MODELOS DIDÁTICOS CONCRETOS TRIDIMENSIONAIS: DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO APLICADAS AO ENSINO DE GEOGRAFIA FÍSICA E DOS COMPONENTES FÍSICO-NATURAIS DA GEOGRAFIA ESCOLAR

Francisco Nataniel Batista de Albuquerque[1]

RESUMO
Os modelos ou objetos concretos são recursos didáticos capazes de minimizar a abstração e a complexidade de conceitos e temáticas escolares de uma forma simplificada e interativa, em especial na Educação Básica. Desse modo, este trabalho tem por objetivo propor o conceito de modelo didático concreto tridimensional (MDC3D), apresentando classificações quanto à sua aplicação no ensino de Geografia Física (Geografia Acadêmica) e, principalmente, no ensino dos componentes físico-naturais (Geografia Escolar) a partir de três premissas basilares pautadas numa concepção sistêmica, socialmente significativa e plural do processo educacional. Do ponto de vista teórico-metodológico, a pesquisa fundamenta-se nos conceitos de cultura escolar (LESTEGÁS, 2002) e do conhecimento didático do conteúdo (SHULMAN, 2005), configurando-se, portanto, em uma abordagem científica qualitativa, de natureza aplicada e propositiva. Os oito MDC3Ds propostos, tomados como conhecimento empírico, foram classificados em estáticos ou dinâmicos ao priorizar a representação de agentes, materiais, processos e/ou formas, corroborando assim para a ressignificação da modelagem e dos modelos na Educação Básica e da abordagem dos componentes físico-naturais da Geografia Escolar. No processo de proposição e reflexão são reconhecidas as especificidades, potencialidades e limitações de cada um dos modelos apresentados para o ensino de Geografia Física e dos componentes físico-naturais a partir de uma perspectiva sistêmica, dinâmica e socialmente engajada na leitura do espaço geográfico.
Palavras–chave: Educação Geográfica; Ensino de Geografia; Componente físico-natural; Recurso didático; Modelização.

Three-Dimensional Concrete Didactic Models: definition and classification applied to the teaching of Physical Geography and physical-natural components of School Geography

ABSTRACT
Models or concrete objects are didactic resources capable of minimizing the abstraction and complexity of school concepts and themes in a simplified and interactive way, especially in Basic Education. Thus, the objective of this work is to propose the concept of a three-dimensional concrete didactic model (3DCDM), presenting classifications regarding its application in the teaching of Physical Geography (Academic Geography) and, mainly, in the teaching of physical-natural components (School Geography) from three basic premises based on a systemic, socially significant and plural conception of the educational process. From a theoretical-methodological point of view, the research is based on the concepts of school culture (LESTEGÁS, 2002) and pedagogical content knowledge (SHULMAN, 2005), thus forming a qualitative scientific approach, of an applied and purposeful. The eight 3DCDM proposed, taken as empirical knowledge, were classified as static or dynamic by prioritizing the representation of agents, materials, processes and/or forms, thus corroborating for the re-signification of modeling and models in Basic Education and the approach of the physical-natural components of School Geography. In the process of proposition and reflection, the specificities, potentialities and limitations of each of the models presented for the teaching of Physical Geography and the physical-natural components are recognized from a systemic, dynamic and socially engaged perspective in the reading of the geographic space.

Keywords: Geographic Education; Geography Teaching; Physical-natural Component; Didactic Resource; Modeling.

[1] Professor Doutor do Curso de Licenciatura em Geografia do Instituto Federal do Ceará (IFCE) *campus* Iguatu e do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú (PROPGEO-UVA).

INTRODUÇÃO

No processo de ensino-aprendizagem educacional, os recursos didáticos configuram-se como importantes instrumentos de mediação entre teoria e sua aplicação prática, permitindo ao aluno a compreensão de conceitos e conteúdos específicos por meio de uma abordagem mais contextualizada, interativa e intuitiva.

Dessa forma, recursos didáticos como maquetes, atlas escolares, jogos, fotografias, filmes, músicas e obras literárias, por exemplo, quando utilizados em conjunto com as diferentes linguagens verbais, não-verbais e híbridas, são estratégias pedagógicas que permitem o desenvolvimento de diferentes metodologias e práticas de ensino em sala de aula, quando associados à concepção de que o conteúdo escolar não é produto de uma simples transposição do conhecimento científico (CHEVALLARD, 1985), mas de uma recontextualização ao ambiente escolar (CHERVEL, 1990; LESTEGÁS, 2002).

No contexto geográfico, Cavalcanti (1998) destaca que a Geografia enquanto ciência e enquanto matéria formam uma unidade, mas não são idênticas. Da mesma forma, mas no tocante à Geografia Física e aos conteúdos a ela relacionados no currículo escolar, Suertegaray (2018) ressalta que, na Educação Básica, não ensinamos Geografia Física, mas a natureza enquanto uma dimensão constituinte do espaço geográfico, o que Morais e Ascensão (2021) denominam de componentes físico-naturais da Geografia escolar.

No tocante aos objetos de conhecimento da Geografia Escolar, a abordagem dos componentes físico-naturais ainda apresenta limitações relacionadas, por exemplo, à formação de professores (CASTELLAR, 2018), aos livros didáticos (MORAIS, 2014; ALBUQUERQUE; SILVA; SILVA, 2021) e às abordagens teóricas e conceituais (MORAIS; ASCENSÃO, 2021; ALBUQUERQUE et al., 2022), que não propiciam ao aluno, entre outros fatores, a compreensão da concretude das formas, as conexões e a dinâmica sequencial dos processos naturais restringindo o processo de ensino-aprendizagem, muitas vezes, ao campo do abstrato e do mnemônico, além do pouco domínio do arcabouço conceitual geográfico, fragmentando a relação sociedade-natureza, dimensões constituintes do espaço geográfico.

Na tentativa de superação desses obstáculos, a utilização de recursos didáticos interativos (audiovisuais e concretos), bem como a aula em campo (OLIVEIRA; ASSIS, 2009), esta última, metodologia consagrada na Geografia, se fazem extremamente necessárias em detrimento de abordagens exclusivamente orais e expositivas. Nesse cenário, os modelos ou objetos concretos

configuram-se como recursos didáticos capazes de minimizar a abstração e a complexidade de algumas temáticas de uma forma lúdica e interativa, principalmente, na Educação Básica.

Dessa forma, os modelos didáticos concretos tridimensionais (MDC3Ds), conceito proposto nesse artigo, assumem uma grande importância diante das dificuldades da realização de aulas em campo pelas escolas e, por parte dos alunos, do entendimento acerca das escalas geográficas espaciais e temporais de alguns fenômenos físico-naturais, em especial, aqueles de maior amplitude espacial e maior distanciamento do tempo presente, exigindo dos estudantes uma maior capacidade de abstração para a compreensão.

Não se trata, portanto, de uma abordagem positivista, empirista e mecânica centrada nos modelos didáticos concretos aos moldes de uma Geografia e Pedagogia Tecnicistas, como preconizados por Souza e Juliasz (2019), mas de recursos que permitem a construção de uma educação geográfica de base territorial sustentável (PALACIOS, 2010; CLAUDINO, 2014), onde os estudantes, sujeitos da sua história, possam se reconhecer como agentes produtores do espaço geográfico.

Diante do exposto, o artigo propõe o conceito de modelo didático concreto tridimensional, apresentando classificações quanto à sua aplicação no ensino de Geografia Física (Geografia Acadêmica) e, principalmente, no ensino dos componentes físico-naturais (Geografia Escolar), partindo da compreensão teórica da existência de uma cultura escolar (LESTEGÁS, 2002) e do conhecimento didático do conteúdo (SHULMAN, 2005), configurando-se assim em uma pesquisa de abordagem qualitativa, de natureza aplicada e propositiva.

MODELOS OU OBJETOS CONCRETOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA: OUTROS OLHARES DISCIPLINARES E SUA APLICAÇÃO NA GEOGRAFIA ESCOLAR

Os diferentes recursos didáticos, quando associados a metodologias ativas, tornam-se importantes instrumentos educacionais para a construção de uma aprendizagem significativa e crítica por parte dos estudantes (MOREIRA, 2006), permitindo, a partir de diferentes linguagens a inclusão de alunos com diferentes tipos de necessidades especiais e o desenvolvimento de diferentes tipos de inteligência.

Diferentemente do livro didático, a utilização de recursos como os modelos didáticos na Educação Básica passa obrigatoriamente pelo processo inicial e final de reflexão, além da elaboração e aplicação por parte do professor e, em alguns casos, dos próprios estudantes, tornando-os sujeitos ativos das diversas etapas do processo educativo, pois para além dos materiais e da técnica, o recurso didático precisa estar adequado à realidade geográfica e ao desenvolvimento cognitivo do

estudante, passando pela concepção teórica geográfica e pedagógica que fundamentam a prática sobre a temática abordada.

No contexto educacional, a modelagem, modelação ou modelização (processo) e, consequentemente, os modelos (produtos) são simplificações de uma realidade, muitas vezes complexa e/ou abstrata ao entendimento dos estudantes da Educação Básica, necessitando, portanto, de recursos didáticos concretos e com maior nível de generalização, contribuindo assim para a construção de bases pedagógicas e culturais de uma educação científica, a partir da qual, segundo Driver *et al*. (1994), o estudante aprende a linguagem, o modo de pensar, de se expressar e de justificar os seus argumentos.

