

# O uso de simulações computacionais com o predizer-observar-explicar no aprendizado de conceitos de Física: uma revisão da literatura

## RESUMO

Apresenta-se neste trabalho uma revisão da literatura de simulações computacionais através da estratégia didática predizer-observar-explicar para o ensino de conceitos da Física no período de 1999 até 2020. A metodologia do trabalho foi construída seguindo as etapas desenvolvidas por Moreira (2004). São elas: a escolha do assunto e estabelecimento dos objetivos; levantamento bibliográfico; leitura inspeccional; estabelecimento e aplicação de roteiro de leitura; organização das pesquisas relevantes segundo um critério lógico; avaliação crítica e conclusão. As buscas foram realizadas nas plataformas *Science Direct*, *Web of Science*, *Scopus*, *SciELO* e *Eric*, através das seguintes palavras-chave: “*predict observe explain*” and “*simulations*”; “*predicir observar explicar*” y “*simulaciones*”; “predizer observar explicar” e “simulações”. Em seguida foi realizada uma leitura dos resumos, resultando em 54 trabalhos que satisfaziam duas restrições estabelecidas simultaneamente: uso do POE e uso de simulações. A análise destes artigos permitiu identificar periódicos citados de forma recorrente. A identificação desses periódicos proporcionou que, em um segundo momento, fosse realizada uma busca mais específica, conduzida diretamente nas páginas da WEB dos periódicos. Os critérios de busca de palavras-chave e período de publicação foram mantidos e, dessa forma, 18 novos artigos foram selecionados. Portanto, essa etapa resultou na seleção de 72 artigos. Na etapa de leitura inspeccional, foi realizada uma organização da ordem de leitura dos artigos. Na etapa estabelecimento e aplicação de um roteiro de leitura foram excluídos, dentre os 72 artigos, aqueles que não atendiam os seguintes critérios: 1) estudos que não tratam do ensino de física; 2) estudos que não tratam de simulações computacionais; 3) estudos que não utilizam o POE; 4) revisões sistemáticas e 5) artigos teóricos. Ao final foram excluídos 46 artigos. Finalmente, 26 artigos foram avaliados de acordo com três categorias: perfil da pesquisa, referencial teórico e coleta de dados e seus resultados. A pesquisa apresenta dois resultados relevantes: 1) existe uma tendência de intensificar a discussão e a escrita, com um aumento de estudos que exploram o processo de expressão e articulação do aluno e 2) existe um esgotamento do modelo de mudança conceitual e a busca por novas formulações teóricas no âmbito do desenvolvimento do POE. Numa época em que se planeja juntar esforços para aprimorar o ensino de física e formular projetos e ações ligadas à formação de professores, estudos de revisão como esse desempenham importante papel para o processo. Nesse sentido professores, profissionais e acadêmicos podem utilizar os resultados para enriquecer conhecimentos na área, aprimorar estratégias de ensino ou mesmo nortear a construção de novas pesquisas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Simulações computacionais. Predizer-observar-explicar. Revisão de literatura.

**Marcio Pizzi de Oliveira**

[marcio@rumori.com.br](mailto:marcio@rumori.com.br)

[orcid.org/0000-0001-5102-8888](https://orcid.org/0000-0001-5102-8888)

Centro Federal de Educação Tecnológica  
Celso Suckow da Fonseca, CEFET-RJ,  
Campus Valença, Rio de Janeiro, Brasil.

**Alberto Silva Cid**

[asilvacid@gmail.com](mailto:asilvacid@gmail.com)

[orcid.org/0000-0001-7690-0054](https://orcid.org/0000-0001-7690-0054)

Centro Federal de Educação Tecnológica  
Celso Suckow da Fonseca, CEFET-RJ,  
Campus Valença, Rio de Janeiro, Brasil

## INTRODUÇÃO

A estratégia didática predizer-observar-explicar (POE) se desenvolveu inicialmente devido à verificação de equívocos que os alunos apresentaram durante o estudo da mecânica clássica (CHAMPAGNE; KLOPFER; ANDERSON, 1980, pp. 29–30). A primeira nomenclatura foi demonstrando-observar-explicar, no entanto, o método foi transformado e recebeu a nova denominação (WHITE; GUNSTONE, 1992, p. 44). Durante uma atividade com POE, os alunos devem ser encorajados a apresentar suas ideias para possibilitar uma visão sobre um fenômeno (predizer), devem estar em contato com situações que possam criar um conflito cognitivo dentro de sua proposta (observar), e finalmente devem reconfigurar a explicação com base em discussões com pequenos grupos (explicar) (BILEN; ÖZEL; KÖSE, 2016, p. 74).

O modelo de mudança conceitual, de grande relevância para o surgimento do POE, teve forte ascensão na década de 1980. Apesar desse fenômeno, o modelo foi criticado já em seus pressupostos piagetianos. Segundo Driver e Easley (1978), o pensamento de Piaget oferecia um excessivo esforço na verificação da lógica subjacente, desprestigiando um rico contingente de ideias apresentadas pelas crianças. Outras abordagens ganharam força como a mudança no perfil conceitual (MORTIMER, Eduardo F., 1995) ou competição conceitual (MALONEY; SIEGLER, 1993), legitimando outras formas de encarar o processo de aprendizado. Apesar do valor fundamental no âmbito da criação do POE, o modelo de mudança conceitual não era consensual nos primeiros estudos acerca da estratégia didática. Tao e Gunstone (1999b) verificaram que o conflito cognitivo pode ser encarado de maneiras bem diferentes pelos alunos, provocando, em alguns casos, desdobramentos pouco produtivos para aprendizado.

Mesmo com as divergências no âmbito do modelo de mudança conceitual, o POE se tornou uma estratégia didática atraente sendo enfocada por diversos estudos. O POE foi utilizado por várias pesquisas no âmbito do diagnóstico do entendimento dos alunos e da identificação de seus níveis de realização (LIEW; TREAGUST, 1998), da colaboração entre pares (TAO; GUNSTONE, 1999a), abordagem profunda *versus* abordagem superficial no aprendizado (CHIN; BROWN, 2000) e a relação entre as explicações científicas dos alunos e seu aprendizado (RUIZ-PRIMO *et al.*, 2010). Amparado pelo estudo de diversos autores, o POE constitui uma estratégia relevante e sua associação com as simulações computacionais oferece oportunidade de motivar importantes contribuições para o ensino da física. Tal consideração se alinha com os achados dos estudos de simulação computacional acerca da efetividade do uso desses recursos com metodologias que promovam a interação e o protagonismo dos alunos na concretização de seu aprendizado (CORTER *et al.*, 2011; LÓPEZ; VEIT; ARAUJO, 2016)

Para avançar na compreensão do fenômeno das simulações computacionais com o uso de POE e a estruturação de evidências que informem e motivem as práticas de construção de estratégias didáticas no âmbito do estudo da Física, verifica-se a importância de realizar uma revisão da literatura acerca do emprego de simulações computacionais com o uso de POE para o aprendizado de conceitos de física. Assim, a presente revisão conduz um estudo que compreende artigos no período de 1999 até 2021.

As questões norteadoras da pesquisa são as seguintes: quais são as variações estratégicas presentes na produção acadêmica acerca do emprego de simulações computacionais com o POE no período de 1999-2021? Qual o referencial teórico utilizado na construção dos estudos? Quais são as estratégias de coleta de dados utilizadas e quais são seus resultados?

## METODOLOGIA

A metodologia do trabalho foi construída seguindo as etapas desenvolvidas por Moreira (2004). São elas: a escolha do assunto e estabelecimento dos objetivos; levantamento bibliográfico; leitura inspeccional; estabelecimento e aplicação de roteiro de leitura; organização das pesquisas relevantes segundo um critério lógico; avaliação crítica e conclusão. Na primeira etapa ficou estabelecido que a revisão de literatura deveria identificar artigos publicados em revistas especializadas no Ensino de Física entre os anos 1999 e 2021, escritos em inglês, espanhol ou português.

