

## **A TEORIA DA EPISTEMOLOGIA-GENÉTICA: O ENSINO REVERSÍVEL EM FÍSICA**

Adiel Gideão Queiroz de Souza <sup>1</sup>  
Ronaldo Pereira de Melo Júnior <sup>2</sup>  
Francisco Nairon Monteiro Júnior <sup>3</sup>

### **RESUMO**

Piaget é mais conhecido pelos quatro períodos de desenvolvimento cognitivo do que por conceitos-chave, tais como assimilação, acomodação e equilíbrio. Aqui se pretende discutir algumas implicações da teoria de Piaget para o ensino e a aprendizagem, por meio do conceito de ensino reversível, no qual um indivíduo é capaz de percorrer um caminho cognitivo e, após, percorrê-lo mentalmente em sentido inverso, de modo a reencontrar o ponto de partida não modificado. A experiência se deu em um estabelecimento de ensino básico da esfera federal, no qual o autor, licenciado em física, iniciou na função de assistente de coordenação e, posteriormente, passou à função de professor. A continuidade do contato com os estudantes, permitiu vivenciar um processo de ensino reversível, no qual o crescimento mental da pessoa se dá por assimilação, acomodação e equilíbrio, por meio de abordagens pedagógicas construídas com atividades de discussão, teóricas e em laboratório, mais eficazes. Os resultados foram observados por meio de Entrevista (não-estruturada), com coleta de dados em forma de conversa e captação das informações por anotações em categorias temáticas. A relação de parceria entre o docente e os/as estudantes, com diálogo permanente, boas práticas didáticas para o ensino de Física, foram fundamentais para os bons resultados na referida disciplina, além de possibilitar reconhecimento na atuação docente, pelos pares, pelos estudantes e pela instituição, reafirmando a importância do ensino reversível no fazer docente e no processo de ensino-aprendizagem. A equilíbrio majorante ante ao rompimento do equilíbrio mental por experiências não assimiláveis possibilitou um ambiente favorável à abordagem do conteúdo e à evolução dos estudantes. Outro resultado importante foi que o ensino reversível não significa eliminação do desequilíbrio, mas passar de um estado de equilíbrio para outro, por meio de uma sucessão de estados de equilíbrio muito próximos, deixando-nos a impressão de que os/as estudantes podem desenvolver seus próprios esquemas de assimilação.

**Palavras-chave:** Piaget, Ensino reversível, física.

### **INTRODUÇÃO**

Este trabalho foi produzido com o objetivo de popularizar o Ensino Reversível, que versa a respeito do ensino por meio de uma sucessão de estados de equilíbrio de comunicação entre professor e estudante. Visa-se, também, discutir as relações problemáticas entre conhecimento científico e o seu processo de aumento na estrutura cognitiva do aluno. A teoria

---

<sup>1</sup> Estudante do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) pela Universidade Federal Rural - PE, [adiel.souza@ufrpe.br](mailto:adiel.souza@ufrpe.br);

<sup>2</sup> Professor e orientador do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), POLO 58 - Universidade Federal Rural de Pernambuco, [rpmj09@gmail.com](mailto:rpmj09@gmail.com).

<sup>3</sup> Professor e orientador do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), POLO 58 - Universidade Federal Rural de Pernambuco, [naironjr67@gmail.com](mailto:naironjr67@gmail.com);

de Piaget implica que o ensino deve ser acompanhado de ações e demonstrações e, sempre que possível, deve haver trabalho prático para os alunos. Porém, segundo Kubli (1979), essas ações precisam estar integradas à argumentação do professor, para produzirem conhecimento. Além disso, esse ensaio não pretende completeza, uma vez que a teoria de Piaget não está em apenas um ou dois livros, mas difusa em muitas obras. É sob esta ótica que este trabalho deve ser analisado. O que se pretende é discutir algumas implicações da teoria de Piaget para o ensino e a aprendizagem, por meio do conceito de Ensino Reversível, ou seja, aquele capaz de percorrer um caminho cognitivo e, após, percorrê-lo mentalmente em sentido inverso, de modo a reencontrar o ponto de partida não modificado.

