

Ensino de Ciências por Investigação e Educação Científica Fundamentada em Modelagem: Aproximações e Especificidades

Gabriel Ferraciolli¹, Leandro Oliveira²

¹Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, g236429@dac.unicamp.br

²Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, leandroo@unicamp.br

INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios dos professores de Ciências é promover um ensino que favoreça a aprendizagem de ciências e sobre ciências por meio de investigações autônomas dos estudantes (Hodson, 2014). Nesse contexto, o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) é visto como abordagem promissora, pois envolve o engajamento dos alunos na resolução de problemas e em processos investigativos voltados à explicação de fenômenos, apoiados na elaboração de modelos¹ e explicações (Sasseron, 2015). Na literatura, há diferentes caracterizações de EnCI, mas Zômpero e Laburú (2011) apontam um consenso de que deve contemplar: um problema a ser analisado, a elaboração de hipóteses, o planejamento da investigação, a busca e interpretação de informações e a comunicação dos resultados. Com base nessa definição e na perspectiva sociocultural (Vigotski, 1978), entendemos que o professor deve seguir uma lógica epistêmica intencional para que sua mediação produza sentidos nos processos investigativos em sala de aula. Assim como o EnCI, outra abordagem que potencializa a aprendizagem em Ciências é a Educação Científica Fundamentada em Modelagem (ECFM). Para definir essa abordagem, Gilbert e Justi (2016) conceituam a modelagem como um processo dinâmico, cíclico, não linear e não predeterminado caracterizado por quatro etapas fundamentais: criação, teste, expressão e avaliação. Assim, a ECFM é entendida por esses autores como a abordagem na qual estudantes são envolvidos na produção de seus próprios modelos na busca por explicações científicas para fenômenos.

Na literatura, encontramos pesquisadores que consideram que uma das etapas do EnCI é a produção de modelos (Areepattamannil, 2012; Sasseron, 2015). Outros pesquisadores ressaltam que na ECFM, devem ocorrer processos investigativos (Gilbert; Justi, 2016; Oliveira; Bicalho; Justi, 2025). Diante disso, entendemos que a literatura carece de estudos que investiguem melhor como elas se relacionam em processos reais de ensino. Assim, este estudo busca compreender aproximações e especificidades entre práticas de investigação (Prát.Inv.) e práticas de modelagem (Prát.Mod.) em um contexto de ensino de Química.

¹ O entendimento de Sasseron (2015) sobre modelos parece se alinhar à ideia de modelos como representações parciais (Morrison; Morgan, 1999). Diferente disso, neste trabalho, entendemos modelos como artefatos epistêmicos, pautados na definição de Knuuttila (2005).

METODOLOGIA

Primeiramente, selecionamos do nosso banco de dados registros de um curso de extensão ministrado em uma universidade pública brasileira, por uma professora universitária de Ensino de Química (P) para 13 estudantes (Es) do terceiro ano do Ensino Médio de escolas públicas próximas, inscritos voluntariamente. P ministrou sete encontros de três horas cada sobre o tema Plásticos e o Meio Ambiente a partir de atividades (At) variadas. Para este trabalho, selecionamos os registros feitos por duas pesquisadoras (PQ) que se constituíam por videogravações (feitas por meio de duas câmeras filmadoras) e artefatos produzidos em sala de aula. Após assistir aos vídeos, fragmentamos as At em cinco episódios (quadro 1)

Quadro 1 - Descrição de atividades realizadas por P e vivenciadas pelos Es do grupo investigado

Encontro	Episódio	Descrição da atividade realizada pelos Es
4	1 - Realização de experimento	<i>Elaboração de hipóteses</i> para resultados de dobra de pedaços dos materiais - sacola plástica e carcaça de TV pelos Es e comunicação das hipóteses para a turma. <i>Realização de experimento</i> de tentativa de dobra.
5	2 - Discussão sobre o experimento e problematização inicial da modelagem	Considerações sobre a atividade anterior e problematização para início da atividade de modelagem dos plásticos.
	3 - Produção de modelos	Produção de modelos iniciais pelos grupos de Es com foco em conceitos de ligação química.
	4 - Reformulação de modelos	Reformulação dos modelos iniciais pelo grupo de Es, considerando-se conceitos de interações intermoleculares e de funções orgânicas.
	5 - Comunicação dos modelos	Apresentação dos modelos finais pelo grupo para a turma.

Fonte: Os Autores.

