

Modelo Geológico 3D da Bacia de Taubaté e aplicação na pesquisa educacional em Geociências

3D GEOLOGICAL MODEL OF THE TAUBATÉ BASIN AND APPLICATION IN EDUCATIONAL RESEARCH IN GEOSCIENCES

CELSON DAL RÉ CARNEIRO¹, REYNALDO SOUZA DE CARVALHO², STEFANI GEANINE PADOVANI², RICARDO FERREIRA², ANTONIO VITOR FRANCISCO PINTO², LARISSA CARDOSO VIEIRA³

1- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA, PROFESSOR PERMANENTE, CAMPINAS, SP, BRASIL.

2- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, CURSO DE GEOLOGIA, GRADUANDO/A, CAMPINAS, SP, BRASIL.

3- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, CURSO DE GEOGRAFIA, GRADUANDA, CAMPINAS, SP, BRASIL.

E-MAIL: CEDREC@UNICAMP.BR, REYNALDOSREY2@GMAIL.COM, STEGPADOVANI@GMAIL.COM, RIFERREIRA_ADV@HOTMAIL.COM, ANTONIVOTOR@GMAIL.COM, L238814@DAC.UNICAMP.BR.

Abstract: **Introduction** and **Objective.** This article summarizes the results of a research project that aimed to produce three-dimensional models of the Taubaté Sedimentary Basin. The project is part of a larger body of research, which aims to generate 3D representations and models of sedimentary basins and relief features in Brazil for didactic purposes. **Methodology.** The research method involved bibliographic review, systematic study of articles and 3D computer modeling for the production of physical models. The work involved processing data from spectral remote sensors and data from deep drillings carried out in the basin. **Results.** Each generated model will compose a collection of Geoscience teaching materials for basic schools and universities. The kits and materials should be distributed to primary and higher education teachers, through workshops and tutorials on the didactic use of the resources. The three-dimensional model of the Taubaté Basin will contribute to a better understanding of the morphology, structure and geological history of this important basin of São Paulo State. **Conclusion.** Teaching guides that will help basic education teachers to use models in their teaching activities are also under development.

Resumo: **Introdução** e **Objetivo.** Este artigo sintetiza os resultados de projeto de pesquisa que objetivou produzir modelos tridimensionais da Bacia Sedimentar de Taubaté. O projeto integra um corpo maior de pesquisa que produz representações e modelos tridimensionais de bacias sedimentares e feições de relevo do Brasil, com finalidade didática. **Metodologia.** O método de investigação envolveu revisão bibliográfica, estudo sistemático de artigos e modelagem computacional 3D para geração de maquetes físicas. Os trabalhos envolveram processamento de dados de sensores remotos espectrais e dados de perfurações profundas executadas na bacia. **Resultados.** Cada maquete gerada deverá compor um acervo de materiais didáticos de Geociências para a escola básica e o ambiente universitário. Os kits e materiais deverão ser distribuídos a professores de ensino básico e superior, por meio de workshops e tutoriais sobre uso didático dos recursos. O modelo tridimensional da Bacia de Taubaté contribuirá para melhor entendimento da morfologia, estrutura e história geológica dessa importante região do Estado de São Paulo. **Conclusão.** Pretende-se elaborar guias didáticos que auxiliem professores de educação básica a utilizar maquetes em suas atividades didáticas.

Citation/Citação: Carneiro, C. D. R., Carvalho, R. S. de, Padovani, S. G., Ferreira, R., Pinto, A. V. F., & Vieira, L. C. (2023). Conclusão do Modelo Geológico 3D da Bacia de Taubaté e aplicação na pesquisa educacional em Geociências. *Terræ Didática*, 19(Publ. Contínua), 1-8, e023038. doi: 10.20396/td.v19i00.8675136.



Artigo submetido ao sistema de similaridade

Keywords: Aquifers, Modeling, Mineral exploration, Cenozoic, Tectonics.

Palavras-chave: Aquíferos, Modelagem, Exploração mineral, Cenozoico, Tectônica.

