

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO 5º ANO E AS FUNÇÕES DA MEDIAÇÃO PEDAGÓGICA NA CONSTRUÇÃO DE EVIDÊNCIAS E EXPLICAÇÕES

Márcia Staudt¹, Camila de Brito Miranda Faia², Marcia Borin da Cunha³; Josenei Godoi de Medeiros⁴

¹Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil (pg406900@uem.br)

²Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil

³Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, Brasil

⁴Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, PR, Brasil

Resumo: Analisa-se a mediação pedagógica no uso de simulações computacionais de energia fotovoltaica no 5º ano. O estudo teórico-interpretativo articula literatura educacional, fundamentos fotovoltaicos e exame documental da BNCC. A síntese diferencia problemas conceituais, representacionais e epistêmicos e relaciona cada dificuldade a intervenções docentes específicas.

Palavras-chave: Alfabetização científica; Práticas epistêmicas; Modelização; Investigação orientada; Elaboração conceitual.

INTRODUÇÃO

Produção, distribuição e consumo de energia participam de decisões domésticas, técnicas, econômicas e ambientais. No ensino de Ciências, o tema aproxima propriedades dos materiais, transformações, geração elétrica e uso de recursos sem reduzir a aula à descrição de equipamentos.

A Base Nacional Comum Curricular atribui à área o desenvolvimento do letramento científico, compreendido como capacidade de interpretar os mundos natural, social e tecnológico e de intervir neles com apoio nos conhecimentos das ciências (Brasil, 2018, p. 319). A função escolar aparece quando situações conhecidas passam a ser examinadas por conceitos, representações e critérios de justificação que ultrapassam a experiência imediata.

A energia solar fotovoltaica oferece um recorte para esse trabalho no 5º ano, embora a expressão não figure entre os objetos de conhecimento prescritos para a etapa. Sua inserção resulta da articulação entre propriedades dos materiais, geração de eletricidade, uso de recursos, consumo consciente e soluções tecnológicas, presentes nas habilidades EF05CI01, EF05CI02, EF05CI04 e EF05CI05 (Brasil, 2018, p. 339). Reconhecer que o vínculo foi construído impede atribuir ao documento uma determinação literal e obriga o planejamento a declarar quais conhecimentos serão selecionados, em que profundidade e para responder a qual problema.

Esse recorte contém dificuldades próprias. Irradiância e irradiação, potência e energia, geração e armazenamento designam processos ou grandezas que não se equivalem. Pinho e Galdino (2014, p. 70, 103-126) situam a conversão na interação da radiação com o material semicondutor e mostram que a resposta elétrica varia segundo propriedades do dispositivo e circunstâncias de operação. A linguagem adequada aos anos iniciais pode reduzir o número de relações tratadas de uma vez. Ela ainda precisa conservar o mecanismo que diferencia o efeito fotovoltaico do aquecimento do módulo, a potência instantânea da energia acumulada e o conversor do dispositivo de armazenamento.

A simulação acrescenta um problema representacional. Controles, imagens, números e gráficos não são o fenômeno fotovoltaico. Eles oferecem acesso a um modelo que formaliza algumas dependências e omite outras. A saída exibida corresponde ao cálculo efetuado para entradas previstas pelo sistema, razão pela qual a exploração requer distinguir o objeto material, sua representação computacional e a forma pela qual a interface torna essa representação operável.

Alterar parâmetros e restabelecer uma configuração favorece comparações, porém a disponibilidade de tentativas não organiza a investigação. De Jong e Van Joolingen (1998, p. 182-191) identificam dificuldades na delimitação do que examinar, no planejamento dos testes e na interpretação dos resultados em ambientes



de descoberta. Rutten, Van Joolingen e Van der Veen (2012, p. 136-139) associam os efeitos educacionais à posição curricular do recurso, ao apoio e à organização da aula. A interatividade pertence ao artefato. A transformação de uma sequência de cliques em atividade de estudo decorre da direção conferida ao problema, à observação, ao registro e à explicação. Nos anos iniciais, a alfabetização científica abrange conhecimentos, linguagens e procedimentos mobilizados para interpretar situações e comunicar explicações (Lorenzetti e Delizoicov, 2001, p. 45-50). Sasseron (2015, p. 55-61) vincula essa formação ao ensino por investigação e à argumentação. Brito e Fireman (2016, p. 125-137), ao analisarem uma sequência com uma turma do 5º ano, mostram como problematização, experiência, confronto dos resultados e sistematização participaram da elaboração das ideias. A faixa etária admite práticas investigativas quando o ensino organiza as operações intelectuais solicitadas e oferece apoio compatível com a dificuldade encontrada.

Os estudos consultados explicam aspectos da alfabetização científica, da investigação orientada, das simulações e da educação energética. Permanece menos desenvolvida, para os anos iniciais, a articulação entre a leitura da interface, o estatuto dos registros produzidos e a elaboração de uma explicação sobre a conversão fotovoltaica. O problema não se limita à disponibilidade de informações. Um número pode ser lido sem que se reconheça a grandeza representada, registrado sem as circunstâncias que o tornariam comparável ou empregado em uma afirmação cujo alcance excede o modelo. Localizar essas rupturas é necessário para especificar o trabalho docente.