No caso do ensino de Geografia e, de forma mais abrangente, da Educação Geográfica, a utilização dos modelos didáticos deve fundamentar-se em bases teóricas integradoras para a leitura e intervenção do/no espaço geográfico, a exemplo de uma formação para a cidadania territorial (CLAUDINO, 2014) e da sustentabilidade (PALACIOS, 2010), contribuindo diretamente para a construção das habilidades do pensamento espacial e, consequentemente, do raciocínio geográfico.

Os modelos utilizados na Educação Básica são denominados de modelos didáticos[2] (JUSTINA; FERLA, 2006; ORLANDO et al., 2009), modelos concretos (ALVES, 2018), modelos tridimensionais ou 3D (ORLANDO, 2020) ou modelos representacionais (KNELLER, 1980 *apud* DUSO *et al.*, 2013), além de objetos concretos (ALVES, 2011) ou objeto-modelo (SILVA; CATELLI, 2019; 2020), para citarmos apenas algumas denominações. Vale lembrar que, quanto ao seu formato, os modelos didáticos podem ser teóricos, analógico-virtuais e virtuais, entendimento esse importante para a utilização de forma satisfatória no processo de ensino-aprendizagem.

Os modelos são utilizados nas disciplinas escolares, em especial nas Ciências Naturais, para mediar de maneira didática a abordagem de conteúdos complexos e/ou abstratos por meio da representação de forma ampliada de fenômenos na escala microscópica ou na redução de fenômenos de escala global ou regional, principalmente para os estudantes do Ensino Fundamental.

As disciplinas escolares com maior tradição na utilização de modelos didáticos são a Matemática e as disciplinas das Ciências Naturais, Biologia, Química e Física (Ensino Médio) ou Ciências (Ensino Fundamental). Duso *et al.* (2013) destacam que no ensino de Biologia e de Química, a modelização ainda não alcançou o mesmo espaço que possui na Matemática e na Física dada a natureza

[2] Os *modelos didáticos* também fazem alusão, em alguns casos, a modelos teóricos aplicados ao ensino. No artigo, adotaremos a denominação *modelo didático* como referência geral aos modelos concretos didáticos diferenciando dos modelos teóricos, mesmo que de aplicação didática.

conceitual dessas diferentes áreas do conhecimento, aliado à forma e ao tipo de modelos e processos de modelização que foram traduzidos para o contexto escolar.

No ensino de Biologia, os tópicos de Biologia Celular, Molecular (ORLANDO *et al.*, 2009; ORLANDO, 2020) e Genética (JUSTINA; FERLA, 2006; ORLANDO, 2020) estão entre os conteúdos que mais requerem a elaboração de materiais didáticos de apoio aos conteúdos, já que empregam conceitos bastante abstratos e trabalham com escalas microscópicas. Dessa forma, modelos biológicos como estruturas tridimensionais ou semiplanas (alto relevo) e coloridas são utilizadas como facilitadoras do aprendizado, complementando o conteúdo escrito e as figuras planas e, muitas vezes, descoloridas dos livros didáticos (ORLANDO *et al.*, 2009).

No ensino de Química, por sua vez, Alves (2018) aplicou os modelos ao entendimento da estrutura das moléculas de substâncias químicas, trazendo a escala microscópica para o campo do visível e lúdico do estudante. A temática em questão é a representação mais usual da aplicação da modelagem didática na disciplina escolar de Química.

Já no ensino da Matemática é comum a utilização de objetos concretos, os quais proporcionam, segundo Alves (2011, p. 193), "a manipulação, a percepção e extração de propriedades a partir do contato físico e visual", principalmente na área da Geometria. No Ensino da Física, por sua vez, Silva e Catelli (2020) utilizaram o objeto-modelo mecânico concreto analógico didático na abordagem do ensino de Astronomia para representar o movimento aparente do sol.

No contexto do ensino de Geografia, foco da presente investigação, a modelagem e, consequentemente, os modelos, não são tão usuais, mesmo na abordagem dos componentes físico-naturais, por desconhecimento da gama de modelos e práticas de ensino possíveis (MORAIS, 2014), pela concepção teórico-metodológica fragmentada de professores acerca da relação sociedade-natureza (MORAIS; ASCENSÃO, 2021) ou até mesmo por resistência de professores que associam os modelos, de maneira equivocada, a uma abordagem tecnicista e quantitativista do ensino de Geografia a partir de um viés estritamente instrumental (SOUZA; JULIASZ, 2019).

Entre os modelos mais difundidos e usuais na Geografia escolar estão o globo e as maquetes de relevo para a abordagem, por exemplo, das zonas climáticas, coordenadas geográficas e formas da superfície terrestre. Nesse âmbito, as maquetes revelam uma maior interação, pois geralmente estão associadas às atividades em que os próprios alunos as elaboram, no entanto, configuram-se como recursos didáticos temporários, quase descartáveis, na maioria das vezes, além da interatividade restrita ao processo mecânico de elaboração, e não a partir de uma abordagem de conceitos e princípios geográficos fundamentada no conhecimento didático do conteúdo.

Com relação às maquetes, modelo didático clássico utilizado principalmente na abordagem dos componentes físico-naturais, em especial para a representação do relevo, Gomes (2005) afirma que o seu uso permite a representação dos elementos da paisagem tridimensionalmente, proporcionando um modelo sintético da complexa realidade a um baixo custo.

OS MDC3Ds NO ENSINO DE GEOGRAFIA: UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO À GEOGRAFIA FÍSICA E AOS COMPONENTES FÍSICO-NATURAIS DA GEOGRAFIA ESCOLAR

Para além da dimensão do recurso didático, partimos do princípio de que a concepção teórica geográfica e pedagógica do professor, a metodologia de abordagem dos componentes físico-naturais e os recursos didáticos na disciplina de Geografia devem permitir a superação de um processo de ensino-aprendizagem tradicional (descritivo, expositivo e mnemônico) na busca de três premissas basilares:

- primeira, a abordagem sistêmica e integradora dos elementos e aspectos da natureza discutida a partir de uma noção de conjunto dos agentes, processos e materiais responsáveis pelas formas da natureza;
- segunda, a abordagem social dos fenômenos físico-naturais compreendendo as desigualdades socioespaciais e os riscos ambientais como resultantes, em parte, da apropriação econômica e cultural desigual da natureza no tempo e no espaço, e;
- terceira, a utilização de recursos didáticos concretos em complementação ao uso do livro didático, da aula em campo e dos modelos virtuais, reduzindo assim a abstração e a complexidade dos componentes físico-naturais a partir da sistematização didática em sala de aula da organização do espaço geográfico.

Nesse contexto, apresentamos o conceito de modelo didático concreto tridimensional ou MDC3D, definido como sendo todo objeto em miniatura, produto do processo de modelagem aplicado em espaços escolares e/ou não-escolares, mas no caso deste último, com finalidade educacional que, na abordagem dos componentes físico-naturais da Geografia Escolar, permite a representação de forma concreta (palpável e mensurável) de elementos/agentes, formas e materiais e/ou a demonstração da dinâmica dos processos físico-naturais em três dimensões (comprimento, largura e altura/altitude), permitindo o raciocínio geográfico a partir dos diferentes princípios.

Os MDC3Ds podem ser classificados a partir dos mais variados critérios, desde a perspectiva didático-pedagógica até a dimensão físico-natural do fenômeno, perpassando pelas temáticas e conteúdos passíveis de contextualização e demonstração por meio da modelagem. Silva e Catelli

(2020, p. 02) destacam que "os modelos científicos emprestam alguns de seus fundamentos aos modelos didáticos, que por sua vez aparecem em uma nova linguagem, mais intuitiva, mais próxima da linguagem dos alunos iniciantes".

Após a definição conceitual e as diferentes perspectivas de aplicação dos recursos didáticos em outras disciplinas da Educação Básica, apresentamos duas propostas de classificação dos MDC3Ds: a primeira, com base no nível de interatividade do processo de ensino-aprendizagem, e; a segunda, com base nas categorias (elementos ou aspectos) da natureza passíveis de representação e demonstração através da modelagem.

A primeira classificação é de ordem didático-pedagógica, pois permite classificar os MDC3Ds quanto ao nível de interatividade dos estudantes com os recursos didáticos no processo de ensino-aprendizagem dos componentes físico-naturais em:

- MDC3Ds prioritariamente estáticos;
- MDC3Ds prioritariamente dinâmicos.

Vale ressaltar que a interatividade, neste caso, não diz respeito à (im)possibilidade de participação ativa do estudante na construção do modelo e durante a prática na perspectiva de uma sala de aula dialógica, mas no tocante à demonstração dos elementos ou aspectos da natureza por meio do MDC3D que, uma vez finalizado, no caso dos estáticos, não permite significativas alterações, tendo em vista a diversificação da prática de ensino, por exemplo.

Diferentemente dos estáticos, os MDC3Ds dinâmicos permitem a reelaboração e ressignificação constante da prática, alterando os fatores, intensidades e exemplos, permitindo a execução dos fundamentos gerais da interatividade, como participação-intervenção, bidirecionalidade-hibridação e permutabilidade-potencialidade (MACHADO, 1997).

