entre MR. Os resultados indicam algumas funções explicitadas por Ainsworth (limitação na forma de interpretar, complementação de informações, definição de estratégia) e uma função não identificada pela pesquisadora: confirmação de informação. Os resultados evidenciam que os papéis que as representações desempenham em um contexto de MR são dependentes de como o indivíduo promove a integração entre elas.

**Palavras chave:** representações, múltiplas representações, ensino de Física, simulação computacional.

### Abstract

This paper reports a case study of a pre-service Physics' teacher while promoting integration between multiple representations in a computer simulation. Data were collected through an interview that took place as the pre-service teacher attributed meaning to the representations shown on the screen and used a computer simulation to explain the inertia concept. From the situations experienced by her, we analysed the pedagogical roles that each representation plays during the integration process. In order to do so, we use the categories proposed by Ainsworth (1999), which suggests some functions that representations perform in a multi-representational relationship. The results indicate some functions identified by Ainsworth (constrain interpretation, complementary information, task) and a function not identified by her:

confirmation of information. Such outcomes point out to the fact that the role played by representations in a multi-representational context depend on how the individual integrate them.

**Key words:** representations, multiple representations, physics teaching, computer simulation

## Introdução

Interagimos com o mundo através de signos, formas com as quais mobilizamos o mundo. Portanto, por mais que um cientista pesquise determinada entidade ou fenômeno, ele não opera cognitivamente com aquela entidade. As formas com as quais representamos o conhecimento científico (equações, gráficos, desenhos, tabelas, categorias, diagramas) são exemplos de signos socialmente aceitos e utilizados pela comunidade científica. O processo da produção do conhecimento científico passa, assim, pela transformação de uma forma de representação em outra, por exemplo, de uma amostra (um tipo de planta) para um código (nomenclatura), deste para uma tabela (quantidade de espécies por nomenclatura), desta para um gráfico (dispersão das espécies numa região de análise), e assim sucessivamente.

Sendo tão importantes para a Ciência, é de se esperar que as diferentes formas de representação e suas translações (isto é, a integração das diferentes representações, a fim de relacionar as informações contidas em cada uma e construir um entendimento sobre um evento, uma entidade, um fenômeno etc.) sejam também importantes para o Ensino de Ciências. De fato, o Ensino de Ciências tem como uma de suas diretrizes preparar o estudante para compreender os conhecimentos do seu tempo e saber interagir com eles (BRASIL, 2002). Dessa forma, torna-se premente conhecer como os estudantes lidam com as representações e suas relações no ambiente de ensino-aprendizagem de Ciências. Como afirmam Rego e Gouvêa (2013, p.128) “a literatura da área argumenta que há a necessidade de se ensinar a ler as imagens nas diferentes formas de se entender a representação dos conceitos e dos fenômenos científicos”.

Pesquisas sobre representações no ensino não são recentes (DUFRESNE; GERACE; LEONARD, 1997; ROGERS, 1999). No entanto, o advento de novas tecnologias têm modificado a forma como lidamos com algumas representações. Por exemplo, antes do acesso ao computador, era difícil imaginar mais de uma representação sendo gerada simultaneamente, uma conexão dinâmica.

Em uma relação multirrepresentacional, cada representação exerce uma função própria na construção do conhecimento. Tais funções podem ser analisadas usando uma taxonomia proposta por Ainsworth (1999), que sugere algumas funções pedagógicas para a integração de múltiplas representações. Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho é analisar as funções que as representações exercem quando integradas por uma licencianda de Física em uma atividade com simulação computacional.

## Referencial teórico

Alguns pesquisadores têm buscado compreender o papel das múltiplas representações (MR) no Ensino de Ciências (AINSWORTH, 1999; DUFRESNE; GERACE; LEONARD, 1997; WU; PUNTAMBEKAR, 2012). As pesquisas sobre as MR envolvem buscar a compreensão do papel das mesmas em situações como resolução de problemas, reconhecimento de concepções alternativas, consistência representacional, desenvolvimento de atividades pedagógicas em

ambientes virtuais, entre outros. As situações de aplicação das MR são muito diversas, assim como os papéis exercidos por elas no ensino.