A análise foi orientada pela seguinte pergunta. Quais funções a mediação pedagógica desempenha para que estudantes do 5º ano interpretem resultados de uma simulação computacional de energia fotovoltaica, produzam registros comparáveis, construam evidências e elaborem explicações compatíveis com o conhecimento científico e com as orientações curriculares? A formulação desloca o foco da presença do recurso para as decisões pedagógicas que vinculam conteúdo, representação e atividade investigativa.

Mediação pedagógica designa aqui a organização intencional do trabalho orientada à apropriação do conhecimento sistematizado a partir de situações da prática social. Saviani (2011, p. 8, 13-14) situa a função escolar na identificação e na socialização das formas elaboradas do saber. Duarte (2001, p. 58) questiona a hierarquia que coloca o método de descoberta acima dos conhecimentos já produzidos. Nesse quadro, a investigação escolar articula previsão, teste, comparação e justificação aos conceitos que tornam os resultados inteligíveis. A tecnologia ocupa a posição de instrumento desse trabalho.

O objetivo consistiu em analisar as funções da mediação pedagógica no uso de simulações computacionais de energia fotovoltaica para o 5º ano. Foram considerados o vínculo curricular do tema, o conhecimento necessário para interpretar a conversão, o estatuto representacional do modelo, as práticas investigativas e a transformação de registros em evidências e explicações. A contribuição reside na escolha fundamentada da intervenção docente conforme o ponto em que o raciocínio se interrompe, evitando tratar toda dificuldade como falta de conteúdo ou como falha operacional.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo realizou uma análise teórico-interpretativa da literatura articulada ao exame documental da Base Nacional Comum Curricular. A BNCC foi consultada na apresentação de Ciências da Natureza, na unidade temática Matéria e energia e nos enunciados das habilidades EF05CI01, EF05CI02, EF05CI04 e EF05CI05 (Brasil, 2018, p. 319-324, 338-339). Em cada passagem foram observados o conteúdo nomeado, a operação solicitada ao estudante e o limite do vínculo com a energia fotovoltaica. Esse procedimento distinguiu a prescrição efetiva do documento da articulação curricular construída para o tema. A pertinência para o problema orientou a seleção da literatura. Foram incluídas obras sobre a função escolar e a apropriação do conhecimento sistematizado, as operações investigativas e suas formas de orientação, o modelo computacional e os fundamentos da conversão fotovoltaica. Estudos sobre educação solar nos anos iniciais e alfabetização energética completaram o conjunto. Menções isoladas à tecnologia ou à energia, desprovidas do desenvolvimento dessas relações, não fundamentaram as inferências.

A leitura procurou proposições verificáveis nas páginas das fontes. No documento curricular, foram registrados objetos, verbos e habilidades. No manual técnico, localizaram-se definições de grandezas, componentes e mecanismos capazes de esclarecer obstáculos conceituais. Nos estudos educacionais, foram extraídas afirmações sobre dificuldades da descoberta, formas de apoio, operações do ciclo investigativo, produções infantis e limites declarados pelos autores. Resultados de outros níveis escolares ou de outros conteúdos foram mantidos com o seu recorte original, sem serem convertidos em prova de efeitos no 5º ano.

O confronto das fontes foi conduzido por perguntas de leitura ligadas ao objeto. Examinou-se qual conhecimento fotovoltaico resolve uma dificuldade de interpretação, o que a interface representa e quais operações transformam uma saída exibida em material para uma afirmação justificada. A resposta a essas perguntas exigiu aproximar obras de naturezas diferentes sem igualar seus resultados. O manual



técnico delimitou o mecanismo físico. As pesquisas sobre simulação esclareceram o estatuto do modelo e as dificuldades de exploração. Os estudos com crianças e as formulações da pedagogia histórico-crítica orientaram a análise da direção do ensino e da elaboração conceitual.

A comparação avançou pela identificação de concordâncias, tensões e lacunas entre as proposições. A crítica de Duarte (2001, p. 58) à primazia do aprender por descoberta foi confrontada com as dificuldades de planejamento e interpretação descritas por De Jong e Van Joolingen (1998, p. 182-191). Os apoios examinados por Lazonder e Harmsen (2016, p. 681-708) foram relacionados às operações de prever, controlar, registrar e justificar. A passagem do resultado à explicação foi então analisada segundo três critérios derivados desse confronto, referentes à representação, à evidência e ao mecanismo científico. A síntese permaneceu restrita às relações sustentadas por essas leituras. A seleção não configura revisão sistemática, não permite medir a frequência das abordagens e não sustenta atribuições de aprendizagem a estudantes. O resultado consiste em uma elaboração conceitual que liga dificuldades identificáveis a intervenções docentes e explicita os critérios pelos quais registros, afirmações e explicações podem ser examinados. A validade pedagógica dessas relações em uma turma concreta requer dados de interação, produções estudantis e descrição da interface utilizada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O exame da BNCC mostrou que a energia fotovoltaica entra no 5º ano por articulação curricular. A unidade temática Matéria e energia reúne materiais, transformações, fontes e usos da energia (Brasil, 2018, p. 323-324). Na habilidade EF05CI01, a exploração da condutibilidade elétrica oferece base para discutir a função de condutores, isolantes e contatos em um circuito associado ao dispositivo fotovoltaico (Brasil, 2018, p. 339). Sem essa explicitação, a simples presença de fios e módulos na tela não desenvolve o conteúdo previsto. A articulação se sustenta quando a atividade transforma uma propriedade dos materiais em questão necessária à compreensão do sistema. A habilidade EF05CI02 vincula geração elétrica e ciclo hidrológico (Brasil, 2018, p. 339). A comparação com a fonte solar exige preservar a especificidade de cada cadeia de conversão. Água em movimento e radiação incidente não constituem variantes do mesmo mecanismo. Colocá-las lado a lado pode esclarecer a diferença entre recurso primário, conversor, eletricidade produzida e disponibilidade temporal. O vínculo curricular deixa de ser uma associação temática quando o contraste requer que o estudante identifique o que se transforma e por qual processo.