A segunda classificação, por sua vez, remete-se à natureza dos fenômenos físico-naturais (elementos ou aspetos) passíveis de representação e demonstração didática por meio dos MDC3DS:

- MDC3Ds que privilegiam os agentes estruturadores e esculturadores das paisagens;
- MDC3Ds que privilegiam a estrutura, a composição e/ou material formador;
- MDC3Ds que privilegiam a dinâmica, ou seja, a sequência dos processos;
- MDC3Ds que privilegiam as formas, principalmente as feições do relevo.

Somente uma abordagem sistêmica das categorias *agente – material – processo – forma* de interpretação da natureza, proposta na segunda classificação, permite a leitura e a análise integradas da materialidade visível assumida pela superfície terrestre (forma enquanto aspecto), os elementos que a compõem como estruturas geológicas, litologias e sedimentos (material) e os diferentes fatores exógenos e endógenos estruturadores e escultores das paisagens (agente) e a

sequência de fatos, ou seja, a dinâmica dos fenômenos (processo). Essa compreensão básica, associada à dimensão da produção e organização do espaço geográfico, possibilitará a abordagem de conceitos a partir dos processos, dinâmicas e fenômenos físico-naturais e sociais na sua relação espaço-tempo evidenciando a importância da fundamentação teórica na definição e aplicação das práticas de ensino ligadas aos componentes físico-naturais na Geografia Escolar.

Mesmo compreendendo a importância epistêmico-instrumental no processo educativo, ou seja, o domínio das tecnologias educacionais, os materiais instrucionais, as Didáticas e as metodologias como uma das três dimensões necessárias à formação docente (MARQUES, 2006) nas diferentes disciplinas escolares, Justina e Ferla (2006) e Silva e Catelli (2019) ressaltam que, entre as limitações dos modelos, está o cuidado para que os estudantes não simplifiquem demais o objeto real ou as fases de um processo dinâmico, levando ao que Trudgill (2003) denomina de “tirania dos modelos”, que ocorre quando os alunos aprendem, de forma equivocada, que as partes do modelo se encaixam perfeitamente a partir de uma perspectiva cartesiano-mecanicista.

Para diminuir essas limitações, Justina e Ferla (2006) sugerem que os próprios estudantes construam os modelos, envolvendo-os, portanto, no processo de aprendizagem.

Outro aspecto importante na manipulação de modelos e objetos, é a concepção teórica por parte do professor de Geografia ao representar e/ou demonstrar didaticamente os fenômenos, pois como afirmam Ascensão e Valadão (2017), no estudo do relevo, por exemplo, as práticas devem ir além das formas e processos, possibilitando a compreensão desse aspecto da paisagem como reprodutor das desigualdades socioespaciais de diversas atividades, da agricultura à ocupação urbana, evidenciando a necessidade do diálogo entre a concepção teórica e a prática de ensino através dos MDC3Ds, além do diálogo com outras linguagens, metodologias e recursos para a abordagem do processo de uso e ocupação dos componentes físico-naturais do espaço geográfico em sala de aula.

MODELOS DIDÁTICOS CONCRETOS 3D ESTÁTICOS

Os MDC3Ds do tipo estático consistem em representações didáticas que não permitem manipulação e/ou experimentação direta, por parte dos professores e alunos após sua conclusão, reduzindo assim o nível de interatividade, mas não do processo de ensino-aprendizagem dos componentes físico-naturais, uma vez que essas características advêm principalmente das categorias de interpretação da natureza representadas, e não da limitação didática do modelo. Nesse universo, apresentaremos a seguir quatro tipologias de modelo: caixa expositora transparente; maquete

geomorfológica ou de relevo; caixa pedogenética ou maquete de formação do solo, e; o pluviômetro artesanal.

Caixa expositora transparente

A caixa expositora transparente[3] (figura 1) consiste em um objeto tridimensional de forma cúbica ou retangular confeccionada, geralmente, em vidro ou acrílico, permitindo assim a passagem de luz e, consequentemente, a observação do fenômeno representado em três dimensões.

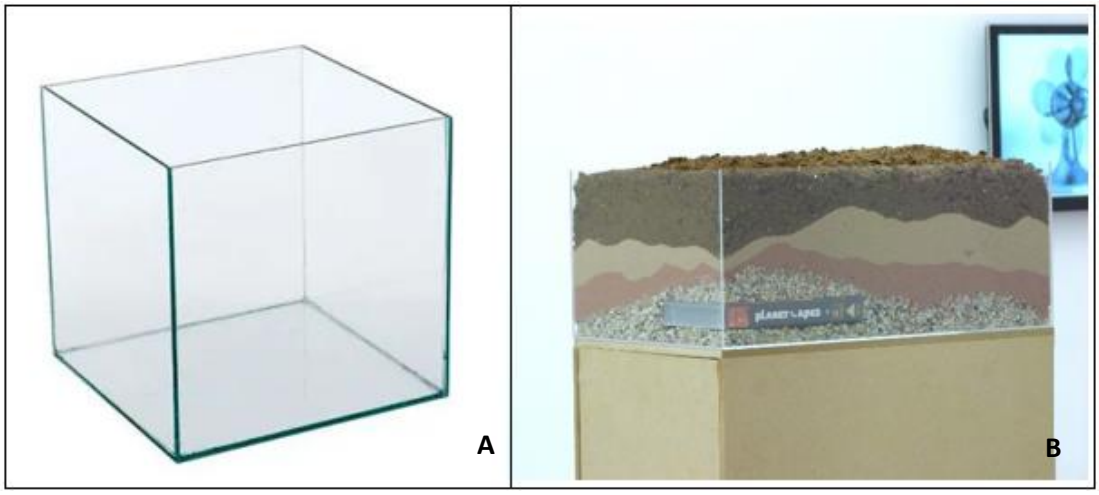


Figura 1. Caixa expositora (A) e visualização tridimensional da estrutura geológica (B).
Fonte: (A) Autor (2020); (B) Krantz (2014).

Além da representação de feições geomorfológicas associadas às estruturas geológicas, a forma e a transparência da caixa permitem a utilização de escalas cartográficas horizontais e verticais. Na parte externa da caixa, o professor e os alunos podem realizar marcações relativas às formas e suas extensões, permitindo a discussão da temática representada, principalmente no que concerne à estrutura e materiais dos fenômenos.

Maquete geomorfológica ou de relevo

A maquete geográfica ou modelo topográfico reduzido é uma "miniatura de qualquer parte da superfície terrestre vista em três dimensões, construída conforme os preceitos cartográficos e geográficos" (LABTATE, 2020). Nesse contexto, as maquetes de relevo ou geomorfológicas, de forma mais específica, consistem em modelos que objetivam a representação das variações da topografia da superfície terrestre através de suas formas e altitudes.

[3] Adotamos a nomenclatura genérica "caixa expositora transparente", pois apesar do potencial de utilização não encontramos na literatura e nas aplicações um nome específico.

Existem duas formas básicas de representação do relevo em uma maquete, podendo uma ser um estágio posterior da outra (figura 2): a primeira, evidencia as curvas de nível com as cores pré-definidas pela Cartografia Temática, permitindo um diálogo direto com as escalas cartográficas horizontais e verticais e técnicas de mensuração e, a segunda, por sua vez, privilegia as formas do relevo a partir do recobrimento das curvas de nível, suavizando a superfície representada e utilizando cores próximas da realidade.

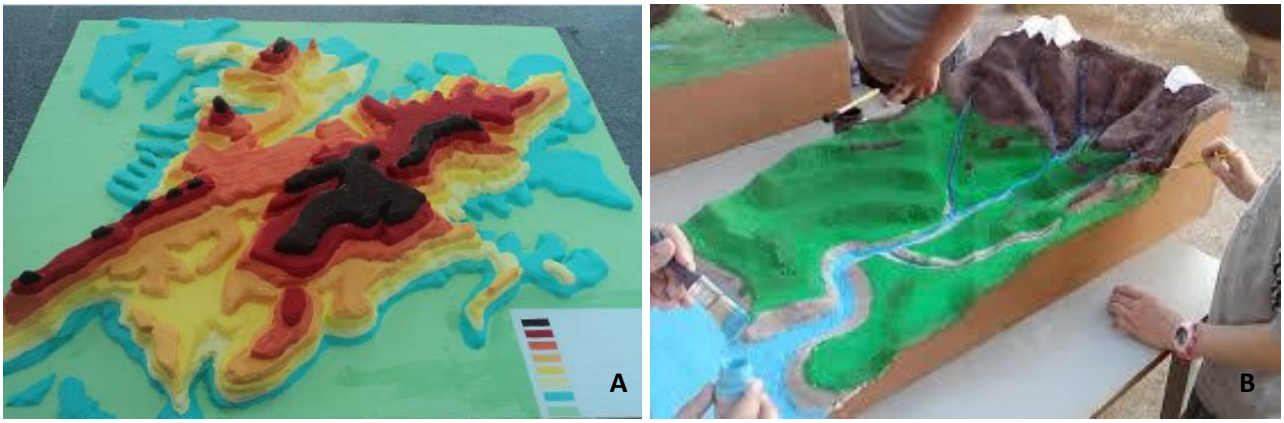


Figura 2. Maquete de relevo: curvas de nível com cores padronizadas (A) e feições do terreno com as cores próximas da realidade (B).
Fonte: (A) Sousa (2014); (B) Urbanck (2015).