O levantamento bibliográfico teve início com uma busca de trabalhos que em seus escopos trazem atividades didáticas baseadas na metodologia POE aliadas ao uso de simulações computacionais. Essas buscas foram realizadas nas plataformas *Science Direct*, *Web of Science*, *Scopus*, *SciELO* e *Eric*, através das seguintes palavras-chave: “*predict observe explain*” and “*simulations*”; “*predicir observar explicar*” y “*simulaciones*”; “predizer observar explicar” e “simulações”.

A busca foi seguida da leitura dos resumos, resultando em 54 trabalhos que satisfaziam duas restrições estabelecidas simultaneamente: uso do POE e uso de simulações. Por sua vez, a análise destes artigos permitiu identificar periódicos citados de forma recorrente: *Australasian Journal of Educational Technology*, *Computers and Education*, *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *International Journal of Science Education*, *Journal of Physics*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Journal of Science Education and Technology*, *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, *Learning: Research and Practice*, *Research in Science Education*, *Acta Scientiae*, *Ciência & Educação (Bauru)*, *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, *Lumat*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *Revista Cadernos de Educação Básica*, *Revista Ciência em Extensão*, *Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, *Revista do Professor de Física*.

Assim, a identificação dos periódicos elencados permitiu que, em um segundo momento fosse realizada uma busca mais específica, conduzida diretamente nas páginas da WEB dos periódicos. Os critérios de busca de palavras-chave e período de publicação foram mantidos e, dessa forma, dezoito novos artigos foram selecionados. Portanto, essa etapa resultou na seleção de 72 artigos.

Na etapa de leitura inspeccional, foi realizada uma organização da ordem de leitura dos artigos. Na etapa estabelecimento e aplicação de um roteiro de leitura foram excluídos, dentre os 72 artigos, aqueles que não atendiam os seguintes critérios:

- 1) Estudos que não tratam do ensino de física
- 2) Estudos que não tratam de simulações computacionais

3) Estudos que não utilizam o POE

4) Revisões sistemáticas

5) Artigos teóricos

Ao final foram excluídos 46 artigos. Na etapa organização das pesquisas relevantes segundo um critério foram estruturados três grandes eixos: perfil da pesquisa, referencial teórico e metodologias e seus resultados. A avaliação crítica e a conclusão serão apresentadas no final do trabalho. A tabela abaixo apresenta as revistas que publicaram os artigos selecionados.

**Tabela 1:** Revistas onde os artigos de simulações computacionais através de POE foram publicados no total de 26 artigos (N=26).

Internacional	Nacional
Computers and Education (1)	Acta Scientiae (1)
International Journal of Science Education (4)	Ciência & Educação (Bauru) (1)
Journal of Physics (3)	Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista (1)
Journal of Research in Science Teaching (1)	Experiências em Ensino de Ciências (1)
Journal of Science Education and Technology (2)	Lumat (1)
Jurnal Pendidikan IPA Indonesia (1)	Revista Brasileira de Ensino de Física (4)
Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika (1)	Revista Cadernos de Educação Básica (1)
Learning: Research and Practice (1)	Revista Ciência em Extensão (1)
	Revista do Professor de Física (1)

Fonte: Autoria própria (2021).

## OS TIPOS DE POE E SUAS RESPECTIVAS ABORDAGENS TEÓRICAS

Para verificar o referencial teórico foram criadas as seguintes categorias: tipo de POE e abordagem teórica.

### TIPO DE POE

Foram identificados os formatos POE, PPOEW, POEAW, PDEODE, PDEODE\*E. Um dos formatos não foi explicitado.

**Tabela 2:** Tipos de POE e origens teóricas dos artigos de simulações computacionais através de POE no total de 26 (N=26).

Tipo	Autores	Número
POE (White e Gunstone, 1992, Tao e Gunstone 1999)	Tao e Gunstone (1999a); Tao e Gunstone (1999b); Monaghan e Clement (1999); Monaghan e Clement (2000); Zacharia (2005); Weiss e Neto (2005); Dorneles, Araújo e Veit (2008); Dorneles, Araújo e Veit (2008); Dorneles, Araújo e Veit (2012); Mendes, Costa e De Sousa (2012); Küçüközer (2013); Pieper e Neto (2015); Pieper (2019); Rodrigues e Neide (2018); Andrade, Junior e Buffon (2018);	15
POE (Henessy et al. 2007)	Rutten, Jan der Veen e Joolingen (2015); Rutten, Jan der Veen e Joolingen (2016);	2
POE (Hayson e Bowen 2010)	Santos e Sasaki (2015); Vaara e Sasaki (2019);	2
Predizer, Planejar, Observar, Explicar, Escrever (PPOEW)	Jubaedah et al. (2019);	1
Prever, Observar, Explicar, Aplicar e Escrever (POEAW)	Luthfiani, Sinaga e Samsudin (2018);	1
PDEODE	Samsudin et al. (2019);	1
PDEODE*E	Fratiwi, Samsudin e Costu (2018);	1
Não cita	Bumbacher et al. (2018); Fagundes e Sasaki (2019); Siswoyo (2019).	3

Fonte: Autoria própria (2021).

Dentre os estudos selecionados (N=26), 19 recorrem à estrutura básica *predict-observe-explain*. Dos 19 estudos mencionados, 15 utilizam a visão dos autores Richard White, Richard Gunstone e Ping-Kee. Em White e Gunstone (1992), os autores sistematizaram a estrutura fundamental do POE. Em Tao e Gunstone (1999a), os autores realizaram uma associação entre o POE e o uso de simulações computacionais. O estudo de Monaghan e Clement (1999) não cita diretamente nenhum autor em relação ao uso do POE, entretanto, o estudo de Monaghan e Clement (2000) cita o estudo de Tao e Gunstone (1999a).

Em dois estudos, o POE foi utilizado com adaptações atribuídas ao estudo de Henessy et al. (2007). Os estudos de Rutten, Jan der Veen e Joolingen (2015) e Rutten, Jan der Veen e Joolingen (2016) apresentam uma etapa anterior ao *predict* chamada *recall*. Nela, o professor realiza perguntas sobre conceitos que o aluno já aprendeu. Os autores se apoiam na reflexão de que as simulações computacionais devem ser utilizadas para estimular a atuação dos alunos de tal modo que o significado do instrumento didático seja transformado. Assim, o POE atua como um recurso que oportuniza a inserção de explicações em práticas significativas mediadas pelas tecnologias (HENNESSY *et al.*, 2007).

Os estudos de Santos e Sasaki (2015) e Vaara e Sasaki (2019) citam como referência ao POE o estudo de Hayson e Bowen (2010). Os autores utilizam um estrutura configurada da seguinte forma: motivação (os professores remetem a experiências do cotidiano dos alunos), introdução (apresentação do experimento), previsão (os alunos realizam previsões acerca do fenômeno), discussão das previsões (são debatidas previsões e justificativas sem a presença do professor), observação (a simulação computacional é utilizada para explicitar a natureza do fenômeno), explicação (os alunos são convidados a analisar o que foi visto), explicação científica (apresentação do modelo científico pelo professor) e prosseguimento (exploração dos conceitos trabalhados no processo).