Manuscript/Manuscrito:

Received/Recebido: 22/11/2023

Revised/Corrigido: 06/12/2023

Accepted/Aceito: 09/12/2023

Editor responsável: Celso Dal Ré Carneiro 

Revisão de idioma (Inglês): Hernani Aquini

Fernandes Chaves 



Introdução

Esta pesquisa, situada nos campos de Geologia Estrutural e da Visualização 3D, busca conciliar o desenvolvimento de técnicas de modelagem computacional tridimensional com a produção física de maquetes de bacias sedimentares selecionadas. O principal objetivo é produzir representações e

modelos tridimensionais de bacias sedimentares e feições de relevo do Brasil, com finalidade didática. O trabalho deverá também gerar representações de estruturas e feições geológicas notáveis. Espera-se que os recursos sejam úteis para o ensino-aprendizagem de Geologia e de Geociências. Um objetivo específico a ser atingido posteriormente é elaborar

guias educacionais sobre e evolução das feições estudadas, de modo a apoiar o trabalho docente.

Estão sendo desenvolvidos projetos de pesquisa, em paralelo, desde 2021, sob supervisão do primeiro autor, visando produzir modelos 3D e maquetes do relevo de diferentes regiões do Brasil. Este artigo focaliza os modelos relativos à Bacia de Taubaté (Carvalho & Carneiro, 2023), produzidos em paralelo às maquetes de outras bacias: (a) Paraná (Gondek & Carneiro, 2022); (b) São Paulo (Ferreira & Carneiro, 2023); (c) Santos (Pinto & Carneiro, 2023) e (d) Parnaíba (Padovani & Carneiro, 2023). As representações utilizam dados de subsuperfície, com base nos quais foram elaboradas curvas de contorno estrutural de cada bacia. A pesquisa envolve a utilização de equipamentos da Divisão de Tecnologias Tridimensionais do Centro de Tecnologia de Informação Renato Archer e alguns laboratórios da Unicamp, como o Laboratório de Recursos Didáticos em Geociências (LRDG) do Instituto de Geociências.

Educação em Geociências

A Educação em Geociências desempenha papel fundamental no entendimento e na preservação do nosso planeta, na medida em que a aprendizagem de Ciências da Terra contribui para formar cidadãos conscientes de suas ações e atitudes perante a Terra. Diante do grave quadro ambiental contemporâneo, a formação de cidadãos conscientes e responsáveis é urgente e necessária, mas os conteúdos geocientíficos continuam ausentes, ou pobremente representados, na educação básica brasileira. A ausência de temas relacionados a Geociências no ensino e a escassez de grupos de pesquisa dedicados a esse campo geram uma lacuna significativa no desenvolvimento educacional e científico da sociedade. As restrições ao ensino de disciplinas geocientíficas resultam em uma sociedade menos bem preparada para enfrentar os desafios ambientais e incapaz de explorar oportunidades em campos como a exploração mineral sustentável, gestão de bacias hidrográficas e conservação da biodiversidade. Ademais, a ausência de grupos de pesquisa especializados em Educação em Geociências limita a capacidade de inovação e avanço científico em áreas críticas para o desenvolvimento sustentável (Carneiro et al., 2004, Carneiro & Signoretti, 2008, Vieira et al., 2016, Vieira & Carneiro, 2023).

As Geociências são um conjunto de disciplinas que abordam a Terra e as complexas interações dos elementos que a compõem. A geologia, a climatologia, a oceanografia, a sismologia e muitas outras

áreas compõem esse campo interdisciplinar, que busca desvendar os segredos da Terra. Orion & Ault (2007) sintetizam os requisitos necessários para estudo de Geociências, assinalando os seguintes atributos essenciais: (a) abordagem histórica; (b) preocupação com os sistemas complexos que atuam na Terra; (c) conceituação de fenômenos de grande escala no tempo e no espaço; (d) necessidade da representação visual, bem como a alta demanda de raciocínio espacial; (e) integração entre as escalas de soluções para os problemas, e (f) singularidade do pensamento científico retrospectivo. O item (d) sublinha, como característica essencial das Geociências, a aquisição de visão espacial e o domínio de técnicas de representação tridimensional, desde elementares até avançadas.