As maquetes de relevo podem ser confeccionadas e recobertas com diferentes materiais, prevalecendo o uso do isopor na base com o revestimento de gesso ou massa corrida, pois permitem maior detalhamento e, posterior, lixamento da superfície.

O MDC3D em questão permite uma ampla utilização, possibilitando a inclusão de deficientes visuais nas aulas de Geografia por meio de maquetes táteis, com incorporação de diferentes texturas e textos em Braile, extrapolando, inclusive, o uso escolar.

Caixa pedogenética ou maquete de formação do solo

A maquete de formação do solo (LOZOVEI; ALVES; LIMA, 2020) ou caixa pedogenética (LAWALL; RODRIGUES; COSTA, 2018) (figura 3) consiste em um MDC3D consolidado no ensino de solos na Geografia Escolar, mas principalmente, nos projetos de extensão de educação em solos no Brasil, a exemplo dos programas “Solo na Escola”, da Universidade Federal do Paraná (UFPR), e “Trilhando pelos Solos”, da Universidade Estadual Paulista (Unesp), *campus* Presidente Prudente.

A caixa pedogenética permite a representação didática de diferentes perfis de solo, bem como a distinção entre os horizontes pedológicos que, a partir da analogia, propicia ao aluno compreender a formação do solo ao longo da sua evolução temporal.

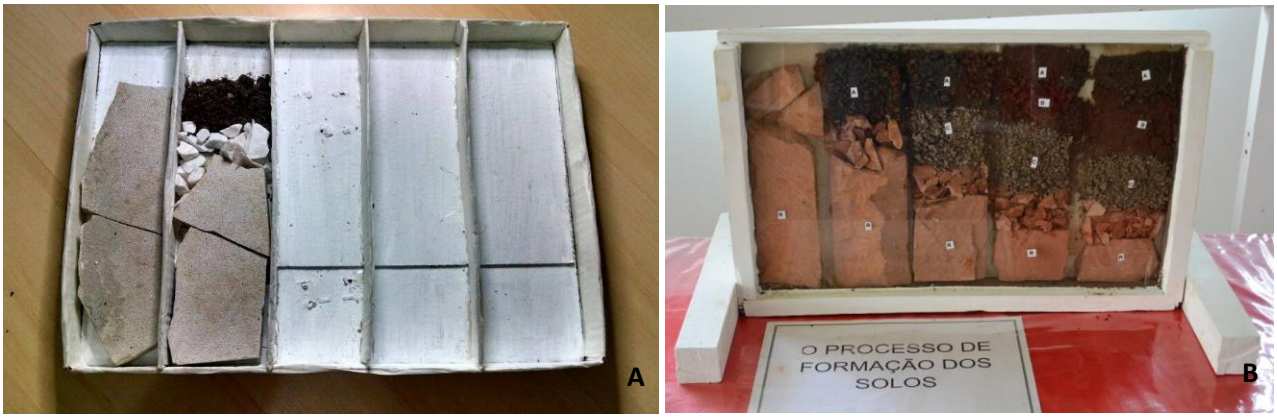


Figura 3. Caixa pedogenética ou maquete de formação do solo em diferentes fases: em construção (A) e finalizada (B).
Fonte: Lozovei, Alves e Lima (2020).

A prática de ensino precisa estar fundamentada na abordagem dos fatores de formação do solo (LEPSCH, 2002): material de origem, clima, relevo, organismos e idade da superfície do terreno, a partir de uma perspectiva integradora e dinâmica.

Pluviômetro artesanal

Entre os modelos didáticos mais comuns na abordagem do clima na disciplina de Geografia está o pluviômetro artesanal[4], utilizado para medir a quantidade de chuva de um determinado período (figura 4). No contexto mais amplo da Educação Geográfica, os referidos pluviômetros são utilizados em projetos comunitários a fim de minimizar, por exemplo, os riscos com movimentos de massa (DEFESA CIVIL DO RIO DE JANEIRO, 2011), alagamentos e no planejamento agrícola, evidenciando também o seu potencial como recurso em espaços não-escolares.

No contexto escolar, o pluviômetro artesanal é confeccionado de garrafa PET ou material similar de lateral lisa e reta, com suporte e altura adaptadas em função do local disponível. Para a medição, a base irregular da garrafa é preenchida com diferentes materiais, inclusive com água, para nivelar e facilitar a medição com uma régua comum.

[4] Muito embora, o pluviômetro artesanal não objetive representar um fenômeno físico-natural, mas um instrumento de medição do mesmo, optamos pela escolha em função da grande aplicabilidade e possibilidades de abordagem didática. Dentre os MDC3Ds apresentados, o pluviômetro artesanal é o que guarda o maior nível de similaridade com seu correspondente real [pluviômetro oficial], podendo inclusive ser aferido e comparado aos níveis de precipitação coletados, mas a adaptação do tamanho, do local e da forma de medição, além da sua aplicação didática, permite-nos classificar como um MDC3D.



Figura 4. Dimensões do pluviômetro artesanal: material confeccionado (A) e monitoramento da precipitação (B).
Fonte: (A) Biblioteca Virtual do Meio Ambiente da Baixada Fluminense (2021);
(B) Albuquerque e Costa (2010).

A observação e os dados coletados podem possibilitar práticas de ensino que permitam aos alunos compreenderem a dinâmica do tempo atmosférico através do monitoramento, registro e até divulgação dos dados na escola ao longo do ano letivo (ALBUQUERQUE; COSTA, 2010), associando o elemento climático precipitação ao cotidiano e às atividades humanas do seu entorno, tornando a discussão significativa e socialmente aplicada para os alunos.

MODELOS DIDÁTICOS CONCRETOS 3D DINÂMICOS

Os MDC3Ds do tipo dinâmico consistem em representações didáticas que possibilitam a experimentação a partir da manipulação direta, por parte dos professores e alunos, permitindo a variação simultânea de características dos diferentes fatores naturais representados, ampliando assim o nível de interatividade do processo de ensino-aprendizagem dos componentes físico-naturais, uma vez que os referidos modelos destacam-se por privilegiar os processos e os agentes enquanto categorias de interpretação da natureza. Nesse universo, apresentaremos a seguir quatro tipologias de modelo: *classroom deformational sandbox* ou simulador de orogênese; *augmented reality sandbox; stream table* ou mesa de fluxo, e; a bandeja de erosão de solos.

Classroom deformational sandbox ou simulador de orogênese

A *classroom deformational sandbox* (ELLSWORTH, c2020), *classroom sandbox* (FELDMAN; COOKE; ELLSWORTH, 2010) ou simulador de orogênese (PIMENTA; GOUVEIA; CORREIA, 2019) (figura 5) é

um MDC3D que permite a representação e experimentação didática de estruturas geológicas falhadas e dobradas, ou seja, processos orogenéticos.

A *classroom sandbox* consiste em uma caixa de areia com 60 × 90 cm, com três lados sendo os dois mais longos formados por uma lateral transparente. O quarto lado é móvel e possui um parafuso longo e manivela para empurrá-lo ou puxá-lo ao longo do comprimento do caixa de areia (FELDMAN; COOKE; ELLSWORTH, 2010). A *classroom deformational sandbox* foi desenvolvida pelo Departamento de Geociências da *University of Massachusetts*, nos Estados Unidos, para crianças e adolescentes (k-12) (ELLSWORTH, 2020), o equivalente à Educação Básica brasileira.

Entre os materiais utilizados para a construção estão madeira/MDF para a caixa, ferro para a rosca e vidro ou acrílico para a lateral, além dos sedimentos de diferentes granulometrias, além de outros materiais que permitirão a distinção entre as camadas/estruturas. As instruções para construção do *classroom deformational sandbox* podem ser consultadas em Del Castello (2007) e Pimenta, Gouveia e Correia (2019).



Figura 5. *Classroom deformational sandbox*: modelo portátil de mesa evidenciando a barra móvel e a manivela (A) e as feições resultantes de processos tectônicos no simulador de orogênese móvel e de maior porte (B).
Fonte: (A) Feldman, Cook e Ellsworth (2010); (B) Pimenta, Gouveia e Correia (2019).

Na proposta de Pimenta, Gouveia e Correia (2019), desenvolvida no âmbito do Departamento de Geografia da Unesp, *campus* Presidente Prudente, são colocadas camadas alternadas de materiais semelhantes à areia e diferentes quanto à sua cor, formando uma espessa camada listrada, semelhante às rochas sedimentares estratificadas, representando uma estrutura geológica sedimentar.

Augmented reality sandbox

A *augmented reality (AR) sandbox* (UNIVERSITY OF CALIFORNIA DAVIS, 2020) ou simulador de relevo (PIMENTA; GOUVEIA; CORREIA, 2019) (figura 6) consiste numa caixa de areia utilizada para projetar

informações topográficas através de curvas de nível por meio de um sistema de realidade aumentada. O modelo concreto virtual e analógico difundido nos quatro cantos do mundo foi desenvolvido pela Universidade da Califórnia Davis (UC Davis).