Uso sustentável de recursos, consumo consciente e proposição de soluções tecnológicas aparecem nas

habilidades EF05CI04 e EF05CI05 (Brasil, 2018, p. 339). Uma simulação que aproxima geração e demanda pode sustentar decisões desde que apresente grandezas compatíveis e preserve o intervalo considerado. Escolher quais cargas atender, por exemplo, requer potência dos equipamentos, tempo de uso e disponibilidade da geração. A decisão adquire fundamento científico quando os critérios e as restrições são comunicados. Recomendações genéricas de economia não substituem essa análise e tendem a individualizar um problema que também possui dimensões técnicas e coletivas.

A integração dessas habilidades define o alcance escolar do tema. Relações qualitativas, comparações entre grandezas e cálculos acessíveis podem ser trabalhados sem antecipar formalizações de etapas posteriores. Simplificar, nesse caso, significa selecionar dependências que permaneçam explicativas. Retirar unidades, ocultar o intervalo de tempo ou usar um mesmo termo para potência e energia altera a estrutura do conceito. A adequação ao 5º ano deve reduzir a quantidade de elementos simultâneos e conservar a cadeia entre fonte, conversão, resposta elétrica e uso.

A alfabetização científica fornece o critério formativo dessa seleção. Para Lorenzetti e Delizoicov (2001, p. 47-50), os conhecimentos escolares participam da compreensão de situações e da tomada de decisão. O painel observado no telhado constitui experiência inicial, ainda insuficiente para explicar a geração. Radiação, semicondutor, corrente, circuito e carga introduzem relações ausentes na aparência. O ensino não precisa reunir toda a engenharia do sistema. Precisa escolher os conceitos que respondem ao problema proposto e que permitem retornar à situação cotidiana com outra forma de compreendê-la.

Essa escolha expressa a função escolar discutida por Saviani e a crítica de Duarte à subordinação do conhecimento ao método de descoberta. Durante a exploração, o saber elaborado orienta o que merece ser observado, fornece os termos para comparar os casos e delimita explicações admissíveis. A resposta inicial permanece aberta ao exame. Ao relacionar pergunta, confronto e conceito, a investigação cria condições para que o estudante compreenda por que um padrão apareceu e em quais circunstâncias a conclusão precisa ser revista (Saviani, 2011, p. 8, 13-14; Duarte, 2001, p. 58).

A primeira distinção técnica com função pedagógica separa irradiância de irradiação. Pinho e Galdino (2014, p. 70) definem irradiância como potência radiante incidente por unidade de área e irradiação como energia recebida por unidade de área durante um intervalo.

Um controle instantâneo rotulado apenas como intensidade solar pode ocultar essa diferença. Antes de solicitar comparações, o professor precisa identificar



qual grandeza foi formalizada e qual unidade a saída utiliza. Esse esclarecimento evita que um valor momentâneo seja empregado para concluir sobre energia acumulada ao longo do dia.

A explicitação do efeito fotovoltaico permite enfrentar outro obstáculo conceitual. Pinho e Galdino (2014, p. 114) o definem como a “conversão de energia luminosa em energia elétrica associada a uma corrente elétrica e uma diferença de potencial”. A formulação afasta a ideia de que o módulo gera porque aqueceu. Temperatura e radiação podem variar simultaneamente em situações reais, porém exercem efeitos distintos sobre o comportamento elétrico. Quando uma justificativa infantil menciona calor, a intervenção pertinente não consiste em pedir novo clique. Ela retoma a interação da radiação com o semicondutor e propõe um contraste capaz de separar aquecimento percebido e mecanismo de conversão. Célula, módulo, arranjo, bateria e inversor também precisam ser diferenciados pelo que fazem no sistema. A célula realiza a conversão elementar, o módulo reúne células protegidas e o arranjo combina módulos segundo requisitos elétricos (Pinho e Galdino, 2014, p. 113-114, 123, 131). A bateria armazena energia por processo eletroquímico, enquanto o inversor converte a forma da corrente quando a configuração o exige (Pinho e Galdino, 2014, p. 164, 216). Uma interface que liga diretamente o módulo a uma carga representa uso instantâneo ou uma regra programada. A ausência de bateria na representação impede afirmar armazenamento, mesmo que a animação sugira continuidade no fornecimento.

Corrente, tensão, potência e energia respondem a perguntas diferentes. A potência decorre do produto entre tensão e corrente em um ponto de operação (Pinho e Galdino, 2014, p. 147), enquanto a energia incorpora a duração (Pinho e Galdino, 2014, p. 70, 80). Sob temperatura controlada, o aumento da irradiância eleva a corrente fotogerada. Temperatura, sombreamento, orientação, características do módulo e circuito podem alterar outras partes da resposta. Uma comparação didática precisa declarar o que foi mantido fixo. Quando duas entradas mudam juntas, o valor final continua compatível com mais de uma causa e perde poder para sustentar a explicação pretendida.