Em seguida, selecionamos dados relacionados ao processo de ensino vivenciado pelo grupo de Es que esteve mais envolvido nas At. Após reassistirmos às videogravações do recorte final, realizamos a transcrição do discurso produzido por P durante interação com os Es. Realizamos também a descrição do contexto das atividades, caracterizando as práticas que o grupo de Es vivenciava. Considerando os artefatos produzidos por P (tais como planejamentos das atividades) e dos Es do grupo (tais como fotos dos modelos e atividades em folha) triangulamos esses dados (Carter, 2014) para a realização da análise.

Pautados na Análise de Conteúdo de Bardin (2011), elencamos a priori categorias de: Prát.Inv.² - adotando a sistematização indicada por Zômpero e Laburú (2011) integrada à apresentada por Oliveira, Santos e Franco (2024, p. 13)³, com atribuição de códigos - quadro

² Consideramos o termo práticas científicas sinônimo de Prát.Inv., assim como pesquisadores da área (Oliveira; Santos; Franco, 2025; Osborne, 2014; Sasseron, 2015; Zômpero; Laburú, 2011).

³ Esses autores subcategorizaram categorias de práticas científicas apresentadas por Osborne (2014).

2; e Prát.Mod. – utilizando as subetapas cognitivas e sociais que integram cada etapa do processo de modelagem, definidas por Gilbert e Justi (2016, p. 37) - quadro 3.

Quadro 2. Práticas investigativas associadas às etapas do EnCI e os códigos utilizados na análise

Etapas do EnCI	Cód.	Prát.Inv.
Um problema a ser analisado	Prl	Fazer perguntas
Elaboração de hipóteses	Hil1	Elaborar hipóteses
	Hil2	Elaborar previsões
	Hil3	Elaborar estimativas
Planejamento para a realização do processo investigativo, visando a obtenção de novas informações	PII	Planejar investigações
Busca por informações para resolução do problema	Bul1	Obter informações (Literatura)
	Bul2	Realizar investigação (Experimento)
Interpretação dessas novas informações	Inl1	Analisar dados
	Inl2	Avaliar informações
	Inl3	Interpretar dados
	Inl4	Utilizar pensamento matemático
	Inl5	Utilizar pensamento computacional
Comunicação das informações	Col1	Usar modelos
	Col2	Construir modelos
	Col3	Comunicar informações
	Col4	Argumentar a partir de evidências

Fonte: Adaptado de Oliveira, Santos e Franco (2024, p. 13).

Quadro 3. Práticas de modelagem das subetapas do processo e os códigos utilizados na análise

Etapas	Cód.	Subetapas
Criação	CrM1	Elaborar Analogia
	CrM2	Rever conhecimento prévio
	CrM3	Selecionar recurso matemático
	CrM4	Adquirir conhecimento da literatura
	CrM5	Obter novos dados empíricos
	CrM6	Definir ou entender objetivos
Expressão	ExM1	Escolher modos de representação
	ExM2	Definir códigos de representação
Teste	TeM1	Planejar testes
	TeM2	Interpretar dados
	TeM3	Elaborar explicações
	TeM4	Coletar dados
	TeM5	Propor conclusões
Avaliação	AvM1	Definir abrangências
	AvM2	Definir limitações

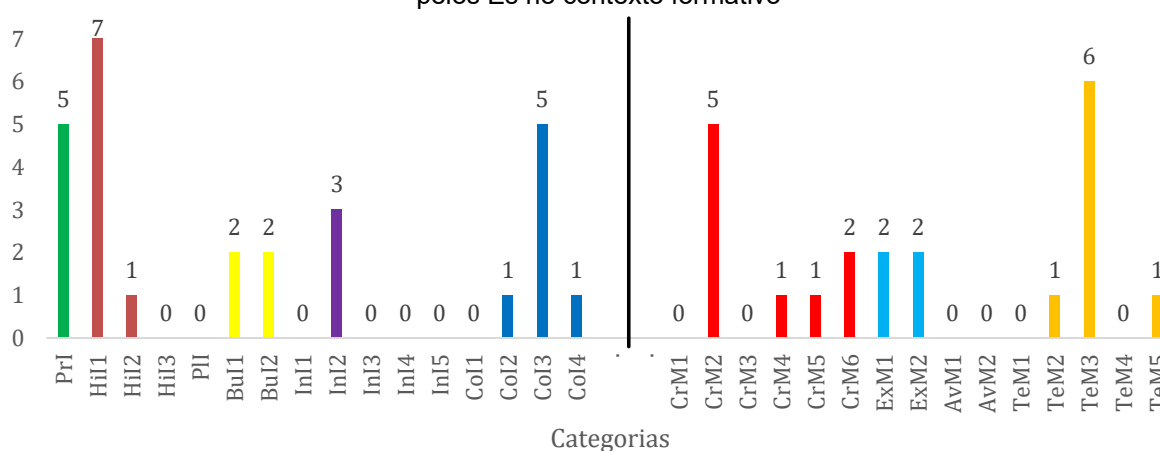
Fonte: Adaptado de Gilbert e Justi (2016, p. 37).