> The project combines 3D visualization applications with a hands-on sandbox exhibit to teach earth science concepts. The augmented reality (AR) sandbox allows users to create topography models by shaping real sand, which is then augmented in real time by an elevation color map, topographic contour lines, and simulated water (UNIVERSITY OF CALIFORNIA DAVIS, 2020).

No Brasil, a Rede SARndbox Brasil, criada em 2021, tem o intuito de promover a caixa de areia (*sandbox*) por meio da colaboração de ideias, materiais e desenvolvimento de projetos de pesquisa, ensino e extensão em parcerias, a qual culminou com a realização do 1º workshop nacional da rede em 2023, evidenciando a consolidação do MDC3D nas universidades brasileiras.

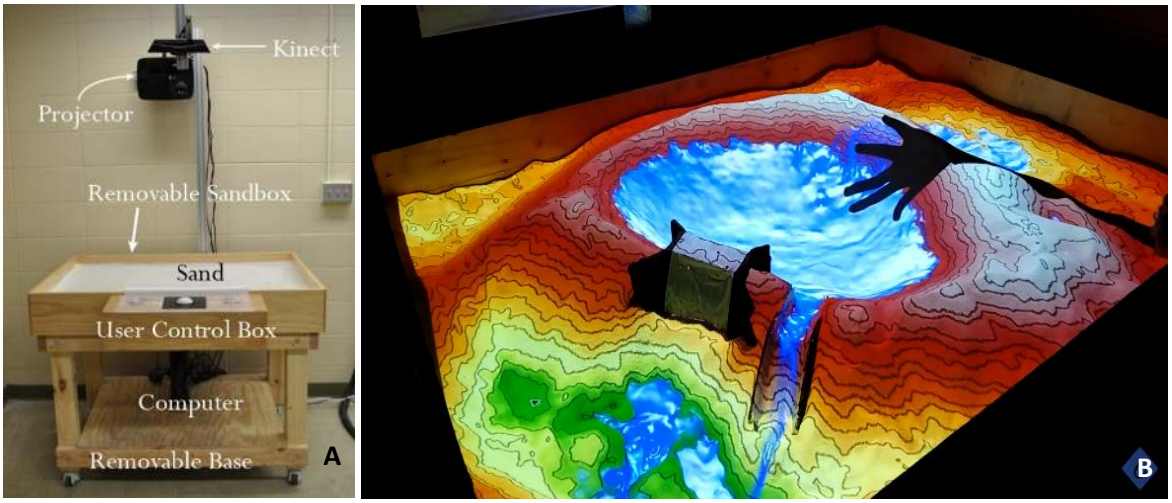


Figura 6. *AR sandbox*: estrutura básica (A) e representação das curvas de nível com simulação de escoamento de água através do vertedouro de um reservatório (B).
Fonte: (A) University of Wisconsin La Crosse (2020). (B) CivilFerba (c2019).

Caudell e Mizell (1992 *apud* WOODS et al., 2016) cunharam o termo “realidade aumentada (AR)” para descrever a sobreposição de informações geradas e apresentadas por computador no mundo real, possibilitando a construção de modelos didáticos analógicos com incorporação de recursos digitais.

O modelo didático alia a realidade virtual à manipulação dos sedimentos, especialmente areia numa caixa de madeira ou material similar, permitindo a interação por parte dos estudantes e do professor na simulação de diferentes formas de relevo em consonância com os aspectos topográficos retratados pelas curvas de nível de diferentes cores.

Além da possibilidade de visualização das mais variadas formas de relevo associadas a diferentes escalas espaciais, o MDC3D permite representar diferentes equidistâncias verticais entre as curvas

de nível e simular virtualmente processos, especialmente o escoamento de água na superfície, como o exemplo demonstrado na figura 6B.

No tocante à tecnologia utilizada, vale destacar que apenas a *AR sandbox* enquadra-se entre um modelo analógico e digital/virtual, pois é necessária a utilização de um *software* para a projeção das curvas de nível na caixa de areia, o que torna esse MDC3D o de maior custo financeiro entre os analisados.

Stream table ou mesa de fluxo

A *stream table* ou mesa de fluxo (figura 7) consiste numa superfície tabular similar a uma mesa, de tamanhos variados, com delimitação lateral utilizada para representação de processos geomorfológicos decorrentes da dinâmica hidrológica. O MDC3D é composto por um ponto de entrada de água, com auxílio ou não de um pequeno reservatório, em uma extremidade e um ponto de escoamento e coleta de água e sedimentos no outro extremo da mesa, para onde o material será drenado até um reservatório sob a superfície.



Figura 7. *Stream table:* modelo tecnológico (A) e modelo simplificado e mais barato (B).
Fonte: (A) Little River Research & Design (c2020). (B) Birchbark (c2020).

Para Wikle e Lightfoot (1997), a *stream table* é um método simples e econômico para apresentar aos estudantes processos fluviais no desenvolvimento da paisagem, como feições da bacia hidrográfica e processos de erosão, transporte e sedimentação.

Lillquist e Kinner (2002) identificaram registros do uso educacional da *stream table* ainda na década de 1940, não sendo, portanto, recente sua aplicação no contexto escolar. O referido MDC3D se destaca pela possibilidade de demonstração e experimentação dos processos aos estudantes, permitindo a alteração de parâmetros importantes para o entendimento dos processos fluviais,

como declividade da encosta (mesa) ou do canal, vazão do rio (quantidade de água liberada/tempo), capacidade de transporte de sedimentos, cobertura vegetal, entre outros fatores que podem tornar a aprendizagem dos conteúdos ligados ao relevo e a dinâmica fluvial, por exemplo, mais significativa aos estudantes, principalmente aqueles que residem em planícies fluviais sujeitas a constantes inundações.

Bandeja de erosão de solos

No tocante ao ensino de solos no contexto da Geografia, podemos destacar a bandeja de erosão (figura 8), um MDC3D versátil, acessível e de ampla utilização nos espaços escolares e não-escolares. O modelo consiste numa bandeja ou recipiente similar (ex. garrafa PET) na qual são colocadas parcelas de solo com diferentes recobrimentos vegetais ou tipos de uso, permitindo, através, da analogia, a verificação dos efeitos da chuva e da erosão pluvial sobre as diferentes características naturais ou usos do solo.

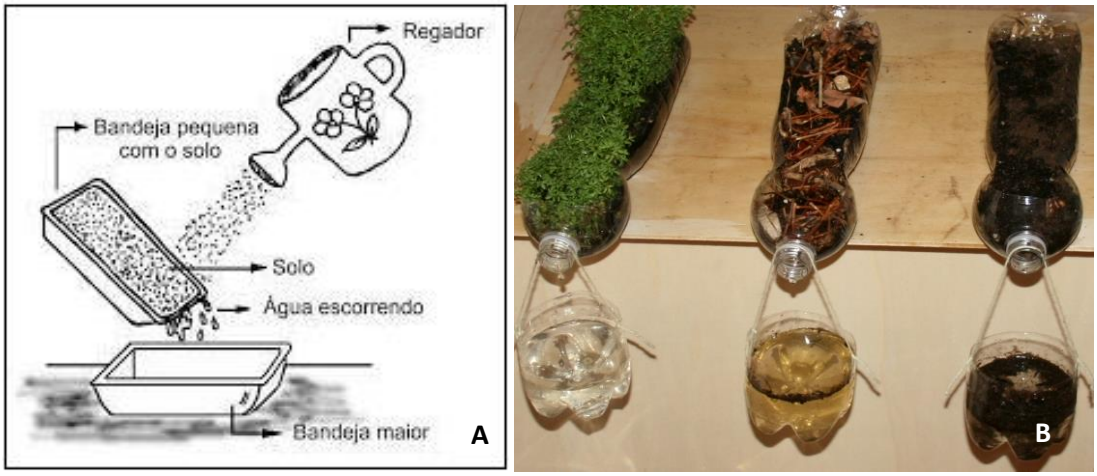


Figura 8. Bandeja de erosão de solos: representação esquemática (A) e prática realizada (B).
Fonte: (A) Yoshioka e Lima (2012). (B) Gangorra (2013).

A análise dos solos envolve técnicas de campo e laboratório (OLIVEIRA, 2011) e, na perspectiva escolar, podemos acrescentar as técnicas e práticas passíveis de serem desenvolvidas na sala de aula, ou seja, na escola, como é o caso da bandeja de erosão dos solos.

O experimento permite diversas adaptações, propiciando aos alunos a compreensão dos diferentes fatores controladores da erosão. Dessa forma, a variação no tipo de solo, no volume e intensidade da água lançada na bandeja e no seu grau de inclinação, além dos diferentes tipos de cobertura vegetal, permite mais do que demonstrar os processos, mas experimentar diferentes variáveis e intensidades, justificando a expressão experimentoteca de solos atribuída por Lima (2020).

CATEGORIAS ANALÍTICAS PARA A REPRESENTAÇÃO E ABORDAGEM DA GEOGRAFIA FÍSICA E DOS COMPONENTES FÍSICO-NATURAIS POR MEIO DOS MDC3Ds

Após uma breve definição, caracterização e potencialidades de cada um dos oito MDC3Ds, algumas questões precisam ser consideradas no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que todos os MDC3Ds analisados apresentam potencialidades e limitações (quadro 1), seja de ordem didático-pedagógica, operacional e/ou de acesso/custo financeiro no contexto educacional de sua aplicação.