Rótulos intuitivos podem facilitar o primeiro contato e ainda produzir ambiguidade. Sol forte, melhor posição e painel eficiente condensam propriedades físicas, escalas e decisões de programação. A conversão envolve a energia dos fótons e a absorção no semicondutor, enquanto o processo apresenta perdas associadas ao dispositivo (Pinho e Galdino, 2014, p. 103-109, 114-115). A sensação de brilho não informa por si a irradiância útil ao dispositivo. A mediação deve traduzir o controle da interface para a grandeza representada, informando quando se trata

apenas de um estado didático. Sem esse vínculo, o estudante aprende a operar o seletor e conserva uma explicação incompatível com o fenômeno.

Os obstáculos técnicos mostram que o erro pode ter origens diferentes. A afirmação de que o painel produz eletricidade pelo calor expressa erro conceitual sobre o mecanismo. Ler um botão como se ele fosse a própria irradiância constitui erro representacional. Usar dois valores obtidos com várias entradas alteradas para defender uma causa revela fragilidade evidencial. Essa diferenciação modifica a intervenção. O conhecimento fotovoltaico responde ao erro conceitual, e a correspondência entre controle e grandeza precisa ser explicitada diante do erro representacional. A fragilidade evidencial requer reconstruir o teste, registrar estados comparáveis e restringir o alcance da afirmação. A distinção também impede que todo desacordo seja classificado como desconhecimento do conteúdo. Uma criança pode compreender que a radiação participa da conversão e interpretar de forma inadequada a escala de cores da tela. Pode registrar os valores corretamente e escolher uma comparação incapaz de responder à pergunta. Pode ainda reconhecer o padrão e formular apenas uma descrição. Diagnosticar onde a elaboração se interrompe evita a repetição de explicações já compreendidas e direciona o apoio para a operação que ainda não foi realizada.

A interpretação da simulação começa por uma diferenciação conceitual. De Jong e Van Joolingen (1998, p. 179-180) definem a simulação pela interação do usuário com um modelo de sistema ou processo. O sistema físico compreende materiais, componentes e condições ambientais.

O modelo formaliza dependências selecionadas entre grandezas. A interface oferece comandos e saídas que tornam parte dessa formalização acessível. Os três níveis se relacionam, sem se confundirem. A resposta observada na tela foi calculada pelo modelo e não medida diretamente em um módulo instalado.

Essa diferença muda o enunciado da tarefa. Dizer que o painel produziu mais energia atribui a saída ao objeto material, mesmo quando nenhuma medição ocorreu. Uma formulação coerente informa que o modelo calculou determinado valor para uma configuração definida. A precisão não constitui excesso de linguagem técnica. Ela delimita o referente da afirmação e prepara a pergunta seguinte, voltada ao que seria necessário observar em um sistema real. O estudante aprende, assim, a separar resultado representado, previsão sobre o fenômeno e evidência empírica.

Variável física e controle visual ocupam níveis distintos da representação. Irradiância é uma grandeza que a interface pode traduzir, por exemplo, em um seletor com três níveis. Esse seletor funciona como convenção de entrada, enquanto uma barra ou um



número de saída corresponde a outra decisão representacional. A leitura da relação requer o significado de cada estado, as unidades adotadas e a função calculada pelo modelo. Uma regularidade observada entre dois comandos pode decorrer da programação da interface. Ela ganha sentido fotovoltaico quando o ensino a vincula a uma dependência física explicitada e conserva as simplificações assumidas.

A repetibilidade do ambiente computacional favorece a inspeção de contrastes porque uma configuração pode ser restabelecida. Essa estabilidade decorre das condições programadas no modelo, distintas da variabilidade meteorológica e do comportamento de um módulo real. De Jong e Van Joolingen (1998, p. 184-193) mostram que a descoberta se torna difícil quando o aprendiz não formula uma relação examinável ou realiza experimentos pouco informativos. A repetição de um caso adquire função formativa quando existe razão para a nova tentativa e a alteração é registrada. Rutten, Van Joolingen e Van der Veen (2012, p. 136, tradução nossa) afirmam que as simulações “podem aprimorar a instrução tradicional”. O caráter condicional é decisivo. Duarte (2001, p. 58) critica a valoração do método de descoberta acima do conhecimento produzido historicamente. A leitura conjunta dessas contribuições situa a exploração em uma atividade na qual o saber sistematizado orienta perguntas e comparações, e os resultados oferecem material para revisar a compreensão inicial.

Palacios, Pascual e Moreno-Mediavilla (2024, p. 708-714) encontraram exploração, perguntas orientadoras, retorno e discussão coletiva em estudos com simulações de Química. Os autores também registram diferenças no desenho das sequências. A transferência para o 5º ano e para a energia fotovoltaica não autoriza supor os mesmos efeitos. Esses resultados permitem apenas situar a simulação como parte de uma sequência de ensino. A pergunta anterior, a forma de registro e a discussão posterior determinam se a tela servirá apenas à execução ou à elaboração de uma conclusão justificável.