No entanto, as MR nem sempre são capazes de promover a aprendizagem do estudante como se espera. Alguns pesquisadores que trabalham na área (AINSWORTH, 1999; BERTHOLD; EYSINK; RENKL, 2009; GOLDMAN, 2003; VAN DER MEIJ; DE JONG, 2006) indicam, em diferentes revisões bibliográficas, resultados similares quanto à relação entre aprendizagem e MR. Por exemplo, há indícios de que a exposição às MR aumenta a capacidade dos estudantes de reter informações. Apesar disso, os estudantes tendem a apresentar dificuldade para promover a translação entre formas de representação.

Uma das apostas para minimizar essa dificuldade dos estudantes em transladar entre formas de representação é fazer com que elas ocorram simultaneamente, a partir de conexões dinâmicas entre elas (AINSWORTH, 1999; KOZMA, 2003; ROGERS, 1999; VAN DER MEIJ; DE JONG, 2006). Isto confere grande potencial às simulações computacionais. Por outro lado, Ainsworth (1999) afirma que as simulações dinâmicas podem deixar os estudantes muito passivos e desencorajá-los a refletir sobre as conexões das MR. Além disso, a múltipla exposição pode sobrecarregar a capacidade de entendimento dos alunos que têm de observar e relacionar duas ou mais representações rodando simultaneamente (LOWE, 1999).

Ainsworth (1999) analisou alguns programas de computador e, em conjunto com um trabalho de revisão da literatura, mapeou diferentes funções exercidas pelas MR nos processos de ensino e aprendizagem. O objetivo de seu trabalho foi diagnosticar as diferentes formas pelas quais as MR são usadas para embasar processos cognitivos em aprendizagem e em resolução de problemas utilizando computadores. Além disso, ela buscou analisar criticamente a maneira como as MR são utilizadas não só como benefício motivacional, mas também para a construção de um conhecimento mais aprofundado acerca de um tema. A partir disso, a autora apresenta uma sugestão de taxonomia (figura 1) para categorizar as funções das MR nesse ambiente de aprendizagem.

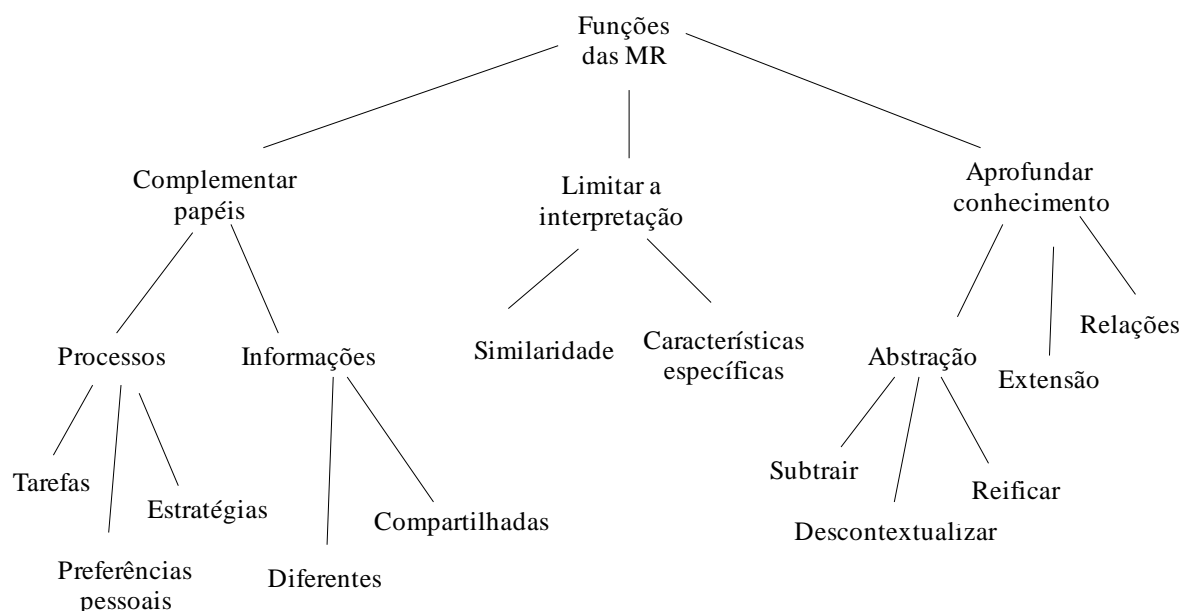


Figura 1 - Taxonomia de funções das MR proposto por Ainsworth (1999, p. 134)