Quadro 1. Potencialidades e limitações dos modelos didáticos concretos 3D apresentados.

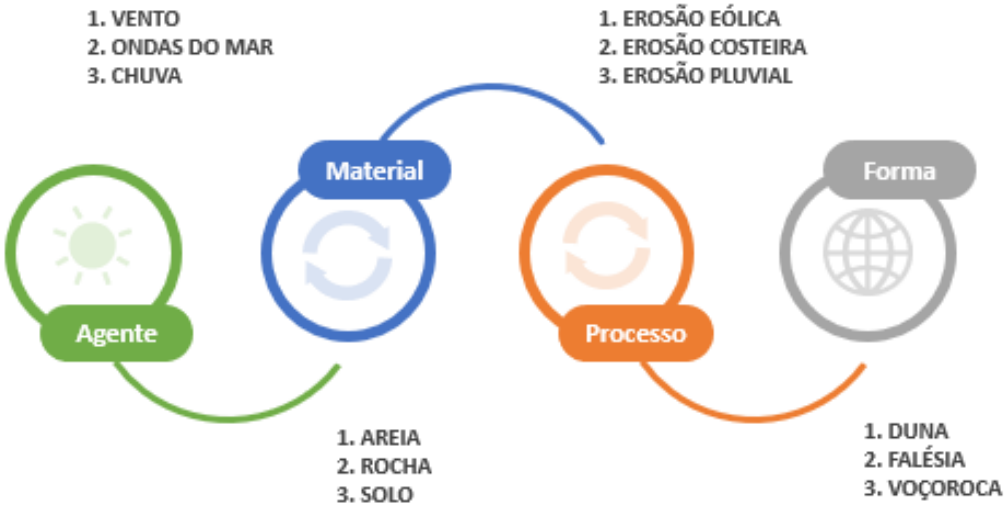
Tipologia	Modelo	Potencialidades	Limitações	Principal conteúdo
ESTÁTICO	Caixa expositora transparente	Permite a representação das estruturas geológicas e litologias	É estática, dessa forma, para representar mais estruturas é preciso replicar o número de caixas, além da dificuldade de separar os materiais após o uso	Rochas e relevo (estruturas geológicas)
	Maquete geomorfológica ou de relevo	Permite a representação das formas com satisfatório nível de detalhe	Não permite fazer adaptações depois de finalizada	Relevo (feições)
	Caixa pedogenética ou maquete de formação do solo	Possibilita a representação dos horizontes dos solos lado a lado, permitindo compreender a formação do solo no tempo	Não permite a representação direta dos demais fatores de formação do solo, além da necessidade de replicar para outros tipos de solos	Solo (formação do solo)
	Pluviômetro artesanal	Permite a percepção da variação de volume das chuvas	Exige monitoramento minimamente diário da precipitação	Clima (precipitação)
DINÂMICO	*Classroom deformational sandbox* ou simulador de orogênese	Permite a demonstração de movimentos tectônicos horizontais e verticais	Dificuldade e/ou impossibilidade de separar os diferentes materiais utilizados para representar as camadas geológicas	Rocha (movimentos tectônicos de estruturas dobradas e falhadas)
	Augmented reality sandbox	Permite a representação e (re)construção de formas associadas à hipsometria, além de alguns processos básicos, como escoamento	Algumas feições não ficam bem representadas ou são impossíveis devido à dificuldade de moldar a areia seca, além do alto custo de aquisição	Relevo (hipsometria e escoamento superficial)
	Stream table ou mesa de fluxo	Permite a representação e demonstração de feições e processos fluviais básicos	Necessidade de dois reservatórios de água, um para abastecer o modelo e outro para coletar os sedimentos úmidos, além da necessidade de secagem e separação dos sedimentos	Hidrografia (forma de canais, erosão, transporte e deposição)
	Bandeja de erosão de solos	Permite a experimentação da influência de diferentes fatores na erosão dos solos: chuva, declividade, tipo de solo, cobertura vegetal etc.	A bandeja é reutilizada imediatamente, mas o solo úmido precisar ser substituído, além da necessidade de retirar, de preferência, uma amostra não deformada do solo	Solo (erosão e degradação dos solos)

Fonte: Elaboração própria (2023).

Mesmo com diferentes perfis e objetivos, os MDC3Ds guardam uma semelhança, a possibilidade da participação direta dos alunos na construção e, principalmente, na representação e/ou demonstração das principais características dos fenômenos naturais, configurando-se em metodologias ativas que, associadas à perspectiva teórica do professor de Geografia na sua aplicação didática, permitem a ressignificação do ensino-aprendizagem de conceitos e conteúdos geográficos trabalhados em sala de aula.

No contexto teórico-metodológico, a adoção dos fundamentos e princípios da teoria sistêmica faz-se necessária ao discutir os componentes físico-naturais a partir de uma perspectiva relacional das categorias *forma, agente, processo e material* para uma compreensão dinâmica e significativa dos fenômenos naturais no contexto escolar. Para exemplificar a questão, simplificamos algumas das formas de relevo comumente representadas nos livros didáticos de Geografia: duna, falésia e voçoroca (figura 9) a partir de uma abordagem sistêmica.

Figura 9. Abordagem didática relacional das categorias analíticas: agente – material – processo – forma.



Obs.: As características e terminologias foram simplificadas para fins didáticos de aplicação na Geografia escolar.
Fonte: Elaboração própria (2023).

O entendimento das formas de relevo, por exemplo, na sua relação com os elementos que a compõem e lhe dão origem, permite a compreensão dele para além da abstração, tornando-o concreto, dinâmico e possibilitando a formulação do entendimento das escalas espaciais e temporais de ocorrência de alguns processos naturais.

Nesse contexto, podemos perceber que os elementos e/ou aspectos naturais (categorias) material, agente, processo e forma (figura 10) são priorizados em diferentes medidas por cada um dos MDC3Ds em função de sua natureza conceitual, técnica e didática.

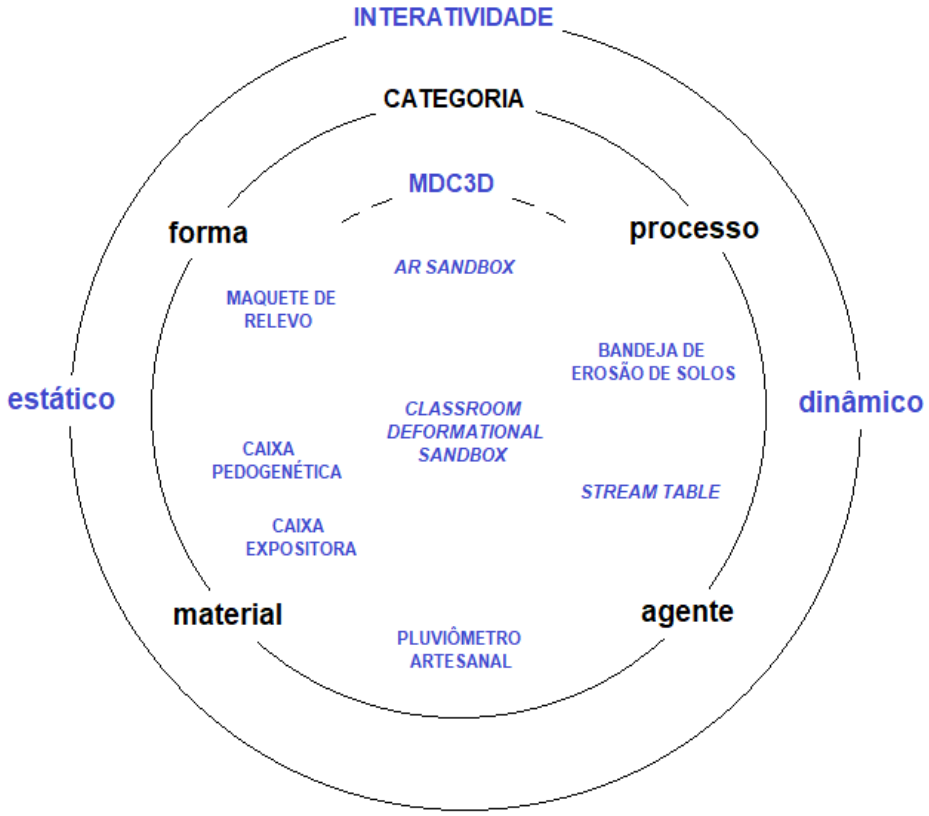


Figura 10. A classificação dos MDC3Ds a partir das categorias de análise da natureza potencialmente exploradas no ensino-aprendizagem dos componentes físico-naturais.
Fonte: Elaboração própria (2023).

Em linhas gerais, os modelos estáticos priorizam a representação das formas e materiais, enquanto os modelos dinâmicos priorizam os agentes e os processos no contexto de uma abordagem geográfica escolar dos componentes físico-naturais do espaço.