O estudo de Jubaedah et al. (2019) enfoca uma atividade baseada no modelo Predizer, Planejar, Observar, Explicar, Escrever (PPOEW). Essa estrutura foi extraída do estudo de Sekarningrum, Sajidan e Sarwanto (2014). Os autores se baseiam na premissa de que a escrita contribui para um papel ativo onde o aluno pode explorar a construção de uma concepção pessoal, onde a escrita tem um papel estruturante para o pensamento (SEKARNINGRUM; SAJIDAN; SARWANTO, 2014). O estudo de Luthfiani, Sinaga e Samsudin (2018) propõe a validação de uma proposta didática nomeada Predizer, Observar, Explicar, Aplicar e Escrever (POEAW). Os autores utilizam a estratégia pense-converse-escreva de forma integrada com POE, gerando a estrutura POEAW. O estudo de Fratiwi, Samsudin e Costu (2018) utiliza o modelo Predizer, Discutir, Explicar, Observar, Discutir, Explorar e Explicar (PDEODE\*E) desenvolvido no estudo de Samsudin et al. (2017). No estágio explorar foi inserida uma prática com simulação computacional. O estudo de Samsudin et al. (2019) utiliza uma adaptação do modelo apresentado em Samsudin et al. (2017) configurada como Predizer, Discutir, Explicar, Observar, Discutir, Explicar (PDODE). Os estudos de Bumbacher et al. (2018), Fagundes e Sasaki (2019) e Siswoyo (2019) não apresentam a referência do POE utilizado.

Muitas mudanças foram inseridas do escopo da estratégia didática desde que sua base original foi construída. A fase *recall* atribuída ao trabalho de Henessy et al. (2007) e as fases motivação e introdução atribuídas ao trabalho de Hayson e Bowen (2010) evidenciam uma preocupação em qualificar a parte predizer do modelo. A busca por motivar e ampliar o debate fica evidente na inclusão de fases de discussão dos modelos de Hayson e Bowen (2010), Fratiwi, Samsudin e Costu (2018) e Samsudin et al. (2017). Evidencia-se também o interesse inserir aspectos acerca de um envolvimento mais ativo por meio da exploração e da escrita. Quanto a isso podemos assinalar os estudos de Jubaedah et al. (2019) e Luthfiani, Sinaga e Samsudin (2018), enquanto a exploração pode ser citada pelo o trabalho de Fratiwi, Samsudin e Costu (2018). Verifica-se nessas mudanças um comprometimento com a intensificação o debate, o registro das ideias por meio da escrita e por um envolvimento maior de caráter exploratório. Nota-se também a demanda por repetir algumas fases como no caso de as fases discutir e explicar. Essas configurações indicam a necessidade de aumentar a busca pela revisão de argumentos e a reconfiguração de ideias.

## ABORDAGEM TEÓRICA

Foram estruturadas as seguintes categorias quanto a fundamentação teórica: aprendizagem ativa com o modelo de David Ausubel, ensino por investigação,

validação, modelo de mudança conceitual (MMC), teoria da mediação cognitiva (TMC), imagens e visualização, aprendizagem colaborativa com suporte de computador (CSCL) e explicação científica.

**Tabela 3:** Referencial teórico dos artigos de simulações computacionais com POE

Tipo	Autores	Número
Aprendizagem ativa com o modelo de David Ausubel	Weiss e Neto (2006); Dorneles, Araújo e Veit (DORNELES, Pedro Fernando Teixeira; ARAUJO; VEIT, 2008); Dorneles, Araújo e Veit (2008); Dorneles, Araújo e Veit (2012); Mendes, Costa e De Sousa (2012);	5
Ensino por investigação	Rutten, Jan der Veen e Joolingen (2015); Rutten, Jan der Veen e Joolingen (2016); Andrade Junior e Buffon (2018); Bumbacher et al. (2018);	4
Validação	Luthfiani, Sinaga e Samsudin (2018); Fratiwi, Samsudin e Costu (2018); Siswoyo (2019);	4
Modelo de mudança conceitual (CCM)	Tao e Gunstone (1999b); Küçüközer (2013);	2
Teoria da Mediação Cognitiva (TMC)	Pieper e Neto (2015); Pieper (2019);	2
Imagens e Visualização	Monaghan e Clement (1999); Monaghan e Clement (2000);	2
Aprendizagem colaborativa com suporte de computador (CSCL)	Tao e Gunstone (1999a);	1
Explicação científica	Zacharia (2005).	1

Fonte: Autoria própria (2021).

Cinco estudos exploram a teoria da abordagem ativa de David Ausubel. O estudo de Dorneles, Araújo e Veit (2012) avalia o uso de simulações computacionais através de POE sob a perspectiva de conceitos de David Ausubel e interação social proposto por Lev Vygotsky. Em relação ao trabalho de Ausubel, são utilizados os conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Segundo o princípio da diferenciação progressiva, as matérias compostas por conceitos mais inclusivos devem ser apresentadas primeiro para aos poucos serem diferenciadas e detalhadas em seus pormenores. Na reconciliação integrativa o processo de instrução deve evitar segmentações arbitrárias como aquelas realizadas na divisão entre livros didáticos e capítulos de livros, buscando similaridades, diferenciações importantes e reconciliações de discrepâncias reais ou aparentes. Os estudos Dorneles, Araújo e Veit (2008) e Mendes, Costa e De Sousa (2012) também utilizam os conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. O estudo de Dorneles, Araújo e Veit (2008) utiliza a abordagem de David Ausubel, no entanto, o uso da teoria se dá de forma ampla sem a citação de conceitos específicos.



O estudo de Weiss e Neto (2006) trabalha com a visão de evolução conceitual presente em Greca e Moreira (2003) formulado com base nas ideias de David Ausubel e Joseph Novak. Segundo essa visão, toda a concepção apresenta uma estrutura semelhante a uma nuvem de significados adquiridos. A forma como os indivíduos discernem os significados aceitos ou não aceitos se consolida de forma contextual na medida em que se busca o entendimento sobre um fenômeno.

Os estudos de Rutten, Jan der Veen e Joolingen (RUTTEN; VAN DER VEEN; VAN JOOLINGEN, 2015; 2016), Andrade, Junior e Buffon (2018) e Bumbacher et al. (2018) apresentam o uso de simulações computacionais através do POE baseados no Ensino por Investigação. A proposta utilizada se vincula ao construtivismo, buscando um ensino ativo e colaborativo onde os objetivos da aula se alinham convenientemente com os recursos tecnológicos utilizados. Essa abordagem propõe uma construção do conhecimento mediada por questões e problemas a fim de que os alunos possam “formular e testar hipóteses, discutir com seus pares e com o professor, construir argumentação, e passar da linguagem cotidiana para a linguagem científica” (ANDRADE; OTAVIO BUFFON; SCARPAT JUNIOR, 2018, p. 64).

Os estudo de Luthfiani, Sinaga e Samsudin (2018) e Fratiwi, Samsudin e Costu (2018) desenvolvem validações de atividades de simulação computacional através do POE por meio do método 4D (definindo, projetando, desenvolvendo e divulgando). No estudo de Luthfiani, Sinaga e Samsudin (2018), o resultado é o desenvolvimento de uma estratégia de estrutura POEAW. Na fase de definição os autores identificam a demanda de incluir a escrita na estratégia didática. A fase projetando inclui a estratégia pensar, falar e escrever (TTW). Na fase desenvolvendo os autores chegam à forma final de Prever, Observar, Explicar, Aplicar e Escrever. Os autores não realizam a fase divulgando. O modelo foi validado por quatro especialistas alcançando 87% em conteúdo de aprendizagem e 89% em componente da matéria.

O estudo de Fratiwi, Samsudin e Costu (2018) propõe o desenvolvimento de estratégias didáticas com simulações computacionais comparando o POE com a estrutura PDEODE\*E. Na fase definir, os autores avaliam a demanda por comparar metodologias. A fase planejando apresenta o projeto delineando um roteiro com a inclusão da simulação computacional. Na fase de disseminação, avaliam-se os efeitos de cada uma das estratégias. Os autores apresentam os dados da aplicação das estratégias. Os resultados são expostos na seção de avaliação de resultados. O estudo de Siswoyo (2019) utiliza o modelo ADDIE que consiste em análise, design, desenvolvimento, implementação e avaliação. O resultado é a apresentação do desenvolvimento de um livro texto com propostas de POE através de simulações computacionais. Os resultados do componente de validação da viabilidade gráfica são 91,1% (muito viável), a validação do componente de viabilidade do conteúdo é 97,5% (muito viável) e a validação do componente de viabilidade instrucional é 81,7% (muito viável).