Com esta taxonomia, Ainsworth pretende contribuir para a discussão sobre o papel das MR no ensino ao analisar em que situações a utilização de MR contribui para o processo de aprendizagem, pois, segundo a autora, esta nem sempre é a melhor opção. No entanto, sua

pesquisa procurou analisar que papel as MR estariam desempenhando com o olhar sobre a própria representação ou sobre como elas foram usadas nas pesquisas de outros autores. Sua análise das MR independe de quem conduz a translação entre representações. Ou seja, as funções destacadas na figura 1 não diferenciam (i) se os papéis são atribuídos pelos estudantes ao realizarem, eles mesmos, essas translações (quando for o caso); (ii) se os estudantes conseguem identificar os diferentes papéis em diferentes representações sem fazerem a translação; ou (iii) se as funções são atribuídas pelos pesquisadores sem que isto seja posto ou identificado pelo estudante. Enfim, o diagnóstico apresentado na figura 1 aponta para uma diversidade de funções percebidas em uma variedade de situações que não são diferenciadas no estudo.

A seguir, apresentamos uma descrição sucinta das funções das MR sugeridas por Ainsworth, pois estas são importantes para o instrumento de análise utilizado neste trabalho.

As MR podem cumprir papéis complementares, ou seja, ao transladar uma representação para outra se espera que a representação transladada complemente, de alguma forma, a representação inicial. A complementaridade de processos diz respeito a situações nas quais as representações são usadas para, em geral, solucionar problemas. Nesta situação as representações são utilizadas para complementar diferentes tarefas, diferentes estratégias. As preferências pessoais também impactam na escolha das MR.

Outra função complementar é o compartilhamento de informações. Neste caso, as representações podem apresentar informações totalmente diferentes umas das outras, visando a compreensão geral do fenômeno, ou compartilhar parcialmente as mesmas informações facilitando a translação entre as representações.

Quando as MR são usadas para limitar as interpretações, deseja-se que uma representação dê orientações sobre como se deve analisar a outra. Em outras palavras, uma representação atribui um sentido, um significado à outra. Em alguns casos, pode-se usar uma representação familiar (similaridade) ao indivíduo para facilitar a compreensão de outra desconhecida, ou mais abstrata. Outra possibilidade de se usar as MR é para identificar características específicas de um fenômeno que não podem ser distinguidas em uma representação, ou são de difícil percepção, mas podem ser facilmente identificadas em outra forma de representação.

Para aprofundar no conhecimento de determinado conteúdo, as MR podem ser utilizadas com diferentes funções. Abstrair a partir de diferentes representações requer as capacidades de: (i) subtrair das representações características essenciais do fenômeno ou entidade representada, sabendo descartar detalhes irrelevantes para a compreensão do fenômeno; (ii) descontextualizar os elementos subtraídos do contexto de origem; e (iii) extrapolar as entidades subtraídas e descontextualizadas para outro contexto.

A extensão é a capacidade de generalização que as MR permitem ao estudante, tanto para fora do domínio quanto aprofundando dentro do mesmo domínio. Por outro lado, a função de entendimento sobre as relações consiste em deixar claro para os estudantes as relações entre as diferentes representações. Esta função difere sutilmente da extensão apenas no caráter pedagógico das MR, isto é, a função de entendimento sobre as relações tem o objetivo de explicitar as relações e generalizações feitas quando se integra MR.

As translações entre formas de representação cumprem, portanto, diferentes funções em variados contextos e necessidades pedagógicas. Vale destacar que um conjunto de MR pode estar desempenhando mais de um papel ao mesmo tempo, ou seja, as funções exercidas pelas MR em um contexto de ensino podem ser variadas.