A experiência que motivou esse trabalho ocorreu em um Estabelecimento de Ensino Básico Federal, reconhecido, entre outras características, por manter altos IDEB ( $> 7,0$  para o E Fundamental e  $> 6,5$  para o E Médio) e altos índices de aprovação em concursos vestibulares regionais e nacionais. É lugar que difere do que se acredita enquanto espaço emancipador (FREIRE, 1996), porque, tem lógica de organização com base na disciplina. A existência das escolas do mesmo Sistema de Ensino no Brasil é basilar para pensar essas instituições na sociedade brasileira, e o ensino ofertado nele segue as orientações presentes na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (BRASIL, 1996).

Este relato foi realizado a partir de análise da experiência de eventos sócio relacionais e educativos relatados por um dos autores, profissional militar do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco (CBMPE), licenciado em física, que desempenhou duas funções que permitiu seu contato com estudantes em duas esferas: primeiro como agente de ensino (auxiliar do coordenador de turno/disciplinar) e, posteriormente, como professor de física. Em ambas as funções, foi possível vivenciar um processo de Ensino Reversível, pois tinha-se a oportunidade de dialogar com cada estudante individualmente e aplicar ações e demonstrações (trabalho prático), sempre integradas à argumentação. Nessas oportunidades, observou-se que a relação entre professores/as e estudantes no espaço escolar não se reduz à transmissão de conhecimento, mesmo em escolas de alto nível.

É preciso destacar que o autor em questão foi reconhecido pela sua prática pedagógica em diversas oportunidades. Iniciando por receber o prêmio-destaque de melhor auxiliar de coordenação do ano (2015), reflexo do grande reconhecimento dos estudantes e da diretoria da escola em relação à parceria e confiança estabelecida nessas relações. Em seguida, passou a exercer também a função de professor de Física, colaborando com os demais docentes da Coordenação dessa disciplina, também na orientação dos estudantes para as Olimpíadas Brasileiras de Física. No ano seguinte, assumiu definitivamente a função de professor de

Física do 2º Ano do Ensino Médio, ensinando Termodinâmica. O reconhecimento, nesse mesmo ano, pelos colegas docentes e a ocupação integral da disciplina, feito que foi prestigiado com uma das maiores honrarias com a Medalha Instituto dos Docentes do Magistério Militar (IDMM). Essa distinção honorífica destina-se a premiar aqueles que sejam merecedores da comenda por seus feitos em prol do Magistério e/ou do Instituto.

## **METODOLOGIA**

A experiência permitiu vivenciar um processo de Ensino Reversível, pois usou-se a metodologia de ensino por abordagem individualizada, tanto por meio de manter períodos e locais fixos para retirada de dúvidas, como por meio de atividades em laboratório e em sala de aula. Nesse contexto, tornou-se mais eficaz a abordagem por meio de Entrevista (não-estruturada), com coleta de dados em forma de conversa e captação das informações por anotações em categorias temáticas. Os relatos foram organizados em conjuntos de conteúdo que relacionam os principais assuntos de determinada área, como estudar sobre o calor, sobre a temperatura e outros conceitos da física térmica.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

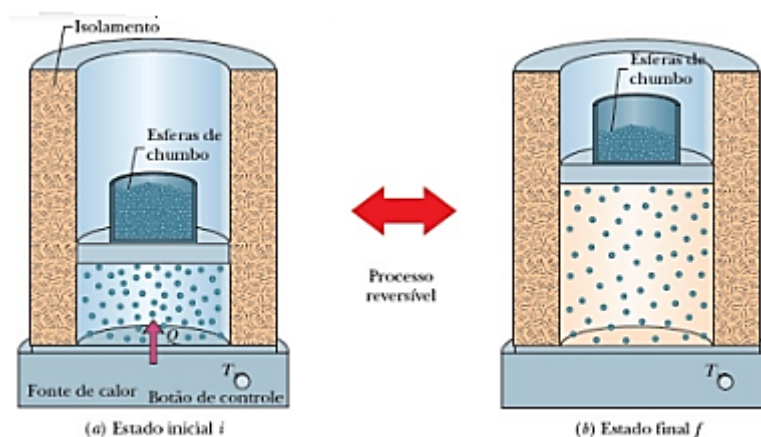
Aparentemente, a ideia de Ensino Reversível contradiz a ideia de que “ensino é provocar o desequilíbrio” pois, o proposto por Kubli (1979) é que o desequilíbrio não seja tão grande que não permita a Equilibração Majorante que levará a um novo equilíbrio. O ensino de ciências deve integrar ações e experimentos na argumentação do professor, promover a busca por invariantes nos processos físicos e incentivar um diálogo reversível onde as perspectivas do professor e do aluno se alinham. Conclui-se que o ensino de ciências eficaz, fundamentado em Piaget, exige insights epistemológicos e uma abordagem que vá além da mera memorização, estimulando a discussão livre e a compreensão de conceitos científicos. O insucesso escolar em algum tópico de estudo, principalmente nas disciplinas de ciências, pode decorrer de uma passagem muito rápida da estrutura qualitativa para a esquematização matemática. Essa passagem abrupta não leva à Equilibração Majorante. No processo educativo, se o ambiente é pobre em situações desequilibradoras, cabe ao educador produzi-las artificialmente.