Com esses quadros, realizamos a análise de cada episódio buscando caracterizar, respectivamente, as Prát.Inv. e as Prát.Mod. nas quais os Es do grupo se envolveram no contexto formativo e realizando buscas de evidências apoiados na perspectiva sociocultural (Vigotski, 1978). A seguir, apresentamos resultados e discussões resultantes desse processo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura a seguir apresenta um panorama geral da frequência de identificação de Prát.Inv. e as Prát.Mod. vivenciadas pelo grupo de Es ao longo das atividades.

Figura 1. Gráfico de identificação de práticas investigativas e práticas de modelagem vivenciadas pelos Es no contexto formativo



Fonte: Os autores.

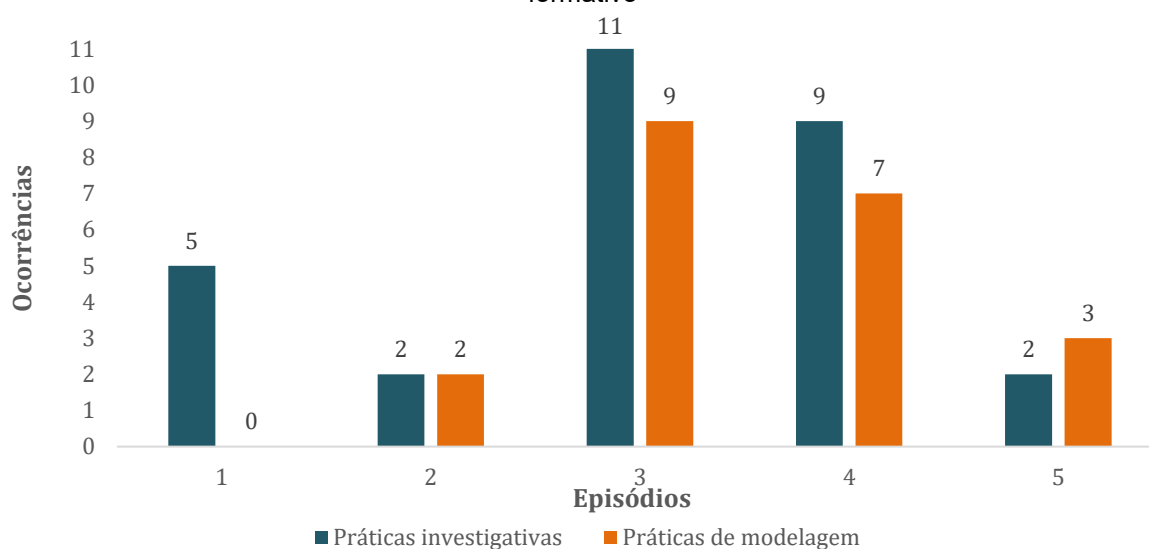
Com este gráfico, observamos que ao longo dos cinco episódios, os Es vivenciaram várias Prát.Inv. e Prát.Mod. Em termos de Prát.Inv., fizeram perguntas à P, às PQ e entre eles no grupo (PrI) sobre o processo investigativo geral; produziram hipóteses, ao elaborar hipóteses (Hil1) e previsões (Hil2) relacionadas ao experimento e às representações que produziam; buscaram por informações para obter mais detalhes sobre conceitos e definições (Literatura) (Bul1) e sobre como realizar as atividades que resultaram na obtenção de dados (Experimento) (Bul2); interpretaram as novas informações que adquiriam ao avaliá-las (InI2) como pertinentes ou não; e comunicação das informações ao construir modelos representacionais (Col2) e os utilizaram para comunicar as informações obtidas (Col3) para a turma, processo que também resultou em apresentação de argumentos a partir de evidências (Col4). Dentre estas, as que se mostraram mais recorrentes foram Hil1 (7 vezes), seguida por PrI (5) e Col3 (5).