Neste trabalho, *investigamos quais funções as representações exercem durante a integração entre MR feita por uma licencianda de Física*. Assim, desloca-se o foco das representações em

si para o processo de integração. Ou seja, extrapolamos a ideia de pensar nas funções das representações com viés pedagógico e instrucional para uma análise centrada no processo de integração das representações feita por um indivíduo em um ambiente multirrepresentacional.

## Metodologia

Para essa pesquisa, analisamos um estudo de caso de uma licencianda do 7º período de um curso de Física de uma instituição pública federal. Julgamos que uma estudante de licenciatura lidando com diferentes representações é um caso exemplar que pode ser extrapolado para outras situações porque o foco, neste caso, não é o contexto da aprendizagem, mas a forma como a licencianda translada entre representações.

A análise dos dados de acordo com o referencial proposto foi conduzida pelos autores de maneira independente. Em seguida, a análise foi referendada em um grupo de pesquisa composto por pesquisadores experientes, alunos de doutorado e de mestrado.

Assim, o estudo de caso relatado neste trabalho foi construído a partir de uma entrevistada realizada com uma licencianda enquanto ela utilizava uma simulação computacional<sup>1</sup> para explorar o conceito de inércia, fora do ambiente de sala de aula. A entrevista foi gravada em áudio e vídeo para análise posterior.


O roteiro básico da entrevista consistiu na apresentação de uma sequência de imagens isoladas, ou em pequenos grupos (que fazem parte da simulação computacional), acompanhada de questões que buscavam compreender os sentidos que a entrevistada atribui aos signos observados. Em seguida, a simulação computacional foi apresentada e solicitou-se que a licencianda explicasse o conceito de inércia usando tal simulação.

Durante a atividade, ela mobilizou várias representações e sempre foi questionada sobre os sentidos atribuídos as representações utilizadas e os por quês das utilizações e das atribuições de sentido. A partir das situações vivenciadas por ela, identificamos os papéis que as representações desempenharam quando são integradas.

## Resultados e Discussão

O nome da licencianda foi trocado por um pseudônimo para garantir seu anonimato. Além disso, por uma questão de limitação de espaço, mostramos neste trabalho apenas alguns exemplos das funções das representações na integração multirrepresentacional feita pela licencianda. As situações que caracterizam as funções das representações se repetiram em outros momentos da entrevista, mas optamos por apresentar apenas um exemplo de cada função percebida.

### Quadro 1 - A interpretação de Luíza(L) à imagem que aparece isolada na tela

	L: Força Normal.
---	------------------


Diante da imagem (quadro 1), Luíza afirmou ser a força Normal. Acreditamos que o contexto da entrevista (a entrevistada é aluna de física, o entrevistador é professor de física e o local da gravação foi um laboratório de física) influenciou a interpretação que a aluna deu à representação. Porém, a influência do contexto não tira da relação entre as representações o papel de *limitação da interpretação e compartilhamento de informações*. No momento desta

---

<sup>1</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/forces-1d](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/forces-1d)

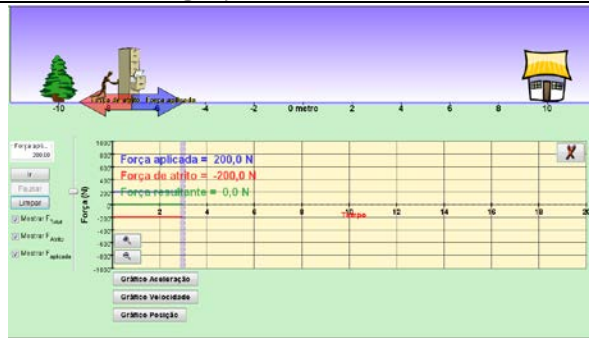
fala não tínhamos indício de que a letra F ou a letra N fosse a representação determinante na atribuição de sentidos. No entanto, em uma fala posterior, Luíza deixou claro que a característica de colocar uma letra (ou expressão) subscritada à outra fez com que ela atribuísse um sentido a partir da subscrição. Assim, a letra N foi utilizada como base para atribuir sentido ao F. Ou seja, o F não é um F qualquer, pois o N impõe uma forma de entender que F é força (*limitação da interpretação*). Além disso, uma vez determinado que F é força eles *compartilham informações* para determinar que não é uma força qualquer, mas é a força Normal.