Escalas, cores, movimentos e mensagens distribuem a atenção. Uma animação pode destacar o fluxo entre módulo e carga e ocultar perdas, armazenamento ou conversões intermediárias. Um marcador verde pode sugerir acerto mesmo quando o estudante não compreendeu o mecanismo. Rutten, Van Joolingen e Van der Veen (2012, p. 140-145) relacionam visualização e condições instrucionais. A leitura pedagógica da interface deve perguntar qual elemento ganhou saliência, qual inferência ele favorece e que informação será necessária para impedir que a aparência visual funcione como prova.

Cole et al. (2023, p. 4-8) distinguem componentes, sequências e processos em modelos infantis de

sistemas solares. A diferença oferece um critério para analisar a compreensão. Nomear sol, painel, fio e lâmpada identifica elementos. Ordená-los descreve uma sequência. Explicar exige indicar o que se transforma e como a resposta elétrica participa do funcionamento. A interface pode tornar componentes e setas visíveis sem representar o processo em profundidade. O trabalho docente precisa introduzir as entidades e dependências que a imagem não comunica sozinha.

O limite do modelo integra o conteúdo, pois determina quais perguntas podem ser respondidas. Uma regularidade calculada para irradiância e potência não estabelece rendimento anual, viabilidade econômica ou impacto ambiental.

Essas conclusões exigem séries temporais, custos, perdas, manutenção e outros dados. Explicitar a omissão não diminui a simulação. Mostra que todo modelo realiza escolhas e ensina a formular afirmações proporcionais ao que foi representado. Esse reconhecimento prepara a passagem da exploração visual para uma investigação regulada por perguntas e critérios.

A investigação começa com um problema compatível com as variáveis disponíveis e com o conhecimento selecionado. Sasseron (2015, p. 59) caracteriza o professor como “propositor de problemas, orientador de análises e fomentador de discussões”. Esse papel docente conecta a pergunta que delimita a dependência à orientação necessária para produzir comparações informativas e à discussão em que afirmações, registros e mecanismos são confrontados. A articulação impede que as intervenções se convertam em instruções isoladas e que a atividade se encerre quando a tela apresenta um valor. A experiência analisada por Brito e Fireman (2016, p. 127-137) mostra que estudantes do 5º ano podem participar de problematização, experiências, confronto de resultados e sistematização. Sua aproximação com a simulação requer preservar a atenção destinada à interpretação. Instruções numerosas ou comandos excessivos podem deslocá-la para operações secundárias. A adequação ao 5º ano envolve escolher um contraste acessível e oferecer unidades legíveis e registros breves, suficientes para recuperar o percurso.

Registrar uma previsão antes do teste torna a interpretação inicial examinável. A justificativa revela qual mecanismo o estudante supõe. De Jong e Van Joolingen (1998, p. 182-184) observam que formulações vagas ou apoiadas em traços superficiais prejudicam o planejamento da exploração. Uma previsão baseada em calor, brilho ou tamanho do ícone oferece ao professor um diagnóstico distinto daquele produzido por uma previsão sem controle das entradas. O confronto posterior deve retomar essa razão inicial e mostrar qual parte foi sustentada, reformulada ou abandonada.



O teste requer uma base de comparação. Identificar o estado inicial, alterar uma entrada e conservar as demais cria contraste capaz de discriminar uma dependência no modelo. Essa regra não representa um método universal de produção científica. Ela responde à pergunta delimitada e ao tipo de inferência pretendido. Quando temperatura, incidência e carga variam ao mesmo tempo, a saída não indica qual delas foi responsável pela diferença. A mediação pode reduzir temporariamente o número de comandos ou pedir que o estudante justifique por que os dois casos são comparáveis.

Perguntas, pistas, demonstrações, fichas e restrições da interface não são apoios equivalentes. Lazonder e Harmsen (2016, p. 687-689) os diferenciam segundo a operação investigativa e o grau de especificidade. A escolha depende do que impede o avanço. Falta de conhecimento sobre potência pode exigir explicação conceitual. Dificuldade para isolar uma entrada pode ser enfrentada por uma pista ou por bloqueio temporário de controles. Registro incompleto pede revisão do instrumento. Oferecer a mesma ajuda em todos os casos encobre a origem da dificuldade e pode antecipar uma operação que o estudante já seria capaz de realizar.

O retorno programado da interface possui alcance delimitado. Mensagens de acerto, animações e valores numéricos informam que determinada entrada produziu uma saída. O exame da razão apresentada pelo estudante e do alcance da afirmação depende de mediação conceitual. A distinção entre feedback operacional e análise conceitual orienta o professor a recuperar o problema, perguntar qual registro sustenta a conclusão e introduzir o conceito ausente. A intervenção concentra-se no sentido atribuído à saída e ultrapassa a mera conclusão da tarefa.

O percurso investigativo admite retornos. Pedaste et al. (2015, p. 47, tradução nossa) indicam que a discussão “pode ocorrer a qualquer momento” da investigação. Uma saída inesperada pode levar à revisão da previsão, à repetição controlada de um caso ou à reformulação da pergunta. O retorno adquire valor quando se apoia no que foi registrado. Se a nova tentativa repete comandos sem identificar a dúvida que a motivou, a quantidade de resultados aumenta e a dificuldade interpretativa permanece. A consistência da investigação pode ser examinada pelas justificativas produzidas. Lorenzetti e Delizoicov (2001, p. 50-56) incluem leitura, comunicação e uso social do conhecimento na alfabetização científica. Sasseron (2015, p. 59-61) relaciona argumentação ao exame de problemas, dados e explicações. No caso fotovoltaico, uma produção ganha consistência quando informa o que foi alterado, identifica o que se manteve fixo, apresenta os valores pertinentes, formula uma afirmação e reconhece até onde ela

alcança. A sequência de ações adquire sentido por essa elaboração.