Outro fator importante no fazer docente, por meio do diálogo reversível, é que ele não significa eliminação do desequilíbrio, e sim, passar de um estado de equilíbrio para outro, por

meio de uma sucessão de estados de equilíbrio muito próximos, metaforicamente semelhante a uma transformação homônima da Termodinâmica. Nessa área do conhecimento, o tempo possui um sentido que corresponde ao sentido no qual envelhecemos. Essa concepção nos acostumou com processos unidirecionais, que ocorrem apenas em determinada ordem e nunca na ordem inversa. Como exemplo, o fenômeno da queda de um ovo no chão que se quebra. Esses processos unidirecionais são irreversíveis, ou seja, não podem ser desfeitos por meio de pequenas mudanças no ambiente. No exemplo exposto, não ocorre do ovo quebrado se reorganizar e subir para o local de onde foi largado. O segredo para compreender a razão pela qual os processos unidirecionais, em um sistema fechado, não podem ser invertidos envolve uma grandeza conhecida como entropia.

Um modelo mental que, metaforicamente, facilita o entendimento de um processo reversível pode ser observado na Fig. 1, que mostra como é possível produzir uma expansão isotérmica reversível. Inicialmente, confinamos o gás a um cilindro isolado termicamente que se encontra em contato apenas com uma fonte de calor, mantida à temperatura  $T$ . Começamos colocando sobre o êmbolo uma quantidade de esferas de chumbo, suficientemente, para que a pressão e o volume do gás correspondam ao estado inicial  $i$ , que corresponderia ao êmbolo estar em repouso. Em seguida, removemos lentamente as esferas (uma por uma) até que a pressão e o volume do gás correspondam ao estado final  $f$ . A temperatura do gás não varia porque o gás permanece em contato com a fonte de calor durante todo o processo. Se o processo for realizado de forma contrária, colocando-se as esferas uma a uma, espera-se que o sistema possa retornar a sua situação inicial.

Figura 1. Expansão isotérmica de um gás ideal, realizada de forma reversível. O gás possui o mesmo estado inicial  $i$  e o mesmo estado final  $f$  que no processo irreversível.



Fonte: (Halliday, 2016)

Apesar de parecer que a ideia de Ensino Reversível é contraditória em relação a provocar desequilíbrio por ocasião da aquisição de novos conhecimentos, na verdade, o propósito é que o desequilíbrio não seja tão grande, a fim de possibilitar a Equilibração Majorante que levará a um novo equilíbrio. Isso se traduz na escolha cuidadosa dos esquemas de assimilação.

Compreende-se que “[...] qualquer teoria da Organização do Conhecimento deve envolver considerações relacionadas às bases epistemológicas da teoria e relacionadas à utilização prática da teoria” (Mai, 1999, p. 547, tradução nossa). Araújo (2024) reconhece que há pelo menos duas diferentes abordagens relacionadas ao conceito de epistemologia. Ambos são oriundos da palavra grega *episteme*. Considerando a abordagem tradicional, epistemologia é o estudo do conhecimento ou gnosiologia. Por outro lado, há uma abordagem específica, que apresenta a epistemologia como o estudo crítico dos princípios, hipóteses e produção do conhecimento de várias ciências, olhando mais de perto para a estrutura cognitiva do conhecimento científico, valores e objetivos. Mais do que isso, epistemologia preocupa-se com as características do conhecimento científico, delimitações e processos metodológicos em cada domínio (Araújo, 2024).

A teoria que fundamenta este relato é atribuída a Jean Piaget, a quem é atribuída importantes contribuições ao desenvolvimento da psicologia cognitiva contemporânea. Possivelmente, a mais basilar das ideias de Piaget é a de que o desenvolvimento humano é um processo de adaptação. E a mais elevada forma de adaptação humana é a cognição (von Glaserfeld, 1997).