Os de Tao e Gustone (1999b) e Küçüközer (2013) são fundamentados no modelo de mudança conceitual. O estudo salienta a importância de explicitar a instrução na transferência do aprendizado, ressaltando semelhanças entre os contextos trabalhados, oferecer uma diversidade de experiências de aprendizado em diversos contextos e abordar a generalidade dos conceitos científicos. O estudo de Küçüközer (2013) também utiliza o modelo de mudança conceitual para



produzir um estudo de simulações computacionais em 3D através de POE com o intuito de produzir um efeito duradouro. Para isso, utiliza os princípios de Poderoso Ambiente de Aprendizado (PLE). Esses princípios consistem em aumentar o envolvimento dos alunos, perceber a situação da aprendizagem, melhorar a qualidade da colaboração na aprendizagem, permitir que os alunos expressem os seus conhecimentos e dar aos alunos oportunidades de se envolverem em processos de aprendizagem chave.

Os estudo de Pieper e Neto (2015) e Pieper (2019) utilizam a teoria da mediação cognitiva desenvolvida por Souza (2004). Segundo o autor, essa teoria contextualista e construtivista fornece uma síntese teórica de teorias psicológicas e estruturais. De acordo com essa teoria, a cognição do ser humano resulta de algum tipo de processamento de informação sendo ele limitado. Qualquer sistema físico é capaz de realizar operações lógicas em algum grau sendo usados pelo ser humano de maneira interativa para realizar o processamento de informações cerebrais. Segundo a teoria, sistemas externos são utilizados pelo ser humano através da criação de competências específicas, desenvolvendo assim mediações com *drivers*.

Os estudos de Monaghan e Clement (1999) e Monaghan e Clement (2000) utilizam os conceitos de imagens e visualização de Finke (1989). Segundo os autores, imagens são a invenção mental ou a recriação de uma experiência que remete a experiência de perceber um objeto ou evento. A visualização remete a imagem do tipo visual em oposição ao tipo sinestésico ou imagem aural. O primeiro estudo buscou reunir evidências sobre a possibilidade de os alunos criarem imagens mentais vinculadas com uma experiência com simulações computacionais. O segundo estudo comparou o uso de imagens mentais e a aplicação de algoritmos matemáticos na resolução de problemas.

O estudo de Tao e Gunstone (1999a) se fundamenta na aprendizagem colaborativa com suporte de computador (CSCL). A CSCL tem origem nas ideias de Lev Vygotsky enfocando os processos de desenvolvimento de significados compartilhado em atividades com computadores. O estudo de Zacharia (2005) avalia o impacto que o uso da simulação computacional através do POE pode ter sobre a maneira de explicar dos estudantes. O estudo utiliza dois conceitos de explicação como referência: o dedutivo-nomológico, onde se apresenta condições antecedentes e leis gerais (*explanan*) para criar uma explicação de um fenômeno (*explanandum*); e o “buscando a razão”, onde são apresentados argumentos racionais podendo incluir “resultados presumidos, crenças sobre a eficácia de meios alternativos de atingir esses resultados e uma avaliação crítica dos meios escolhidos” (ZACHARIA, 2005, p. 1746 citando Hempel 1965).

Motivados inicialmente pelo modelo de mudança conceitual, os estudos acerca da estratégia didática POE incluíram com o tempo novos aportes teóricos. São teorias desenvolvidas por Ronald Finke, Bruno Souza, Marco Moreira, Illeana Greca, David Ausubel e Joseph Novak. Verifica-se uma tendência no uso das ideias de David Ausubel através da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Sob essa perspectiva, a transformação conceitual dá lugar ao aprimoramento dos conhecimentos considerando que as concepções se tornam mais elaboradas e mais ricas, evoluindo sem perder a identidade (MOREIRA, Marco Antonio; GRECA, 2003). O modelo de mudança conceitual foi perdendo força e dando espaço para novas estruturações teóricas. Os novos modelos teóricos indiciam a tentativa de

olhar para os conhecimentos dos alunos como fenômenos idiossincráticos atrelados ao contexto.

## DA COLETA DE DADOS E OS RESULTADOS DAS PESQUISAS

### COLETAS DE DADOS

Foram identificados o uso de pré e pós-testes, questionários, entrevistas, observação participante, gravação das interações, questionários do tipo Likert, *quiz*, notas de campo, entrevistas semiestruturadas, questões dissertativas, guias preenchidos, teste, entrevistas com os professores, observações das aulas e questionários dos alunos.

**Tabela 8:** Instrumentos de coleta de dados dos artigos de simulações computacionais através de POE no total de 26 (N=26).

Coleta de dados	Artigos	Número
Pré e pós-testes	Rutten, Jan der Veen e Joolingen (2016); Fratiwi, Samsudin e Costu (2018); Bumbacher et al. (2018); Samsudin et al. (2019) Jubaedah et al. (2019);	7
Pré e pós-testes e entrevistas	Monaghan e Clement (1999); Weiss e Neto (2006); Küçüközer (2013); Pieper e Neto (2015); Pieper (2019);	5
Pré e pós-testes e questionários	Mendes, Costa e De Sousa (2012); Santos e Sasaki (2015); Vaara e Sasaki (2019);	3
Entrevistas	Zacharia (2005); Dorneles, Araújo e Veit (2008);	2
Observação participante	Dorneles, Araújo e Veit (2008); Fagundes e Sasaki (2019);	2
Questionários	Rodrigues e Neide (2018); Andrade Junior e Buffon (2018);	2
Gravação das interações e entrevistas	Monaghan e Clement (2000);	1
Gravação das interações, questionários do tipo Likert, pré e pós-testes, um quiz e 3 rodadas de entrevistas	Tao e Gunstone (1999a);	1
Gravação das interações, pré e pós-testes e outro pós-teste (qualitativos), um quiz, notas de campo e entrevistas	Tao e Gunstone (1999b);	1
Entrevista semiestruturada, questões dissertativas, notas de campo guias preenchidos e teste	Dorneles, Araújo e Veit (2012);	1
Entrevistas com os professores, observações das aulas e questionários do tipo Likert	Rutten, Jan der Veen e Joolingen (2015).	1

Fonte: Autoria própria (2021).

## AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados foram avaliados sob o ponto de vista do aprimoramento do conhecimento dos alunos. A avaliação em seguida segue as categorias apresentadas na tabela 8.

### Categoria 1. Pré e Pós-Testes

O estudo de Rutten, Jan der Veen e Joolingen (2016) comparara a condição “acostumada” onde o professor decide como a aula deve acontecer (condição experimental) e a condição "instrução de pares" onde os alunos assumem protagonismo e se engajam diretamente no seu aprendizado. O POE foi inserido permeando as duas aulas. Os efeitos de aprendizagem revelados pelos ganhos de pré-teste, pós-teste e pós-teste atrasado não favoreceram consistentemente nenhuma das condições. O estudo de Bumbacher et al. (2018) comparou ambientes de manipulação tanto na condição de simulação computacional ou na condição física. Não se verificou nenhum efeito mensurável do POE na compreensão conceitual. Os autores relatam que uma intervenção mais longa poderia gerar efeitos mais expressivos.