### Quadro 2 – Integração entre duas representações conflitantes para Luíza

	<p>L: Força gravitacional para cima, oposta. Entrevistador (E): Oposta, como assim? L: Uma força que está sendo aplicada para cima. E: Então isso (indicando a seta), também é uma força que está sendo aplicada para cima? L: É. E: E você consegue identificar que força é essa? L: Não! A força Gravitacional é para baixo, então não poderia ser. E: Mas este mesmo <math>F_G</math> apareceu antes e você falou que era força Gravitacional. L: ... força Gravitacional (ela termina a frase junto com o entrevistador). Mas poderia ser uma denominação de um ponto qualquer que eu chamei de G. E agora está mostrando que é uma força que está sendo aplicada nele para cima. E: Então não seria, necessariamente, a força... L: ... Gravitacional. Por mais que eu tenha denominado assim antes.</p>
---	---

Neste episódio (quadro 2), Luíza não se atentou para o fato de que as duas representações estavam codificadas com cores diferentes. Ou seja, naquele momento, o código de cores não indicou nada para ela. Embora Bodemer, et al. (2004) afirmem que código de cores pode ajudar na vinculação de dois símbolos, nesta situação a licencianda não fez esta conexão. Houve uma *limitação* imposta por uma representação *na forma de interpretar* a outra. O vetor, julgado incorreto pela aluna, impôs uma interpretação ao símbolo  $F_G$ , para que este se adequasse às suas concepções.

### Quadro 3 – Integração entre MR como forma de confirmar informação

	<p>E: Você pediu para ver o gráfico. Por quê? L: Para ver que informação o gráfico vai me dar. E: E que informação ele te deu que acrescentou ao que você já tinha pensado antes? L: Que a força resultante está dando zero. E: Isso você não tinha antes? L: Tinha, porque eu sabia que o objeto não estava movimentando, então eu sabia que a força resultante era zero. Eu tenho que aplicar uma força que vai fazer com que a força resultante seja maior. Então para isso eu tenho que levar em consideração o atrito. (...) L: Eu estou aumentando a força aplicada e está aumentando a força de atrito??!! E: Por que você falou que está aumentando a força aplicada e está aumentando a força de atrito? L: As setas estão aumentando juntas e o próprio gráfico está me dando isso.</p>
---	---

A licencianda apresentou a concepção de que a força resultante é zero em um corpo em equilíbrio estático (quadro 3). Esta é uma conclusão que foi obtida a partir da não movimentação do objeto. Luíza, no entanto, precisou de outra representação, no caso o valor

expresso no gráfico, para confirmar uma informação que ela afirmou já dispor. Neste sentido, o valor expresso cumpre um papel de reafirmar uma informação repetida, não como forma de compartilhamento de informações, mas como *confirmação de uma informação* obtida. Na construção do conhecimento, por vezes é necessário ter a mesma informação por diferentes fontes a fim de que o aluno tenha confiança nos resultados e afirmações que está fazendo. Naquele contexto, Luíza pareceu procurar outra forma de representar para confirmar suas conclusões e se certificar de que não estaria fazendo nada errado na simulação.

Neste mesmo episódio, Luíza introduziu a força de atrito na discussão. Embora ela não tenha falado que utilizou essa força, ela afirmou que para o objeto deslocar seria necessário “*levar em consideração o atrito*”. Como esta informação está explícita no gráfico, supomos que ela a tenha usado como *complementação de informação* e *definição de estratégia*, pois a força aplicada por ela teria que ser maior do que o atrito. Essa suposição se reforça quando ela afirmou, com certo espanto: “*eu estou aumentando a força aplicada e está aumentando a força de atrito??!*” e no final da mesma fala, quando ela afirmou que a força de atrito estava aumentando com base na informação do gráfico. Porém o que ela utilizou, e apontou na tela, foram os valores expressos no gráfico e não a linha do gráfico. Portanto, para afirmar que a força de atrito estaria aumentando, ela teria que estar atenta ao valor anterior e ter guardado este número na memória. Assim, parece que ela utilizou a informação do valor da força de atrito para definir o próximo valor de força aplicada que ela iria colocar na simulação.