Dessa forma, pela sua própria natureza, os MDC3Ds de caráter geomorfológico são os que priorizam a categoria *forma* na sua representação, seja de maneira estática (maquete de relevo) ou dinâmica (*augmented reality sandbox* e *stream table*), permitindo a compreensão das diferentes feições assumidas pela superfície terrestre em escalas de maior ou menor detalhamento espacial. No entanto, enquanto a maquete de relevo é a que melhor representa esse aspecto do relevo, a *AR sandbox* permite reproduzir diferentes formas numa única prática.

A categoria *material*, por sua vez, representada pelas diferentes estruturas e composições que compõem o arcabouço geológico da superfície, pode ser representada satisfatoriamente na caixa expositora transparente, a exemplo das camadas de uma estrutura geológica sedimentar e, na caixa pedogenética, a exemplo dos perfis de solo, além de sedimentos de diferentes granulometrias que podem ser utilizados para representar a resistência à tectônica, à erosão fluvial ou à erosão dos solos, respectivamente, na *classroom deformational sandbox*, *stream table* e bandeja de erosão dos solos.

A categoria *processo* e, mais especificamente, os processos de orogênese e dos rios como agentes naturais estruturadores e modeladores da paisagem, podem ser representados com ótimo nível de detalhamento na *classroom deformational sandbox* e na *stream table*, respectivamente. No que concerne à dinâmica fluvial, a *stream table* e a *AR sandbox* permitem a realização de experimentos e simulações didáticas de forma concreta e virtual, respectivamente configurando-se, portanto, como MDC3D complementares um ao outro nesta discussão temática.

As categorias *processo* e *agente* estão intimamente ligadas, pois a dinâmica de um evento está condicionada à ação de uma força da natureza. Dessa forma, os quatro MDC3Ds dinâmicos são os que melhor possibilitam a representação dos agentes exógenos e endógenos na gênese dos processos naturais.

A aplicação didática dos MDC3Ds precisa estar diretamente ligada às escalas de análise espacial e temporal de ocorrência do fenômeno, permitindo ao estudante distinguir e estabelecer relações teóricas, temporais e espaciais, por exemplo, entre a água que escoa no rio na *stream table* e o dobramento que se forma na *classroom deformational sandbox* ou a representação de uma falésia e de uma cadeia de montanhas em articulação com a dinâmica dos agentes produtores do espaço que se beneficiam e/ou sofrem com os impactos gerados a partir da apropriação do relevo, do solo, da litologia e da precipitação como recurso natural (elemento ou aspecto da paisagem).

Esta discussão passa obrigatoriamente por uma abordagem socialmente significativa na Educação Geográfica, pois os materiais, agentes, processos e formas dos fenômenos físico-naturais da superfície terrestre são apropriados de maneira desigual e as alterações impostas, na maioria das vezes, geram impactos ambientais que são sentidos sobremaneira nas áreas de intensa morfogênese e maior suscetibilidade (áreas de risco ambiental), exigindo a compreensão dos componentes da natureza como elemento de organização espacial na vida dos alunos.

Nesse momento, faz-se necessária a relação dos conteúdos dos componentes físico-naturais com outros temas, olhares e perspectivas teóricas dos conteúdos da Geografia para a compreensão dos alunos como sujeitos sociais e fazendo do MDC3D um importante complemento ao livro didático na abordagem de temas complexos que apresentam inúmeros equívocos quanto aos critérios e forma de abordagem, como é o caso da temática desertificação apontada por Albuquerque, Silva e Silva (2021), a qual pode ser discutida em sala a partir da bandeja de erosão dos solos e da problematização enquanto metodologia de ensino, por exemplo.

O mesmo entendimento se aplica aos espaços urbanos, que não são apenas lugares do assentamento da moradia, mas produtos das relações socioeconômicas históricas sobre os elementos e aspectos da natureza (materiais, agentes, processos e formas) que tornam alguns

lugares mais suscetíveis a inundações, erosões, movimentos de massa e subsidências, por exemplo, definindo padrões excludentes de ocupação das cidades, realidade essa que muitas escolas e alunos estão inseridos e vivenciando os problemas no seu cotidiano escolar, por isso, a necessidade da compreensão do aluno e da disciplina de Geografia a partir da existência de uma cultura escolar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo ou objeto concreto sempre configurou como importante recurso didático em diferentes campos científicos e disciplinas escolares, em especial nas Ciências Naturais e Matemática. Na Geografia Escolar, por sua vez, o debate e as aplicações são recentes e muito centralizados na utilização das maquetes de relevo, mas com um significativo aumento de pesquisas e aplicações escolares da *AR sandbox* nos últimos anos.

O conceito, a definição e as classificações propostas no presente artigo por meio dos MDC3Ds levantam apontamentos teórico-metodológicos, conceituais e instrumentais para a ressignificação do ensino de Geografia Física e, principalmente, dos componentes físico-naturais da Geografia Escolar a partir de um viés sistêmico e socialmente significativo para os alunos, questões essas sustentadas nas três premissas basilares apontadas.

Vale destacar que os MDC3Ds são apenas uma parte do processo de ensino-aprendizagem da Educação Geográfica no contexto escolar, que envolve dimensões como formação docente, currículo, linguagens e metodologias entre outras questões de igual importância, e necessário debate, como a valorização do magistério e a melhoria da infraestrutura física das escolas.

No tocante aos MDC3Ds, de forma mais específica, é preciso ressaltar que todos apresentam potencialidades e limitações, seja de ordem pedagógica, operacional ou de acesso, podendo ser classificados em estáticos ou dinâmicos, podendo priorizar a representação de materiais, agentes, processos e/ou formas, corroborando para a ressignificação dos componentes físico-naturais da Geografia Escolar, significado este que está sobretudo na prática de ensino adotada, e não no recurso didático em si.

Por fim, a definição e as classificações ora discutidas permitem ao professor de Geografia a sistematização da abordagem de questões abstratas e complexas dos componentes físico-naturais da ciência e do currículo escolar por meio de uma representação concreta, simplificada e interativa, em especial na abordagem de temáticas como formas do relevo na relação com as estruturas geológicas, com o regime de precipitação e dinâmicas hidrológicas fluviais básicas utilizando, na medida do possível, materiais mais acessíveis e de baixo custo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, F. N. B.; COSTA, D. S. A miniestação meteorológica como proposta didático-pedagógica para o ensino de clima no Ensino Médio do IFBA – campus Eunápolis. *Cadernos Temáticos (Impresso)*, v. 24, p. 39-46, 2010.

ALBUQUERQUE, F. N. B.; SILVA, V. A.; SILVA, L. S. O fenômeno global da desertificação nos livros didáticos de Geografia no Brasil. *Revista Ensino de Geografia (Recife)*, v. 4, p. 69-91, 2021.

ALBUQUERQUE, F. N. B.; SILVA, J. B.; MELO, E. V.; SILVA, G. M. Os conceitos de bioma e domínio morfoclimático nas videoaulas de Geografia: abordagens e desafios. *Revista Tamoios*, v. 18, p. 170-184, 2022.

ALVES, D. F. S. Modelos concretos: ferramentas importantes no estudo de sólidos inorgânicos. *Anais do 16º Simpósio Brasileiro de Educação Química*. Rio de Janeiro. 06 a 08/08/2018.

ALVES, F. R. V. *Didática da Matemática*. Fortaleza: UAB/IFCE, 2011. 211 p.

ASCENSÃO, V. O. R.; VALADÃO, R. C. Por uma Geomorfologia socialmente significativa na Geografia Escolar: uma contribuição a partir de conceitos fundantes. *Revista Acta Geográfica,* Boa Vista, Edição Especial. p.179-195, 2017.

BIBLIOTECA VIRTUAL DO MEIO AMBIENTE DA BAIXADA FLUMINENSE. *Construção pluviômetro artesanal:* uma ferramenta didática. Faculdade de Educação da Baixada Fluminense, UERJ. 2021. Disponível em: http://www.bvambientebf.uerj.br/dicas_atividades/pluviometroartesanalbvambiente.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.

BIRCHBARK. *Homemade stream table*, 2020. 1 fotografia. Disponível em: https://br.pinterest.com/pin/122652789832842254/. Acesso em: 30 jul. 2020.

CASTELLAR, S. M. V. O ensino das temáticas físico-naturais e a formação inicial de professores. *In:* MORAIS, E. M. B.; ALVES, A. O.; ASCENSÃO, V. O. R. *Contribuições da Geografia Física para o ensino de Geografia*. Goiânia: C&A Alfa Comunicação. p. 33-50, 2018.

CAVALCANTI, L. S. *Geografia, escola e construção de conhecimentos*. Campinas: Papirus. 1998.

CHERVEL, A. História das disciplinas escolares: reflexões sobre um campo de pesquisa. *Revista Teoria & Educação*, v. 1, n. 2, p. 177-229, 1990.

CHEVALLARD, Y. *La transposition didactique.* Du savoir savant au savoir enseigné. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1985.

CIVILFERBA. *How do spillway work, 3D simulation by Augmented reality sandbox*. Dez. 2019. 1 foto. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=zTcO0wnwtB4. Acesso em: 20 jul. 2020.

CLAUDINO, S. Escola, educação geográfica e cidadania territorial. Scripta Nova. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias sociales*, n. 494 (09), 2014.