Por outro lado, os Es do grupo se envolveram nas seguintes Prát.Mod.: revendo seus conhecimentos prévios ao levantar ideias sobre como deveriam estruturar o modelo (CrM2), adquirindo conhecimento da literatura (consultando P, as PQ e os próprios colegas) para definir elementos do modelo, tais como sobre que tipos de ligações e ramificações as

moléculas dos plásticos deveriam possuir (CrM4), obtendo novos dados empíricos quando revisitaram o experimento para discutir adequações ao modelo (CrM5) e definindo ou entendendo objetivos para aspectos do modelo (CrM6); expressando o modelo ao escolher modos de representação, por exemplo produzindo modelos em três dimensões (ExM1) e definindo códigos de representação, tais como escolhendo tamanhos diferentes para bolas de isopor que representavam átomos diferentes no modelo (ExM2); testando o modelo, ao interpretar dados que validavam aspectos do modelo (TeM2), elaborando explicações sobre esses aspectos (TeM3) e propondo conclusões a partir do modelo (TeM5). Dentre elas, as mais evidenciadas são TeM3 (6 vezes), e CrM2 (5).

Direcionando nossos olhares para os cinco episódios, produzimos o gráfico da Figura 2 para evidenciar as Prát.Inv., e Prát.Mod. nas quais os Es do grupo se envolveram.

Figura 2. Ocorrência de práticas investigativas e práticas de modelagem nos episódios do processo formativo



Fonte: Os Autores.

Observamos que no Ep1, no qual os Es elaboraram hipóteses e realizaram o experimento de tentativa de dobra dos materiais plásticos, eles se envolveram apenas em Prát.Inv. (PrI, HiI1, HiI2, BuI2 e CoI3). Neste Ep, não foram observadas Prát.Mod., uma vez que P não havia feito qualquer menção à produção de modelos, mesmo que a atividade influenciasse futuramente no processo de modelagem que eles realizariam. A emergência de Prát.Mod. ocorre apenas no Ep2, quando P explicou que: *Considerando o que vocês fizeram na atividade anterior, elaborem modelos que expliquem, no nível submicroscópico, o que aconteceu com a sacolinha e com a carcaça de TV antes e após a tentativa de dobrar esses materiais*. Esse tipo de problematização é característico do EnCI (PrI) (Osborne, 2014; Sasseron, 2015; Zômpero; Laburú, 2011), ao mesmo tempo que é característico da modelagem, porque o foco específico está na produção de modelos explicativos para o fenômeno observado. Além disso,

os Es se envolveram na atividade inicialmente revisando seus conhecimentos prévios (Cr2) sobre plásticos e conceitos químicos, sob orientação de P e lembrando a o experimento (Bul2) feito no encontro anterior.

No Ep.3, os Es produziram seu modelo inicial pautados no conceito químico central de ligações químicas para definir a estrutura dos polímeros relacionados aos dois materiais investigados. Para isso, eles usaram recursos disponibilizados por P (tais como bolinhas de isopor, varetas de madeira e tinta), Ep no qual foram caracterizadas as Prát.Inv. Pr1, Hil1, Bul1, Col2, Col3 e Col4 e as Prát.Mod. CrM2, CrM4, CrM6, ExM1, ExM2 e TeM3. Por ser a modelagem um processo complexo (Gilbert; Justi, 2016; Oliveira; Santos; Franco, 2025), era esperado que várias práticas fossem realizadas. Tendência semelhante foi observada no Ep4, no qual os Es do grupo deram segmento ao processo de modelagem, reformulando o modelo deles a partir de considerações sobre conceitos de interações intermoleculares. Pela própria natureza da reformulação, revisitação ao experimento e reformulação de ideias a partir de novas informações, eles modificaram as representações do modelo, evidenciando-se o envolvimento do grupo nas Prát.Inv. Pr1, Hil1, InI2 e Col3 e nas Prát.Mod. CrM2, CrM6, ExM2, TeM3 e TeM5.

Por fim, no processo de comunicação dos modelos (Ep.5) o grupo apresentou novas ideias por meio de novas explicações (Col3) sobre o modelo (TeM3). Para isso, eles revisitaram seus conhecimentos prévios (CrM2) para avaliar novas informações (InI2) emergentes das discussões com P, PQ e os colegas, além da reinterpretação de dados (TeM2).

Buscando sintetizar as ideias e pautados nas categorias de Prát.Inv. e Prát.Mod. (quadros 2 e 3), produzimos a figura 3 na qual relacionamos quais delas foram evidenciadas exclusivamente caracterizando-se processos de investigação e processos de modelagem e quais delas foram evidenciadas ao mesmo tempo.

Figura 3. Diagrama de caracterização de práticas investigativas e práticas de modelagem evidenciadas no processo formativo



Fonte: Os Autores.