O estatuto epistêmico de uma saída não pertence ao número isolado. Informação designa conteúdo disponível antes ou durante a exploração. Registro é a inscrição de uma ação, de uma configuração ou de uma saída. Dado corresponde ao registro contextualizado por unidade e circunstâncias de produção. Evidência surge quando o dado é selecionado para sustentar uma afirmação vinculada à pergunta. Explicação articula essa evidência ao mecanismo fotovoltaico. A síntese reúne o percurso em uma formulação que pode ser comunicada e examinada em outra situação.

Um mesmo valor pode atravessar essas posições sem mudar numericamente. Exibido na tela, constitui informação. Anotado com a unidade e a configuração utilizada, torna-se registro contextualizado. Comparado a outro registro produzido com uma única entrada alterada, funciona como dado para examinar a variação. A diferença assume função de evidência quando sustenta uma afirmação ligada à pergunta. A explicação requer relacionar o padrão ao efeito da grandeza representada sobre a corrente, a tensão ou a potência (Pinho e Galdino, 2014, p. 103-115, 145-147) e reconhecer que a conclusão se refere ao modelo nas configurações testadas. Informar que a barra aumentou descreve uma alteração visual, porém não explica o processo nem autoriza conclusões sobre geração anual, custo ou impacto ambiental, que exigiriam outros dados e escalas de observação.

A especificidade da mediação decorre do ponto em que o raciocínio se interrompe. Perguntas que excedem as variáveis do modelo pedem a delimitação do problema.

A confusão entre controle visual e grandeza física demanda explicar a correspondência representacional. Registros sem base comum exigem refazer o teste, enquanto afirmações sem apoio remetem à seleção dos dados pertinentes. A introdução do conhecimento fotovoltaico ocorre quando o padrão foi descrito sem que o mecanismo aparecesse. Ao localizar cada interrupção, o diagnóstico afasta o acompanhamento genérico.

A delimitação do problema antecede a escolha do apoio. Perguntas sobre toda a sustentabilidade da energia solar excedem uma interface que calcula resposta elétrica para poucas entradas. Perguntar como a potência representada varia entre duas incidências produz uma investigação compatível com o modelo e abre espaço para discutir posteriormente temporalidade, armazenamento e consumo. A redução do escopo não empobrece o tema quando estabelece uma base explicativa para ampliá-lo. Ela também torna visível o que deverá ser obtido por outras fontes ou por medições.



Antes do primeiro teste, o professor precisa localizar a dificuldade prevista. Dúvidas sobre comandos, unidades e indicadores pedem uma apresentação operacional, enquanto lacunas relacionadas a radiação, conversão e potência demandam a introdução do conteúdo. Uma instrução que reúna explicações operacionais e conceituais aumenta a carga verbal e dificulta saber o que foi compreendido. Uma demonstração breve pode ensinar a operar a interface. A previsão justificada revela se os conceitos disponíveis são suficientes para iniciar a exploração.

Quando a comparação perde validade, a intervenção incide sobre o desenho do teste e sobre o registro. Bloquear comandos, propor uma ordem ou pedir a alteração de uma entrada por vez reduz a ambiguidade causal. A ficha precisa conservar configuração inicial, mudança realizada, unidade e saída. Brito e Fireman (2016, p. 130-137) mostram a função dos registros e da sistematização em uma sequência investigativa no 5º ano. Nesse uso, o instrumento permite recuperar o percurso, comparar casos e identificar onde a inferência deixou de se apoiar no que foi observado.

Uma afirmação sem apoio requer perguntas de natureza evidencial. O professor solicita que o estudante indique qual registro sustenta a conclusão, verifique se os dois casos preservam a mesma base de comparação e considere se outro resultado admitiria interpretação diferente. Sasseron (2015, p. 59-61) vincula argumentação ao exame de dados e explicações. Além do resultado final, passam a importar a pertinência do dado, a correspondência com o problema e o alcance declarado. A mediação orienta o estudante a escolher e justificar aquilo que desempenhará a função de evidência. Quando há evidência e falta mecanismo, repetir o teste pouco acrescenta. A pergunta precisa deslocar-se do que mudou para por que o modelo produziu aquela variação e qual conceito torna a dependência inteligível. Uma justificativa baseada no tamanho da barra pede confronto com a grandeza representada. Uma justificativa baseada no calor exige a retomada do efeito fotovoltaico. A terminologia especializada ganha valor quando resolve o problema explicativo. Sua repetição sem vínculo com o padrão conserva apenas uma nomeação de partes.

A discussão coletiva submete previsões e explicações concorrentes aos mesmos critérios. Pedaste et al. (2015, p. 55-57) associam comunicação e reflexão às demais operações da investigação. O professor recupera a pergunta, solicita razões e marca os limites do modelo. Concordância do grupo, rapidez e segurança oral podem indicar participação. A validade científica exige examinar as razões e os registros mobilizados. Uma explicação escrita, um diagrama causal ou a aplicação a outra configuração oferece material mais adequado para verificar se a síntese conservou dados, mecanismo e alcance.