Para Piaget, a mente é um conjunto de esquemas que se aplicam ao mundo real. No geral, a necessidade de compatibilizar o ensino com o nível de desenvolvimento mental da criança, é, muitas vezes, ignorada (Oliveira Lima, 1980, p. 72). Isso acontece também com estudantes que estão nos primeiros anos da universidade, porque nem todos atingiram o nível puramente formal. Sua teoria ressalta quatro períodos de desenvolvimento cognitivo, que descrevem um entendimento encadeado de processos mentais do desenvolvimento humano, desde o nascimento à vida adulta. No foco da experiência aqui compartilhada<sup>4</sup>, vale destacar as duas últimas, cujas principais características são:

**Operacional-concreto (07 aos 12 anos):** Descentralização progressiva. Pensamento mais organizado. Lógica de operações reversíveis. Pode agora, combinar classes elementares para formar uma classe superior. Isto é, há um equilíbrio reversível entre classes e subclasses.

---

<sup>4</sup> A relevância desses períodos, para o caso em questão, é devido ao fato que os estudantes que interagiram com o professor já estavam no Ensino Médio.

Seu pensar ainda está grandemente limitado. A criança ainda não é capaz de operar com hipóteses. A criança recorre a objetos e acontecimentos concretos, presentes no momento.

**Operacional-formal (12 até a idade adulta):** Capacidade de raciocinar com hipóteses verbais, e não apenas com objetos concretos.

Para os não-especialistas, Piaget é mais conhecido pelos quatro períodos de desenvolvimento cognitivo do que por conceitos-chave, tais como assimilação, acomodação e equilíbrio (aqui está o chamado núcleo duro da teoria de Piaget), responsáveis pelo crescimento mental da criança. São os conceitos-chave a partir dos quais pode-se chegar a uma ideia de “estrutura cognitiva” dentro da teoria piagetiana (embora Piaget não use essa terminologia). No estudo dos métodos ativos foca-se muito na iniciativa do aluno. Piaget também defende essa abordagem, mas não deve haver uma exclusividade na ação do aluno: o professor deve ser tão ativo quanto o aluno. Quando se leva em conta, exclusivamente, a atividade do professor, emerge o tema “diretivismo” que, se for expresso na modalidade pura e simples, não é interessante para o aprendizado, pois leva ao conformismo do aluno. Já o “não-diretivismo puro” conduz à desorganização, insegurança ou mera repetição (reação circular). Daí, a ênfase de que no Ensino Reversível não significa que a iniciativa será exclusiva do aluno. O ensino deve ser acompanhado de ações e demonstrações com a participação dos alunos, mas sempre integrados à argumentação do professor (Kubli, 1979) incentivando um diálogo reversível onde as perspectivas do professor e do aluno se alinham. Os métodos educacionais de Piaget oferecem muitas interações entre professor-aluno e entre aluno-aluno. Teorias cognitivistas são fundamentadas em uma série de crenças, dentre elas, aquela que diz que a aprendizagem atual se baseia na aprendizagem anterior. A visão da psicologia cognitiva afirma que os aprendizes têm diferentes motivos, diferentes informações de *background* e características genéticas diversas. Logo, mesmo submetidos à situações idênticas, eles aprendem coisas diferentes. Outra suposição do cognitivismo é que a aprendizagem envolve processamento de informações. Assim, o aprendiz é um participante ativo no processo de aprendizagem, empregando esforços para descobrir, analisar, chegar a conceitos e para organizar tais conceitos na memória. Ainda pode-se ressaltar a crença de que o significado depende de relações entre conceitos (Lefrançois, 2016).