A análise deste diagrama e (das figuras 1 e 2) evidencia que o processo conduzido por P favoreceu ao grupo de Es experienciar tanto Prát.Inv. quanto Prát.Mod.. Considerando-se especificidades do EnCI (Oliveira; Santos; Franco, 2025) e da ECFM (Gilbert; Justi, 2016), observamos que as Prát.Inv. “problematização” e “elaboração de hipóteses” foram vivenciadas pelo grupo dentro do contexto de investigação experimental (sem relação direta e explícita com a modelagem) e que as Prát.Mod. “definição de códigos de expressão” de modelos e “revisão de conhecimentos prévios” foram relacionadas intrinsecamente à modelagem. Contudo, ocorrendo simultaneamente, observamos que “busca por informações”, “construção de modelos”, “avaliação de dados” e “comunicação de ideias” ocorreram simultaneamente e interrelacionadas à investigação e à modelagem. Assim, podemos considerar que, no processo formativo vivenciado, não há como separar totalmente o que é compreendido no EnCI e o que se refere à ECFM, uma vez que ambos os processos ocorrem interrelacionados e, algumas vezes, ao mesmo tempo. Ou seja, por mais que as atividades tenham sido conduzidas com objetivo central de envolver estudantes na modelagem sobre plásticos, isso não impediu que os Es se envolvessem na investigação, pelo contrário, há indícios de que a modelagem favoreceu a investigação. Concluimos dessa maneira porque entendemos a modelagem como um processo no qual a investigação é inerente. Porém, os resultados a serem apresentados ao final do processo, não se resumem a explicações científicas quaisquer, mas direcionadas para a explicação de como os modelos que eles produzem sustentam e dão sentido às explicações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, conseguimos elucidar como práticas investigativas e práticas de modelagem, se integraram em um contexto formativo conduzido por uma professora e como estudantes se engajam nelas. Entendemos que nossos resultados auxiliam a superar uma visão fragmentada entre os dois domínios, EnCI e ECFM, uma vez que a investigação e a modelagem são práticas sistemicamente complementares (Kelly, 2008). Por exemplo, nossos resultados indicam que a modelagem científica pode ser compreendida como uma forma específica de investigação, em que o processo investigativo não se encerra na obtenção de dados, mas se prolonga na necessidade de traduzi-los e explicá-los por meio de modelos. Essa perspectiva reforça a ideia de que ambientes formativos que integram EnCI e ECFM promovem aprendizagens mais robustas sobre a natureza da ciência e suas práticas, aproximando os estudantes da maneira como o conhecimento científico é efetivamente construído. Nesse sentido, consideramos importante a realização de discussões mais amplas e não desfragmentadas na área sobre a importância do papel de professor ao planejar e

conduzir atividades em sala de aula de modo a explorar as potencialidades que elas apresentam sem se restringirem a apenas uma abordagem orientadora.

AGRADECIMENTOS

Ao Fundo de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (Faepex-Unicamp).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AREEPATTAMANNIL, S. Effects of inquiry-based science instruction on science achievement and interest in science: Evidence from Qatar. **The Journal of Educational Research**, v. 105, n. 2, p. 134-146, 2012.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.

CARTER, N. The use of triangulation in qualitative research. **Methods & Meanings**, v. 41, n. 5, p. 545-547. 2014.

GILBERT, J. K.; JUSTI, R. **Modelling-based Teaching in Science Education**. Cham: Springer International Publishing, 2016.

HODSON, D. Learning science, learning about science, doing science: different goals, different approaches. **International Journal of Science Education**, London, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014.

GILBERT, J. K.; JUSTI, R. **Modelling-Based Teaching in Science Education**. Basel: Springer. 2016.

KELLY, G. Inquiry, activity and epistemic practice. In: R. A. Duschl; Richard E. Grandy (Org.). **Teaching scientific inquiry**. Leiden: Brill, 2008. p. 99-117.

KNUUTTILA, T. **Models as epistemic artefacts**: Toward a non-representationalist account of scientific representation. Helsinki: University of Helsinki, 2005.

MORRISON, M.; MORGAN, M. S. Models as mediating instruments. In: MORGAN, M. S.; MORRISON, M. (Org.). **Models as mediators**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 10-37.

OLIVEIRA, L., BICALHO, H.; JUSTI, R. Habilidades de visualização de estudantes em contexto de Educação Científica Fundamentada em Modelagem. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, 18, 4. 2025.

OLIVEIRA, L., SANTOS, M., & FRANCO, L. G. Práticas Científicas na Base Nacional Comum Curricular: uma análise da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no contexto do Ensino Médio. Itatiba. **Horizontes**, v 43, n. 1, e023171-e023171. 2025.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação**: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015.

VIGOTSKI, L. S. **Mind in Society: the development of higher psychological processes**. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.