O estudo de Fratiwi, Samsudin e Costu (2018) compara o uso de simulações computacionais na condição PDEODEE e na condição com o modelo POE. Os resultados no pré-teste foram idênticos, no entanto, os resultados do pós-teste da prática com o modelo PDEODE\*E foi superior ao do modelo POE. O resultado do cálculo efetuado com o Delta de Glass foi de 0,85 categorizado como "grande efeito". O estudo de Jubaedah et al. (2019) também verificou resultados positivos para o método PPOEW. Na comparação do uso de simulações computacionais na condição PPOEW e na condição de expositiva, o PPOEW reduziu o equívoco dos alunos de 52% para 14%. Além disso, o PPOEW também motivou uma melhora conceitual do aluno mostrado por um valor do ganho normatizado de cerca de 0,5 (médio). O estudo de Samsudin et al. (2019) realizou um estudo de pré e pós-teste de simulações computacionais através do PDEODE com um grupo apenas. Verificou uma diminuição dos equívocos dos alunos após a aprendizagem PDEODE. O cálculo de ganho normatizado foi de 0,23 e se enquadra na categoria baixa. A maior redução de equívocos atingiu 37%.

### Categoria 2. Pré e Pós-Testes e Entrevistas

O estudo de Monaghan e Clement (1999) apresenta estudos de caso com alunos que realizaram a mesma atividade com POE usando simulações computacionais ou gráficos com dados de velocidade. Segundo os autores, uma simulação pode gerar uma dissonância cognitiva e fornecer um exemplar inicial da atuação de um sistema que favoreça a construção de uma explicação sobre essa atuação. Eventualmente, o acúmulo de experiências pode levar ao desenvolvimento de um modelo esquemático geral associado à estimulação mental em vez da simulação computacional. O estudo de Weiss e Neto (2006) apresenta a condução de uma atividade de simulações computacionais através de POE. Verificou-se que poucos alunos obtiveram evolução quanto a operação vetorial em virtude de confusões entre o vetor força elétrica e o vetor velocidade.

Nenhum estudante obteve êxito no pós-teste, provavelmente pela não realização de um experimento específico para potencial. O estudo identificou uma falha comprometedora pois em todos os experimentos realizados a simulação já estava rodando quando os estudantes iniciavam a tarefa. Os resultados foram avaliados como positivos para o estudo da eletrostática.

O estudo de Küçüközer (2013) averigua a ocorrência satisfatória da mudança conceitual produzindo um efeito prolongado sobre a manutenção dos conceitos de astronomia. Entretanto, o estudo relata uma falha em provocar insatisfação com as concepções o que fez com que alguns alunos mantivessem estáveis suas concepções alternativas. A associação do POE com o PLE e as simulações computacionais em 3D se mostram favoráveis para o processo através da criação de motivação e oferta de um ambiente social para a atividade. Os estudos de Fernando Pieper verificam resultados positivos do uso de simulações computacionais através do POE utilizando a teoria da mediação cognitiva desenvolvida por Souza (2004). O estudo de Pieper e Neto (2015) verifica que a utilização de simulações computacionais através do POE pode motivar o desenvolvimento de *drivers* pelos alunos. O autor relata que os dois alunos apresentaram ganhos conceituais em virtude do processo de aprendizado com simulações computacionais através do POE. O estudo de Pieper (2019) identifica que a atividade proporcionou aos estudantes um ganho de processamento de informações que se manteve mesmo quando a conexão com o mecanismo externo foi interrompida, pois vários problemas foram resolvidos após a utilização da simulação.

### **Categoria 3. Pré e Pós-Testes e Questionários**

O estudo de Mendes, Costa e De Sousa (2012) apresenta uma pesquisa com um grupo que realizou atividades experimentais com a simulação de um foguete através do lançamento de uma garrafa PET, um grupo que realizou atividades com simulações computacionais, um grupo controle que recebeu apenas aulas tradicionais como todos os outros e o último que participou das atividades experimentais e das práticas com simulações. Todos passaram por uma atividade com POE. Os resultados apresentam que o grupo com a associação entre as atividades experimentais e as simulações computacionais produziram melhores resultados seguidos do grupo de atividades experimentais e do grupo de simulações computacionais. O estudo de Santos e Sasaki (2015) apresenta a realização de uma atividade com vídeos e simulações computacionais através de POE. Os autores apresentam que tópicos pontuais como lei da ação e reação e a reação entre força resultante e reação apresentaram melhora considerável. A análise qualitativa demonstra ganhos conceituais no âmbito dos conceitos básicos de mecânica.

O estudo de Vaara e Sasaki (2019) compara um grupo experimental que recebeu aulas com simulações computacionais através de POE e o grupo controle que recebeu aulas tradicionais. Os autores identificam que a percepção dos alunos de aceleração e velocidade melhorou significativamente com o uso de simulações computacionais através do POE. Observa-se através dos resultados um crescimento de cerca de 20 pontos percentuais na capacidade dos alunos de calcular a aceleração dos gráficos de velocidade por tempo (itens 2, 6, 7). No início,

apenas cerca de 50% dos alunos entenderam a ligação entre a reta e a aceleração. Após as medições, mais de 80% conseguiram associar a aceleração ao fator de inclinação, embora cerca de 20% deles não considerassem graus diferentes nos eixos.

#### Categoria 4. Entrevistas

O estudo de Zacharia (2005) compara os efeitos em um grupo experimento que utilizou simulações computacionais através do POE e um grupo controle que utilizou um livro texto e uma atividade com POE. O autor avalia que o uso de simulações computacionais através do POE pode motivar explicações articuladas que superem a superficialidade analítica, enquanto o uso de livro texto associado ao POE pode não dar suporte para uma boa explicação formal. O autor salienta que o uso do POE pode ter implicações positivas na construção de conceitos independente da associação com simulações computacionais. Dorneles, Araújo e Veit (2008) verificam que, sob o ponto de vista qualitativo, o uso de simulações computacionais através do POE pode motivar maior desenvoltura na capacidade de argumentação e maior disposição para um raciocínio conceitual.

#### Categoria 5. Observação Participante

O estudo de Dorneles, Araújo e Veit (2008) apresenta o uso de simulações computacionais através do POE em uma turma de engenharia. Os autores verificam que o desempenho em termos de domínio de situações problemáticas foi superior no uso de simulações computacionais através do POE ao desempenho em aulas expositivas e de laboratório. O estudo de Fagundes e Sasaki (2019) realiza um estudo com simulações computacionais através de POE que teve como enfoque habilidades presentes no estudo de Mizukaki (1986): coleta de informações, colaboração, comunicação, criatividade, pensamento crítico e caráter. O estudo expõe que os estudantes apresentaram grandes dificuldades em esboçar e/ou interpretar gráficos.

#### Categoria 6. Questionários

O estudo de Rodrigues e Neide (2018) apresenta uma estratégia didática com o uso do POE associando uma atividade experimental (montagem e uso de equipamentos) com uma atividade de simulação computacional. O estudo verifica que a articulação entre as atividades experimentais e as atividades computacionais forneceu situações que fomentaram questionamentos para o professor e a identificação de complementariedades benéficas para a compreensão dos conceitos. No entanto, o estudo relata que as atividades demandam muito tempo de realização, o que pode contrastar com os objetivos de planejamento do professor. O estudo de Andrade, Junior e Buffon (2018) apresenta uma atividade de simulações computacionais através do POE com base no ensino por investigação. O estudo destaca que o uso de simulações computacionais através do POE pode tornar o aprendizado mais efetivo, atrativo e envolvente. No entanto, os autores verificam que as atividades com simulações não devem substituir as

atividades experimentais. As estratégias podem ser mais produtivas se as atividades forem associadas de forma paralela ou integrada. Os autores destacam a implementação dessas atividades demandam tempo de implantação, exigindo maior carga horária e flexibilização curricular.