DEFESA CIVIL DO RIO DE JANEIRO. *Curso básico de preparação para desastre* – medidas preventivas. dez, 2011. Disponível em: https://pt.slideshare.net/acianf/pluvimetro-caseiro. Acesso em: 15 jun. 2021.

DEL CASTELLO, M. *Instructions for analog model set-up*. jan. 2007. Disponível em: https://www.geo.umass.edu/sandbox/building_sandbox/App_Des_revised.pdf. Acesso em: 02 maio 2020.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Research*, v. 23, n. 7, p. 5-12, 1994.

DUSO, L.; CLEMENT, L.; PEREIRA, P. B.; ALVES FILHO, J. P. Modelização: uma possibilidade didática no Ensino de Biologia. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte. v. 15, n. 02, maio-ago., p. 29-44, 2013.

ELLSWORTH, M. *Exploring geological processes:* using a classroom deformational sandbox: teacher's guide. 2020. Disponível em: https://www.geo.umass.edu/sandbox/instruction/ExplGeoProc.pdf. Acesso em: 15 abr. 2020.

FELDMAN, A.; COOKE, M. L.; ELLSWORTH, M. The classroom sandbox – a physical model for scientific inquiry. *Science Teacher*. December, p. 58-62, 2010.

GANGORRA, A. *Experimento sobre erosão do solo*. 2013. Disponível em: http://profalexandregangorra.blogspot.com/2013/05/experimento-sobre-erosao-do-solo.html. Acesso em: 13 abr. 2021.

GOMES, M. F. V. B. Paraná em relevo: proposta pedagógica para construção de maquetes. GEOGRAFIA. *Revista do Departamento de Geociências*. v. 14, n. 1, jan./jun., p. 207-216, 2005.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de Genética –Exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. *Arquivos do Mudi,* v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006.

KRANTZ, R. *The forbidden zone.* MDF plinth, acrylic display box, playsand, dyed sand, gravel, soil, copy of Planet of the apes (1968) VHS cassette. 155 x 50 x 30 (cm), 2014. Disponível em: https://krantz.com/The-forbidden-zone. Acesso em: 11 jun. 2020.

LABTATE. *Maquete geográfica.* Disponível em: http://www.labtate.ufsc.br/ct_maquetes_maquete_geografica.html. Acesso em: 05 fev. 2020.

LAWALL, S.; RODRIGUES, N. B.; COSTA, M. O. Como lecionamos e aprendemos sobre os solos? Teoria e prática no ensino da Pedologia da graduação ao Ensino Básico. *Anais do XII Sinageo*. Disponível em: https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/4/4-567-532.html. Acesso em: 15 fev. 2021.

LEPSCH, I. F. *Formação e conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de Textos. 2002.

LESTEGÁS, F. R. Concebir la Geografía Escolar desde una nueva perspectiva: una disciplina al servicio de la cultura escolar. *Boletín de la A.G.E.*, n. 33, p. 173-186, 2002.

LILLQUIST, K. D.; KINNER, P. W. Stream tables and watershed geomorphology education. *Journal of Geoscience Education*, v. 50, n. 5, p. 583-593, november, 2002.

LIMA, M. R. (org.) *Experimentos na educação em solos*. 1. ed., Curitiba, 2020.

LITTLE RIVER RESEARCH & DESIGN. *Interactive Stream Table,* 2020. 1 fotografia. Disponível em: https://www.amazon.com/Interactive-Portable-Aluminum-Complete-Accessories/dp/B07SRJZN67. Acesso em: 30 jul. 2020.

LOZOVEI, J. C.; ALVES, C. M.; LIMA, M. R. Formação do solo. *In:* LIMA, M. R. (org.). *Experimentos na educação em solos*. 1. ed., Curitiba, p. 116-123, 2020.

MACHADO, A. *Pré-cinemas & pós-cinemas*. Campinas: Papirus, 1997.

MARQUES, M. O. *A formação do profissional da educação*. 5. ed. Brasília: Editora Inep, 2006. (Coleção Mario Osorio Marques).

MORAIS, E. M. B. As temáticas físico-naturais nos livros didáticos e no ensino de Geografia. *Revista Brasileira de Educação em Geografia*, Campinas, v. 4, n. 8, p. 175-194, jul./dez., 2014.

MORAIS, E. M. B.; ASCENSÃO, V. O. R. Uma questão além da semântica: investigando e demarcando concepções sobre os componentes físico-naturais no Ensino de Geografia. *Boletim Goiano de Geografia,* v. 41, p. 1-25, 2021.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa subversiva. *Série-Estudos* – Periódico do Mestrado em Educação da UCDB, Campo Grande-MS, n. 21, p. 15-32, jan./jun. 2006.

OLIVEIRA, C. D. M.; ASSIS, R. J. S. Travessias da aula em campo na geografia escolar: a necessidade convertida para além da fábula. *Educação e Pesquisa*, v. 35, v. 1, p. 195-209, 2009.

OLIVEIRA, D. Técnicas de Pedologia. *In:* VENTURI, L. A. B. *Geografia* – práticas de campo, laboratório e sala de aula. São Paulo: Sarandi, p. 83-106, 2011.

ORLANDO, T. C. Modelos didáticos 3D no ensino de Biologia Celular, Molecular e Genética: uma estratégia interativa para inclusão de alunos com deficiência visual. *In:* OLIVEIRA, A. A. (org.). *Práticas inclusivas no ensino de Ciências e Biologia*. São Paulo: Pimenta Cultural, 2020.

ORLANDO, T. C.; LIMA, A. R.; SILVA, A. M.; FUZISSAKI, C. N.; RAMOSA, C. L.; MACHADO, D.; FERNANDES, F. F.; LORENZI, J. C.; LIMA, M. A.; GARDIMA, S.; BARBOSA, V. C.; TRÉZ, T. A. Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, n. 01, 2009.

PALACIOS, F. A. *Educación geográfica para la sustentabilidad.* La Serena: Universidad de La Serena. 2010. 157 p.

PIMENTA, J. P. O.; GOUVEIA, I. C. M. C.; CORREIA, R. C. M. Simuladores de processos geológicos e geomorfológicos: contribuições para o ensino e formação em geociências e ciências da terra. *Geosaberes*, Fortaleza, v. 10, n. 20, p. 1-13, jan./abr. 2019.

SHULMAN, L. S. Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. *Professorado: Revista de Currículo y Formación*, v. 9, n. 2, 2005.

SILVA, F. S.; CATELLI, F. Os modelos na ciência: traços da evolução histórico-epistemológica. *Revista Brasileira de Ensino de Física,* v. 41, São Paulo, jun. 10, 2019.

SILVA, F. S.; CATELLI, F. Os modelos no Ensino de Ciências: Reações de estudantes ao utilizar um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD). *Revista Brasileira de Ensino de Física,* v. 42, São Paulo, jan.10, 2020.

SOUSA, R. R. Oficina de maquete de relevo: um recurso didático. *Terrae Didatica*, Campinas, 10, p. 22-28, 2014.

SOUZA, J. G.; JULIASZ, P. C. S. Geografia e Pedagogia: saberes historicamente determinados. *Boletim Paulista de Geografia*, 101, p. 01-25, 2019.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia Física na Educação Básica ou o que ensinar sobre natureza em Geografia? (Os referenciais teórico-metodológicos da Geografia Física respondem ao ensino de Geografia na Educação Básica?). *In:* MORAIS, E. M. B.; ALVES, A. O.; ASCENSÃO, V. O. R. *Contribuições da Geografia Física para o ensino de Geografia*. Goiânia: C&A Alfa Comunicação. p. 13-32, 2018.

TRUDGILL, S. Meaning, knowledge, constructs and fieldwork in physical geography. *In:* TRUDGILL, S.; ROY, A. (eds.). *Contemporary Meanings in Physical Geography:* From what to why? London: Arnold, p. 25-46, 2003.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA DAVIS. *Augmented reality sandbox*, 2020. Disponível em: https://arsandbox.ucdavis.edu/about/. Acesso em: 21 jul. 2020.

UNIVERSITY OF WISCONSIN LA CROSSE. *AR sandbox is action at Earth Fair 2017*, 2020. 1 fotografia. Disponível em: https:// www.uwlax.edu/geography-and-earth-science/explore/labs/augmented-reality-sandbox. Acesso em: 21 jul. 2020.

URBANCK, L. F. Maquetes como recurso didático no ensino de geografia: Relato de experiência no Colégio Estadual Teotônio Vilela em Campina do Simão-PR. *Anais do VIII Encontro Nacional de Ensino de Geografia*. Catalão, Goiás. 2015.

WIKLE, T. A.; LIGHTFOOT, D. R. The stream table in Physical Geography instruction. *Journal of Geography*, v. 96, n. 1. p. 23-30, 1997.

WOODS, T. L.; REED, S.; HSI, S.; WOODS, J. A.; WOODS, M. R. W. Pilot study using the augmented reality sandbox to teach topographic maps and surficial processes in introductory Geology labs. *Journal of Geoscience Education,* 64, p. 199-214, 2016.

YOSHIOKA, M. H.; LIMA, M. R. *Experimentoteca de solos – erosão eólica e hídrica do solo*, 2012. Disponível em: https://www.sbcs.org.br/wp-content/uploads/2012/09/experimentotecasolos5-1.pdf. Acesso em: 21 dez. 2020.