## Conclusão

Acreditamos que as MR cumpriram o papel de limitação das interpretações a todo momento na utilização da simulação. Por exemplo, cada índice de vetor ( $F_N$ ,  $F_{aplicada}$  etc.) limitava a interpretação do próprio vetor. No entanto, uma vez que Luíza já tinha atribuído sentido à junção entre o índice e o vetor, ela passou a reconhecer os dois signos integrados como se fossem um só (VAN DER MEIJ; DE JONG, 2006).

Por outro lado, no segundo momento da entrevista, houve uma variedade maior de papéis que as MR cumpriram na tarefa. As limitações das interpretações e a complementaridade de papéis foram as funções que mais se repetiram durante a entrevista. Além destas funções, identificamos, também, a função de definição de estratégia.

Ainda sobre as funções exercidas pelas MR, vale destacar que em algumas situações Luíza obteve uma conclusão através de uma forma de representação para, em seguida, conferir suas conclusões através da análise de outra forma de representação. Nestas situações, a construção do conhecimento passou por momentos de insegurança quanto às suas próprias conclusões, uma situação comum em processos de aprendizagem. Neste caso, a segunda forma de representar serviu como um *confirmador das conclusões obtidas* a partir da primeira. Ainda que as diferentes representações apresentassem diferentes informações, a licencianda não utilizou tais diferenças para construir uma conclusão única a partir das MR – o que caracterizaria a função de complementaridade sugerida por Ainsworth (1999). Luíza já tinha elaborado uma conclusão a partir de uma representação e passou para a segunda representação para reafirmar suas conclusões. Isto sugere que a análise das funções das MR a partir da integração feita por uma estudante nos levou a identificar um papel que não poderia ser percebido pela análise das representações em si.

Assim, destacamos a relevância de se analisar as MR com o olhar sobre a integração entre MR feita pelo estudante porque os papéis atribuídos pelos elaboradores dos materiais instrucionais nem sempre são aqueles que as MR cumprem quando os estudantes transladam entre as representações.

Desta forma, sugerimos mais pesquisas na área avaliem o processo de integração entre as representações, pois acreditamos que existe uma riqueza de situações vivenciadas pelos estudantes que não conseguimos acessar quando o foco da análise está deslocado do indivíduo.

## Referências

AINSWORTH, S. The functions of multiple representations. **Computers & Education**, v. 33, p. 131–152, 1999.

BERTHOLD, K.; EYSINK, T. H. S.; RENKL, A. Assisting self-explanation prompts are more effective than open prompts when learning with multiple representations. **Instructional Science**, v. 37, p. 345–363, 2009.

BODEMER, D. et al. The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualisations. **Learning and Instruction**, v. 14, p. 325–341, 2004.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC-SEMTEC, 2002.

DUFRESNE, R. J.; GERACE, W. J.; LEONARD, W. J. Solving Physics Problems with Multiple Representations. **The Physics Teacher**, v. 35, p. 270, 1997.

GOLDMAN, S. R. Commentary: Learning in complex domains: when and why do multiple representations help? **Learning and Instruction**, v. 13, p. 239–244, 2003.

KOZMA, R. The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. **Learning and Instruction**, v. 13, p. 205–226, 2003.

LOWE, R. K. Extracting information from an animation during complex visual learning. **European Journal of Psychology of Education**, v. 14, n. 2, p. 225–244, 1999.

REGO, S. C. R.; GOUVÊA, G. Imagens na disciplina escolar física: possibilidades de leitura. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 1, p. 127–142, 2013.

ROGERS, Y. Commentary: What is different about interactive graphical representations? **Learning and Instruction**, v. 9, p. 419–425, 1999.

VAN DER MEIJ, J.; DE JONG, T. Supporting students' learning with multiple representations in a dynamic simulation-based learning environment. **Learning and Instruction**, v. 16, p. 199–212, 2006.

WU, H.-D.; PUNTAMBEKAR, S. Pedagogical Affordances of Multiple External Representations in Scientific Processes. **Journal of Science Education and Technology**, v. 21, p. 754–767, 2012.