### **Categoria 7. Gravação das Interações e Entrevistas**

O estudo de Monaghan e Clement (2000) compara o aprendizado da física em um grupo que resolveu problemas através de algoritmos e um grupo que utilizou simulações computacionais. O estudo verifica que os alunos que usaram algoritmos na resolução de problemas realizaram as atividades de forma mecânica e com pouca reflexão. Os alunos que usaram simulações computacionais através do POE conseguiram associar adequadamente as representações numéricas e visuais, apresentando melhor entendimento acerca dos conceitos.

### **Categoria 8. Gravação das Interações, Questionários do Tipo Likert, Pré e Pós-Testes, Um Quiz e Três Rodadas de Entrevistas**

O estudo de Tao e Gunstone (1999a) apresenta estudos de caso com alunos que receberam aulas com simulações computacionais através do POE. Os autores defendem que o processo de mudança conceitual é lento e extremamente idiossincrático, motivando diferentes transformações de acordo com o acúmulo de contextos utilizados. As concepções construídas durante o processo interagem com as formas de reorganização e sistematização das estruturas cognitivas se tornando cada vez mais abrangentes. O maior desafio verificado pelos autores reside na capacidade de transferir o conhecimento científico para situações em que os alunos utilizam um conhecimento alternativo. O estudo salienta a importância de explicitar a instrução na transferência do aprendizado, ressaltando semelhanças entre os contextos trabalhados, oferecer uma diversidade de experiências de aprendizado em diversos contextos e abordar a generalidade dos conceitos científicos.

### **Categoria 9. Gravação das Interações, Pré e Pós-testes e Outro Pós-Teste (Qualitativos), um Quiz, Notas de Campo e Entrevistas**

O estudo de Tao e Gunstone (1999b) também apresenta estudos de caso com alunos que receberam aulas com simulações computacionais através do POE. Os autores verificam que o aprendizado em duplas pode propiciar experiências que motivem a transformação conceitual. No entanto, para que o aprendizado seja efetivo, torna-se necessário que os processos de construção de significados compartilhados sejam trabalhados internamente pelos alunos, adquirindo um sentido pessoal. O estudo chama atenção para um novo olhar sobre processos de aprendizado colaborativo, sublinhando o uso de habilidades pessoais dos alunos e recursos metacognitivos.

## Categoria 10. Entrevista Semiestruturada, Questões Dissertativas, Notas de Campo, Guias Preenchidos e Teste

O estudo de Dorneles, Araújo e Veit (2012) apresenta o uso de simulações computacionais através de POE sob a perspectiva de aprendizagem significativa. Os resultados verificam que as atividades podem proporcionar uma visão epistemológica mais adequada sobre os papéis dos modelos teóricos, do laboratório e do computador. No âmbito do POE, os autores relatam que se o processo contar com discussões depois da parte de predição, a compreensão do fenômeno é maior. A associação entre o POE e a simulação computacional pode proporcionar uma participação mais crítica em relação as práticas de laboratório.

## Categoria 11. Entrevistas com os Professores, Observações das Aulas e Questionários dos Alunos

O estudo de Rutten, Jan der Veen e Joolingen (2015) apresenta uma atividade de simulações computacionais através do POE com o uso do ensino baseado em investigação. O estudo relata que os alunos apresentaram uma atitude mais positiva em relação ao ensino com simulações de computador através do POE em termos de contribuições para a sua motivação e percepção quando a abordagem de ensino tem um caráter baseado em investigação. O estudo sugere que sejam feitos novos estudos com a associação de simulações computacionais e POE incluindo processos como planejamento, modelagem e comunicação dos resultados a outros.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao verificar o tipo de POE utilizado para a formulação das estratégias didáticas, identifica-se uma predominância da forma clássica do POE com destaque para a orientação de White e Gunstone (1992) e Tao e Gunstone (1999a). Mais recentemente, observa-se a utilização de adaptações em função de novas abordagens como as de Hayson e Bowen (2010) e Hennessy et al. (2007). A partir de 2018, novas estruturas passaram a ser criadas, ampliando o leque de possibilidades metodológicas. Os estudos com as estruturas PDEODEE, PPOEW e PDEODE ofereceram boas perspectivas de para pesquisas futuras em associação com simulações computacionais. Nessa perspectiva, identifica-se uma tendência de intensificar a discussão e a escrita, explorando o processo de expressão e articulação do aluno. Essa tendência dialoga com os estudos de Kearney e Treagust (2000) e Kearney (2004), nos quais os autores salientavam que a escrita e a discussão das ideias com os pares envolve de forma positiva a articulação, a clarificação, a elaboração, a negociação e a formação de consenso. Presente desde a origem da estratégia didática, a preocupação com a escrita e a exposição de ideias ganhou, assim, um corpo ainda maior na literatura recente.

Os estudos de Fratiwi, Samsudin e Costu (2018), Luthfiani, Sinaga e Samsudin (2018) e Jubaedah et al. (2019) apresentaram bons resultados evidenciando pontos positivos na implementação da discussão e da escrita no âmbito do POE. Entretanto, em apenas um desses estudos, houve a comparação entre um modelo alternativo (PDEODEE) e o POE. Portanto, verifica-se a demanda de realizar outros



estudos comparando os novos formatos e a concepção original com o intuito de ampliar o entendimento acerca das possibilidades das novas estratégias didáticas.

No que tange ao referencial teórico, observa-se o predomínio de estudos baseados nas ideias de David Ausubel (N=5) e no ensino por investigação. Entretanto, várias teorias passaram a integrar a estratégia didática que, no princípio, surgiu em virtude interpretações do pensamento de Jean Piaget. Esse fenômeno evidencia o esgotamento do modelo de mudança conceitual e a busca por novas formulações teóricas no âmbito do desenvolvimento do POE. O esforço dos pesquisadores converge com as preocupações expressas por Mortimer (2002) em encontrar novas alternativas no âmbito uma agenda de pesquisa em Educação em Ciências.

Entretanto, verifica-se uma lacuna persistente na expansão dos estudos considerando dimensões culturais, institucionais, afetivas e emocionais. Assim como em outros campos da educação, a busca por metodologias que consigam contemplar toda a complexidade do fenômeno educacional esbarra em tendências que focalizam excessivamente os resultados em detrimento da riqueza de elementos presentes no processo de construção do conhecimento. Esse traço, marcante no âmbito dos estudos da área, merecem atenção dos pesquisadores ao desenvolver o desenho de novas pesquisas.

Acerca das metodologias de pesquisa empregadas e seus resultados, verifica-se o grande número de estudos qualitativos (N=13) em relação aos estudos quantitativo (N=7) e de métodos mistos (N=7). Salienta-se ainda a criação de estudos no formato experimental e grupo controle comparando o uso de simulações computacionais com POE e o uso de simulações computacionais. Tal configuração pode revelar indícios específicos acerca da relação do POE com as simulações computacionais. Salienta-se também a reivindicação de Rutten, Jan der Veen e Joolingen (2015) por novos modelos de POE integrado a práticas de planejamento, modelagem e comunicação dos resultados.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A presente pesquisa expõe um universo consistente de pesquisas que contemplam a utilização do POE por meio de simulações computacionais. Em relação a esses resultados, cabe levantar alguns pontos com relação à pertinência tema no âmbito da educação nacional. Os dados da pesquisa evidenciam a construção de um campo de pesquisa acerca de uma importante estratégia de ensino de conceitos de física. Numa época em que se planeja juntar esforços para aprimorar o ensino de física e formular projetos e ações ligadas à formação de professores, estudos como esse desempenham importante papel para o processo. Nesse sentido professores, profissionais e acadêmicos da área podem utilizar os elementos identificados para enriquecer conhecimentos na área, aprimorar estratégias de ensino ou mesmo nortear a construção de novas pesquisas.