A intensidade do apoio também depende da operação. Lazonder e Harmsen (2016, p. 702-708) registram variação dos efeitos conforme idade, modalidade de orientação e resultado considerado. Explicar um conceito antes do teste pode viabilizar uma previsão quando falta conhecimento básico. Fornecer a comparação pronta pode retirar do estudante a operação que se desejava analisar. A retirada do apoio não obedece a uma sequência fixa. Ela depende da capacidade demonstrada para formular o contraste, registrar as configurações e justificar a conclusão.

O Quadro 1 reúne as rupturas e as decisões docentes correspondentes, sem fixar etapas. Uma explicação incompatível com os dados pode exigir retorno ao registro, enquanto uma comparação ambígua pode recolocar a pergunta. Um valor sem unidade compromete a constituição do dado, casos produzidos com várias entradas alteradas fragilizam a comparabilidade e atribuir o resultado à cor da barra indica ruptura representacional ou conceitual. A pertinência da intervenção depende, assim, do uso conferido à saída exibida.

Quadro 1. Transições epistêmicas, dificuldades e funções da mediação pedagógica.

Passagem	Ruptura observável	Intervenção docente
Situação ao problema	Pergunta excede o modelo ou não define dependência	Delimitar conteúdo, variáveis e alcance
Interface ao registro	Comando ou saída é confundido com grandeza ou fenômeno	Explicitar referente, unidade e representação
Registro ao dado	Faltam configuração, unidade ou base comum	Refazer o teste e registrar circunstâncias
Dado à evidência	Afirmção não indica registro pertinente	Solicitar pertinência, comparação e limite
Evidência à explicação	Padrão é descrito sem mecanismo fotovoltaico	Introduzir conceitos e confrontar razões
Explicação à síntese	Conclusão excede o modelo ou não retorna ao problema	Sistematizar e examinar transferência

Fonte: Elaboração da autora com base na análise desenvolvida.

A pedagogia histórico-crítica fundamenta essa articulação. Saviani (2011, p. 8, 13-14) situa o trabalho educativo na apropriação do conhecimento sistematizado. Duarte (2001, p. 58) recusa a hierarquização que transforma a descoberta individual em valor superior ao saber elaborado. No âmbito das simulações, De Jong e Van Joolingen (1998, p. 182-191) mostram que a exploração enfrenta dificuldades de planejamento e interpretação. A articulação dessas contribuições permite situar pergunta, teste e discussão como operações formativas dirigidas pelos



conceitos necessários à compreensão do fenômeno, com retornos definidos pelas dificuldades reveladas durante o percurso.

Situações da prática social fornecem o ponto de partida, e a apropriação do conhecimento sistematizado orienta a direção do ensino. As operações da aula admitem retornos conforme as dificuldades reveladas no percurso. O consumo observado em casa pode originar a pergunta, reaparecer durante a comparação entre geração e demanda e ser reinterpretado depois da discussão sobre potência e tempo. Um resultado inesperado pode exigir retorno ao conceito ou ao registro. As produções examinadas por Cole et al. (2023, p. 2-8) ajudam a observar esse avanço distinguindo a presença de componentes da explicação. Um desenho que reúne sol, módulo e lâmpada pode mostrar reconhecimento dos elementos. Setas indicam sequência. A explicitação do processo exige dizer como a radiação participa da produção da resposta elétrica e o que ocorre no circuito. Essa diferença também orienta a avaliação de registros gerados após uma simulação. O acréscimo de nomes ou ícones explicita elementos. A reformulação do mecanismo exige modificar as relações representadas.

A alfabetização energética amplia a síntese para as decisões. Nik Abdul Majid, Osman e Yee (2025, p. 1253-1259) identificam experimentação, tecnologias educacionais e abordagens interdisciplinares entre estratégias empregadas no ensino de energia. O contato operacional com o recurso constitui uma parte dessa formação. Decidir sobre uso e geração requer relacionar fonte, conversão, potência, duração e demanda, além de reconhecer dados ausentes. Uma conclusão informada consiste na escolha cuja justificativa comunica os critérios e as restrições consideradas.

Três critérios permitem examinar a qualidade das produções sem reunir dificuldades distintas sob a ideia genérica de erro. A validade representacional verifica se a afirmação distingue sistema físico, modelo e interface. A validade evidencial examina a origem dos dados, a comparabilidade e a pertinência para a pergunta. A validade explicativa avalia a correspondência entre padrão, mecanismo fotovoltaico e alcance. Uma produção pode atender a dois critérios e falhar no terceiro. O estudante pode selecionar registros adequados e interpretar o seletor como grandeza real. Pode reconhecer o modelo e apresentar uma causa incompatível com o efeito fotovoltaico.