O conceito de Ensino Reversível refere-se a três aspectos relativos aos esquemas de assimilação: os esquemas do aluno, aqueles que se quer ensinar, e os do professor (Kubli, 1979). Porém, esse Ensino Reversível pressupõe a chamada Equilibração Majorante (processo reequilibrador diante de experiências não-assimiláveis), que é o fator preponderante na aprendizagem do estudante.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo do Ensino Reversível considera a mente humana como sendo uma estrutura cognitiva que tende a funcionar em equilíbrio, aumentando, permanentemente, seu grau de organização interna e de adaptação ao meio. A Equilibração Majorante ante ao rompimento do equilíbrio mental por experiências não-assimiláveis possibilitou um ambiente favorável à abordagem do conteúdo a ser trabalhado e à evolução dos estudantes. Quanto mais a argumentação do professor se relacionar com os esquemas de assimilação do aluno, mais reversível se torna o diálogo e mais eficiente será o ensino. Entende-se que o professor deveria relacionar, por meio de argumentação apropriada, os esquemas de assimilação espontâneos do aluno com os esquemas de assimilação que ele quer ensinar, com o mínimo de desequilíbrio. Porque se essa apresentação ocorrer isoladamente, pode provocar, no adolescente, sentimentos de insegurança, dentre muitos (GOJMAN, 1995). Outro resultado importante foi que o Ensino Reversível não significa eliminação do desequilíbrio, mas passar de um estado de equilíbrio para outro, por meio de uma sucessão de estados de equilíbrio muito próximos, deixando-nos a impressão de que os/as estudantes podem desenvolver seus próprios esquemas de assimilação. Comprovou-se, dessa forma, a experiência no Estabelecimento de Ensino trabalhado, uma atividade de significado nobre, com a constatação de que os e as estudantes podem desenvolver seus próprios esquemas de assimilação. No tocante à argumentação, percebe-se a sua eficácia na passagem da estrutura qualitativa de problemas para a esquematização matemática, no qual se percebe que os estudantes foram capazes de compreender as grandezas físicas e suas relações, expressas nas leis físicas trabalhadas, não apenas usando “fórmulas” para resolver exercícios propostos, mas extrapolando o significado da notação matemática para o conhecimento dessas leis. Daí, a eficácia do Ensino Reversível como meio de atenuar esse desequilíbrio e de evitar o insucesso na aprendizagem.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo traz um relato de experiência que destaca que, independentemente da estrutura de ensino da instituição, mesmo aquelas estereotipadas por aspectos externos ao estudante, como disciplina, existe a importância da subjetividade do estudo Piagetiano. Desta forma, quando se propõe trabalhar algum conteúdo com os/as estudantes importa que todos e

todas participem, com propriedade (trabalho prático), mas isso se dará conforme o estágio de desenvolvimento de cada um(a) (Kubli 1979). O diálogo permanente e boas práticas didáticas para o ensino de Física entre o docente e os/as estudantes foram fundamentais para os bons resultados dos e das estudantes na disciplina, pois se estabeleceu um vínculo de confiança, que ajudou a interação dentro dos conceitos trabalhados. O reconhecimento na atuação docente, pelos pares, pelos estudantes e pela instituição, é, em certa medida, uma reafirmação da importância do Ensino Reversível no fazer docente e no processo de ensino-aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Paula Carina de. Epistemologia: Um Conceito em Análise no Domínio da Organização do Conhecimento. In: ALMEIDA, Carlos Cândido de; SAN SEGUNDO, Rosa; MARTÍNEZ-ÁVILA, Daniel (org.). Estudos críticos em organização do conhecimento. Marília: Oficina Universitária; São Paulo: **Cultura Acadêmica**, 2024. p.139-164. Disponível em:

<[https://ebooks.marilia.unesp.br/index.php/lab\\_editorial/catalog/download/510/4447/8818?inline=1](https://ebooks.marilia.unesp.br/index.php/lab_editorial/catalog/download/510/4447/8818?inline=1)> Acesso em: 31 ago. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.394/96 Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, DF: Ministério da Educação. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm). Acesso em: 07 ago. 2025.

FREIRE, Paulo. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: **Paz e Terra**, 1996.

GOJMAN, I. Promoción de salud en la escuela. In: MADDALENO, et al. La salud del adolescent y del joven. Washington, **Organización Panamericana de la Salud**. 1995. p. 46-56 (Publicación científica n. 552).

HALLIDAY, David. Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. – 10. ed. – Rio de Janeiro: **LTC**, 2016.

KUBLI, Fritz. Piaget's Cognitive Psychology and its Consequences for the Teaching of Science, **European Journal of Science Education**, 1:1, 5-20, DOI: 10.1080/0140528790010103

LEFRANÇOIS, Guy R. Teorias da aprendizagem: o que o professor disse/ Guy R. Lefrançois; tradução Solange A Visconte; revisão técnica José Fernando B. Lomônaco. - São Paulo: **Cengage Learning**, 2016.

LIMA, Lauro de Oliveira. Piaget para principiantes. São Paulo: **Summus**, 1980.

MOREIRA, Marco Antonio. Teorias de aprendizagem. 2 ed. ampl. São Paulo: **EPU**, 2015.



MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares. São Paulo: **Editora Livraria da Física**, 2011.