# The use of computer simulations with the predict-observe-explain in the learning of Physics concepts: a literature review

## ABSTRACT

This paper presents a review of the literature about computer simulations through the didactic strategy predict-observe-explain for teaching physics concepts from 1999 to 2021. The methodology of the work was built following the steps developed by Moreira (2004). They are: choosing the subject and setting the objectives; bibliographic survey; inspection reading; establishment and application of a reading guide; organization of relevant researches according to a logical criterion; critical evaluation and conclusion. The searches were carried out on the Science Direct, Web of Science, Scopus, Scielo and Eric platforms, using the following keywords: “predict observe explain” and “simulations”; “*predecir observar explicar*” y “*simulaciones*”; “*predizer observar explicar*” e “*simulações*”. After that, the abstracts were read, resulting in fifty-four works that satisfied two restrictions established simultaneously: the use of POE and the use of computer simulations. The analysis of these articles made it possible to identify recurrently cited journals. The identification of these journals allowed, in a second moment, to carry out a more specific search, conducted directly on the web pages of the journals. The search criteria for keywords and publication period were maintained and, thus, eighteen new articles were selected. Therefore, this step resulted in the selection of 72 articles. In the inspection reading stage, an organization of the reading order of the articles was carried out. In the stage of establishing and applying a reading script, among the 72 articles, those that did not meet the following criteria were excluded: 1) Studies that do not deal with the teaching of physics; 2) Studies that do not deal with computer simulations; 3) Studies that do not use the POE; 4) Systematic reviews and 5) Theoretical articles. In the end, 46 articles were excluded. Finally, 26 articles were evaluated according to three categories: research profile, theoretical framework and data collection and their results. The research presents two relevant results: 1) there is a tendency to intensify discussion and writing, with an increase in studies that explore the process of expression and articulation of the student and 2) there is an exhaustion of the conceptual change model and the search for new theoretical formulations in the scope of the development of the POE. At a time when efforts are being made to improve the teaching of physics and formulate projects and actions related to teacher training, review studies like this play an important role in the process. In this sense, teachers, professionals, and academics can use the results to enrich knowledge in the area, improve teaching strategies or even guide the construction of new research.

**KEYWORDS:** Computer simulations. Predict-observe-explain. Literature review.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. E. de; OTAVIO BUFFON, L.; SCARPAT JUNIOR, A. O Uso De Um Software De Simulações Para a Aprendizagem De Circuitos Elétricos Simples: Uma Abordagem a Partir Do Ensino Por Investigação. **Revista do Professor de Física**, vol. 2, no. 2, p. 59–72, 2018. <https://doi.org/10.26512/rpf.v2i2.12078>.
- BILEN, K.; ÖZEL, M.; KÖSE, S. Using action research based on the predict-observe-explain strategy for teaching enzymes. **Turkish Journal of Education**, vol. 5, no. 2, p. 72, 2016. <https://doi.org/10.19128/turje.70576>.
- BUMBACHER, E.; SALEHI, S.; WIEMAN, C.; BLIKSTEIN, P. Tools for Science Inquiry Learning: Tool Affordances, Experimentation Strategies, and Conceptual Understanding. **Journal of Science Education and Technology**, vol. 27, no. 3, p. 215–235, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10956-017-9719-8>.
- CHAMPAGNE, A.; KLOPFER, L. E.; ANDERSON, J. Factors Influencing Learning of Classical Mechanics. **American Journal of Physics**, vol. 48, no. 12, p. 1074–1079, 1980. .
- CHIN, C.; BROWN, D. E. Learning in science: A comparison of deep and surface approaches. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 37, no. 2, p. 109–138, 2000. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(200002\)37:2<109::AID-TEA3>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(200002)37:2<109::AID-TEA3>3.0.CO;2-7).
- CORTER, J. E.; ESCHE, S. K.; CHASSAPIS, C.; MA, J.; NICKERSON, J. V. Process and learning outcomes from remotely-operated , simulated , and hands-on student laboratories. **Computers & Education**, vol. 57, no. 3, p. 2054–2067, 2011. DOI 10.1016/j.compedu.2011.04.009. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.009>.
- DORNELES, Pedro F.T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I - circuitos elétricos simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 30, no. 3, p. 487–496, 2008. <https://doi.org/10.1590/s1806-11172008005000008>.
- DORNELES, Pedro Fernando Teixeira; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral. **Ciência & Educação (Bauru)**, vol. 18, no. 1, p. 99–122, 2012. <https://doi.org/10.1590/s1516-73132012000100007>.
- DORNELES, Pedro Fernando Teixeira; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade. Parte II - circuitos RLC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 30, no. 3, 2008. Available at: [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br).
- DRIVER, R.; EASLEY, J. Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. **Studies in Science Education**, vol. 12, p. 7–15, 1978. .

FAGUNDES, R.; SASAKI, D. Um relato sobre uma aula de cinemática para alunos de ensino médio usando a metodologia de aprendizagem POE. **Revista Cadernos de Educação Básica**, vol. 4, no. 1, 2019. .

FINKE, R. A. **Principles of Mental Imagery**. Cambridge: MIT Press, 1989.

FRATIWI, N. J.; SAMSUDIN, A.; COSTU, B. Enhancing K-10 students' conceptions through computer simulations-aided PDEODE\*E (CS-PDEODE\*E) on Newton's Laws. **Jurnal Pendidikan IPA Indonesia**, vol. 7, no. 2, p. 214–223, 2018. <https://doi.org/10.15294/jpii.v7i2.14229>.

HAYSON, J.; BOWEN, M. **Predict, Observe, Explain: Activities Enhancing Scientific Understanding**. Arlington: NSTA Press, 2010.

HENNESSY, S.; WISHART, J.; WHITELOCK, D.; DEANEY, R.; BRAUN, R.; VELLE, L. Ia; MCFARLANE, A.; RUTHVEN, K.; WINTERBOTTOM, M. Pedagogical approaches for technology-integrated science teaching. **Computers and Education**, vol. 48, no. 1, p. 137–152, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2006.02.004>.

JUBAEDAH, D. S.; HIDAYAT, S. R.; FRATIWI, N. J.; ZULFIKAR, A.; MUHAIMIN, M. H.; BHAKTI, S. S.; SHOLIHAT, F. N.; PURWANTO, M. G.; SETYADIN, A. H.; AMALIA, S. A.; AFIF, N. F.; KANIAWATI, I.; SUYANA, I.; SAMSUDIN, A.; SUHENDI, E. Predict, Plan, Observe, Explain and Write (PPOEW): A Strategy to Prevent Students' Misconceptions On Work and Energy Topics. **Journal of Physics: Conference Series**, vol. 1204, no. 1, 2019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1204/1/012066>.

KEARNEY, M; TREAGUST, D. F. An investigation of the classroom use of prediction-observation-explanation computer tasks designed to elicit and promote discussion of students' conceptions of force and motion. **International Journal of Science Education**, vol. 16, no. January 2016, p. 215–229, 2000. Available at: <http://www.ed-dev.uts.edu.au/personal/mkearney/homepage/acrobats/narst.pdf>.

KEARNEY, Matthew. Classroom Use of Multimedia-Supported Predict–Observe–Explain Tasks in a Social Constructivist Learning Environment. **Research in Science Education**, vol. 34, p. 427–453, 2004. .

KÜÇÜKÖZER, H. Designing a powerful learning environment to promote durable conceptual change. **Computers and Education**, vol. 68, p. 482–494, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.06.012>.

LIEW, C.-W.; TREAGUST, D. F. The Effectiveness of Predict-Observe-Explain Tasks in Diagnosing Students' Understanding of Science and in Identifying Their Levels of Achievement. **Annual Meeting of the American Educational Research Association.**, , p. 224–234, 1998. Available at: <http://eric.ed.gov/ERICWebPortal/contentdelivery/servlet/ERICServlet?accno=ED420715>.