Esses critérios modificam o planejamento dos instrumentos. Um roteiro que solicita somente o valor final permite observar preenchimento ou acerto. Para examinar a construção da conclusão, são necessários a configuração inicial, a mudança realizada, a previsão, a unidade, a comparação escolhida e a justificativa. A

forma do registro determina quais operações se tornam observáveis. Ausência de anotação não prova ausência de compreensão, assim como preenchimento correto não prova que o mecanismo foi apropriado. Essa diferença entre manifestação registrada e processo intelectual inferido precisa ser preservada. Rutten, Van Joolingen e Van der Veen (2012, p. 136-153) reuniram pesquisas concentradas no ensino secundário. Palacios, Pascual e Moreno-Mediavilla (2024, p. 701-714) estudaram simulações de Química. Brito e Fireman (2016, p. 125-137) oferecem uma referência situada no 5º ano e Cole et al. (2023, p. 2-8) examinaram crianças em educação solar. As convergências fundamentam relações entre orientação, registro e elaboração. As diferenças de público, conteúdo e desenho impedem inferir efeitos de aprendizagem para estudantes do 5º ano em atividades de energia fotovoltaica.

Uma investigação empírica poderá observar episódios em que o professor reformula perguntas, restringe comandos, solicita unidades ou confronta justificativas. Previsões, tabelas, explicações e revisões oferecerão indícios de como as transições ocorrem em uma turma. A comparação entre momentos deverá manter separadas participação, conclusão da tarefa, acerto numérico e elaboração conceitual. O mesmo desenho permitirá examinar se a intervenção incidiu sobre a dificuldade identificada ou apenas conduziu ao resultado esperado.

CONCLUSÃO

As funções da mediação pedagógica concentram-se em localizar e reorganizar as operações que ligam a exploração da interface à explicação científica. Conforme a dificuldade identificada, o trabalho docente mobiliza conhecimento fotovoltaico para questões do mecanismo, explicita a relação entre comando, grandeza e sistema real e retoma o desenho do teste, o registro ou os critérios de evidência diante de comparações ambíguas e afirmações sem apoio. Essa diferenciação permite caracterizar a mediação com maior precisão do que uma lista uniforme de ações docentes.

A inserção da energia fotovoltaica no 5º ano depende de um vínculo curricular declarado. As habilidades da BNCC oferecem pontos de entrada para propriedades dos materiais, processos de geração e decisões de consumo. O conteúdo adquire unidade quando a pergunta liga fonte, conversão, resposta elétrica e uso. A simulação participa desse percurso como modelo operável, cuja saída conserva as escolhas e as omissões da representação.

A contribuição conceitual reside na articulação entre validade representacional, evidencial e explicativa. O resultado exibido adquire sentido quando é contextualizado, comparado e relacionado ao efeito fotovoltaico. Sob a direção do conhecimento



sistematizado, a investigação orientada permite elaborar e revisar explicações sem atribuir ao artefato o trabalho intelectual organizado pelo ensino.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, à Universidade Estadual de Maringá e à Prefeitura Municipal de Toledo pelo apoio institucional.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC, 2018.

BRITO, Liliane Oliveira de; FIREMAN, Elton Casado. Ensino de Ciências por investigação: uma estratégia pedagógica para promoção da alfabetização científica nos primeiros anos do Ensino Fundamental. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 18, n. 1, p. 123-146, 2016. DOI: 10.1590/1983-21172016180107.

COLE, Laura B.; FALLAHHOSSEINI, Sepideh; ZANGORI, Laura; OERTLI, R. Tanner. Learnsapes for renewable energy education: an exploration of elementary student understanding of solar energy systems. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, v. 19, n. 1, e2305, 2023. DOI: 10.29333/ijese/13034.

DE JONG, Ton; VAN JOOLINGEN, Wouter R. Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, v. 68, n. 2, p. 179-201, 1998. DOI: 10.3102/00346543068002179.

DUARTE, Newton. *Vigotski e o “aprender a aprender”: crítica às apropriações neoliberais e pós-modernas da teoria vigotskiana*. 2. ed. rev. e ampl. Campinas, SP: Autores Associados, 2001.

LAZONDER, Ard W.; HARMSSEN, Ruth. Meta-analysis of inquiry-based learning: effects of guidance. *Review of Educational Research*, v. 86, n. 3, p. 681-718, 2016. DOI: 10.3102/0034654315627366.

LORENZETTI, Leonir; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 45-61, 2001. DOI: 10.1590/1983-21172001030104.

NIK ABDUL MAJID, Nik Aida Mastura; OSMAN, Kamisah; YEE, Tan Siok. Integrating energy literacy into science education: a comprehensive systematic review. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, v. 14, n. 2, p. 1253-1263, 2025. DOI: 10.11591/ijere.v14i2.31873.

PALACIOS, Alicia; PASCUAL, Virginia; MORENO-MEDIAVILLA, Daniel. Methodological design in the use of virtual simulations in chemistry: a systematic review. *Journal of Technology and Science Education*, v. 14, n. 3, p. 701-719, 2024. DOI: 10.3926/jotse.2357.

PEDASTE, Margus et al. Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, v. 14, p. 47-61, 2015. DOI: 10.1016/j.edurev.2015.02.003.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio (org.). *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: CEPEL; CRESEB, 2014.

RUTTEN, Nico; VAN JOOLINGEN, Wouter R.; VAN DER VEEN, Jan T. The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, v. 58, n. 1, p. 136-153, 2012. DOI: 10.1016/j.compedu.2011.07.017.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 17, n. esp., p. 49-67, 2015. DOI: 10.1590/1983-2117201517s04.

SAVIANI, Dermeval. *Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações*. 11. ed. Campinas: Autores Associados, 2011.