LÓPEZ, S.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Una revisión de literatura sobre el uso de modelación y simulación computacional para la enseñanza de la física en la

educación básica y media. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 38, no. 2, 2016. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2015-0031>.

LUTHFIANI, T. A.; SINAGA, P.; SAMSUDIN, A. Preliminary development of POEAW in enhancing K-11 students' understanding level on impulse and momentum. **Journal of Physics: Conference Series**, vol. 1013, no. 1, 2018. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012053>.

MALONEY, D. P.; SIEGLER, R. S. DavidConceptual competition in physics learning. **International Journal of Science Education**, vol. 15, no. 3, p. 283–295, 1993. <https://doi.org/10.1080/0950069930150306>.

MENDES, J. F.; COSTA, I. F.; DE SOUSA, C. M. S. G. O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 34, no. 2, 2012. <https://doi.org/10.1590/s1806-11172012000200011>.

MIZUKAKI, M. da G. N. **Ensino: as abordagens do processo**. São Paulo: EPU, 1986.

MONAGHAN, J. M.; CLEMENT, J. Algorithms, visualization, and mental models: High school students' interactions with a relative motion simulation. **Journal of Science Education and Technology**, vol. 9, no. 4, p. 311–325, 2000. <https://doi.org/10.1023/A:1009480425377>.

MONAGHAN, J. M.; CLEMENT, J. Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. **International Journal of Science Education**, vol. 21, no. 9, p. 921–944, 1999. <https://doi.org/10.1080/095006999290237>.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. **Ciência & Educação (Bauru)**, vol. 9, no. 2, p. 301–315, 2003. Available at: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5274157>.

MOREIRA, W. Revisão de Literatura e Desenvolvimento Científico: conceitos e estratégias para confecção. **Janus**, vol. 1, no. 1, p. 20–30, 2004. .

MORTIMER, Eduardo F. Conceptual change or Conceptual Profile change? **Science & Education**, vol. 4, no. 3, p. 267–285, 1995. <https://doi.org/10.1007/BF00486624>.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma Agenda para a Pesquisa em Educação em Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 2, no. 1, p. 36–59, 2002. .

PIEPER, F. C. A influência de uma simulação computacional no aprendizado da força de Lorentz. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, vol. 9, no. 1, p. 108–124, 2019. .

PIEPER, F. C.; NETO, A. S. de A. Evidências da emergência de drivers Hiperculturais durante o aprendizado de conceitos de Eletromagnetismo em alunos do Ensino

Médio após a utilização de simulações computacionais. **Acta Scientiae**, vol. 17, no. 3, p. 792–812, 2015. .

RODRIGUES, J. J. V.; NEIDE, I. G. Atividades experimentais e computacionais envolvendo indução eletromagnética: Uma proposta para alunos do Ensino Médio. **Revista Ciência em Extensão**, vol. 14, no. 4, p. 59–81, 2018. .

RUIZ-PRIMO, M. A.; LI, M.; TSAI, S. P.; SCHNEIDER, J. Testing one premise of scientific inquiry in science classrooms: Examining students' scientific explanations and student learning. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 47, no. 5, p. 583–608, 2010. <https://doi.org/10.1002/tea.20356>.

RUTTEN, N.; VAN DER VEEN, J. T.; VAN JOOLINGEN, W. R. Inquiry-Based Whole-Class Teaching with Computer Simulations in Physics. **International Journal of Science Education**, vol. 37, no. 8, p. 1225–1245, 2015. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1029033>.

RUTTEN, N.; VAN JOOLINGEN, W. R.; VAN DER VEEN, J. T. Investigating an intervention to support computer simulation use in whole-class teaching. **Learning: Research and Practice**, vol. 2, no. 1, p. 27–43, 2016. DOI 10.1080/23735082.2016.1140222. Available at: <http://dx.doi.org/10.1080/23735082.2016.1140222>.

SAMSUDIN, A.; AZURA; KANIAWATI, I.; SUHANDI, A.; FRATIWI, N. J.; SUPRIYATMAN; WIBOWO, F. C.; MALIK, A.; COSTU, B. Unveiling students' misconceptions through computer simulation-based PDEODE learning strategy on dynamic electricity. **Journal of Physics: Conference Series**, vol. 1280, no. 5, 2019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/5/052050>.

SAMSUDIN, A.; FRATIWI, N. J.; KANIAWATI, I.; SUHENDI, E.; HERMITA, N.; SUHANDI, A.; WIBOWO, F. C.; COSTU, B.; AKBARDIN, J.; SUPRIYATMAN, S. Alleviating Students' Misconceptions About Newton's First Law Through Comparing PDEODE\*E Tasks and POE Tasks: Which is more Effective? **The Turkish Online Journal of Education Technology**, vol. Special Is, 2017. .

SANTOS, R. J. dos; SASAKI, D. G. G. Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 37, no. 3, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1806-11173731955>.

SEKARNINGRUM, A. D.; SAJIDAN; SARWANTO. Pengembangan Dan Implementasi Model Pembelajaran Predict , Planning , Observe , Explain , Write ( P 2 Oew ) Pada Materi Pencemaran Di Sma. **Jurnal Paedagogia**, vol. 17, no. 1, p. 13–26, 2014. .

SISWOYO, S. Development of Teacher Guidebook for Photoelectric Effects Instructional Using Predict-Observe-Explain Strategy with PhET Interactive Simulation. **Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika**, vol. 5, no. 2, p. 133–144, 2019. <https://doi.org/10.21009/1.05208>.

SOUZA, B. T. de. **A Teoria da Mediação Cognitiva: Os impactos cognitivos da**

**Hipercultura e da Mediação Digital**. 2004. Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

TAO, P. K.; GUNSTONE, R. F. Conceptual change in science through collaborative learning at the computer. **International Journal of Science Education**, vol. 21, no. 1, p. 39–57, 1999a. <https://doi.org/10.1080/095006999290822>.

TAO, P. K.; GUNSTONE, R. F. The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 36, no. 7, p. 859–882, 1999b. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199909\)36:7<859::AID-TEA7>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199909)36:7<859::AID-TEA7>3.0.CO;2-J).

VAARA, R. L.; SASAKI, D. G. G. Teaching kinematic graphs in an undergraduate course using an active methodology mediated by video analysis. **Lumat**, vol. 7, no. 1, p. 1–26, 2019. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.7.1.374>.

WEISS, J. M.; NETO, A. S. de A. Uma investigação a respeito da utilização de simulações computacionais no ensino de eletrostática. **Experiências em Ensino de Ciências**, vol. 1, no. 1, p. 43–54, 2006. .

WEISS, J. M.; NETO, A. S. de A. Uma investigação a respeito da utilização de simulações no ensino de eletrostática. 2005. **I Encontro Estadual de Ensino de Física [...]**. Porto Alegre: UFRGS, 2005.

WHITE, R.; GUNSTONE, R. **Probing understanding**. New York: Routledge, 1992. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

ZACHARIA, Z. C. The impact of interactive computer simulations on the nature and quality of postgraduate science teachers' explanations in physics. **International Journal of Science Education**, vol. 27, no. 14, p. 1741–1767, 2005. <https://doi.org/10.1080/09500690500239664>.

**Recebido:** 22 fev. 2022

**Aprovado:** 26 maio 2022

**DOI:** 10.3895/actio.v7n2.15205

**Como citar:**

OLIVEIRA, Marcio Pizzi de; CID, Alberto Silva. O uso de simulações computacionais com o predizer-observar-explicar no aprendizado de conceitos de Física: uma revisão da literatura. **ACTIO**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 1-22, maio/ago. 2022. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>. Acesso em: XXX

**Correspondência:**

Marcio Pizzi de Oliveira

Rua General Glicério, n.175/203, Laranjeiras, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