Pesquisas e atividades relacionadas às Geociências requerem alto nível de pensamento tridimensional, que obriga o estudante a desenvolver um tipo particular de habilidade, voltada para a representação espacial 3D (King, 2008). Neste contexto, a modelagem de feições geológicas e de relevo é ferramenta poderosa para o ensino de Geociências, oferecendo vantagens pedagógicas e promovendo a compreensão profunda da dinâmica natural (Harknett et al., 2022). Uma vez que a visão 3D é uma competência crítica no aprendizado de Geologia, a pesquisa objetivou criar modelos 3D da Bacia de Taubaté, usando softwares gratuitos e de livre acesso, como Blender, que podem tornar a tecnologia mais acessível a professores, desde os anos iniciais da educação fundamental até o ensino superior. A pesquisa concentra-se na Bacia de Taubaté que encerra “o mais espesso registro sedimentar aluvial-lacustre do Oligoceno, quando comparado com as bacias menores” (Abreu & Appi, 2008, s.p.) que compõem o Sistema de Riftes da Serra do Mar (Almeida, 1976).

Metodologia

O método de investigação envolveu revisão bibliográfica, estudo sistemático de artigos, modelagem computacional 3D e produção de maquetes físicas. A abordagem (Carneiro et al., 2018, 2022), vem sendo modificada, sempre buscando facilitar uma visualização intuitiva do preenchimento sedimentar.

Os trabalhos envolveram processamento de dados de sensores remotos espectrais e dados de perfurações profundas executadas na bacia. O levantamento de dados realizado possibilitou a

utilização de dois conjuntos distintos de informações, que foram fundamentais para o mapeamento e a criação do modelo tridimensional. O primeiro conjunto de dados compreendeu um Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido por meio do Sensor SRTM. Este sensor ativo proporcionou imagens do relevo da bacia com uma resolução espacial de aproximadamente 90 metros por pixel, abrangendo toda a extensão da área de estudo. O segundo conjunto de dados correspondeu ao mapeamento do topo do embasamento cristalino, isto é, o limite inferior do pacote sedimentar depositado ao longo do Tempo Geológico. Esse conjunto de informações revelou detalhes cruciais sobre a espessura do depósito sedimentar e foi disponibilizado na forma de curvas de contorno estrutural (Fig. 2), com intervalos de equidistância de aproximadamente 50 metros entre cada curva. Os dados foram inicialmente obtidos a partir de pesquisas conduzidas por Carneiro et al. (1976), DAEE (1977), Hasui et al. (1981), Marques (1990) e Carvalho (2011). Posteriormente, foram atualizados e convertidos para o formato de shapefile, permitindo sua utilização em modernos sistemas de Informações Georreferenciadas (SIG). O processo de conversão foi realizado com o auxílio do software CorelDRAW®.

Este artigo complementa e dá continuidade às seguintes investigações: *Pesquisa e produção de modelos tridimensionais para o Ensino da Geociências: Bacia de Taubaté* (Bueno & Carneiro, 2020), e *Apliação prática da maquete física 3D da Bacia de Taubaté na pesquisa educacional em Geociências* (Bueno & Carneiro, 2021). Na etapa concluída em 2022, depois de várias tentativas de modelagem física do relevo da Bacia de Taubaté, Bueno & Carneiro (2022) decidiram modelar o relevo regional com o software “Blender”, tendo obtido excelentes resultados para a geração de arquivos .STL compatíveis com impressoras 3D. Assim, Blender foi o ambiente computacional definido para a geração de um novo conjunto de modelos.

Resultados obtidos

Situada na região oriental do Estado de São Paulo, a Bacia de Taubaté é uma depressão alongada na direção SW/NE, “encravada entre as serras do Mar e da Mantiqueira” (Abreu & Appi, 2008, Carvalho et al., 2011). O eixo mais longo da bacia estende-se por aproximadamente 170 quilômetros, com uma largura de 25 quilômetros, tendo as cidades de Jacaré e Cruzeiro situadas em suas extremidades (Fig. 1).

Vários estudos têm sido conduzidos com o objetivo de analisar a topografia do substrato rochoso subjacente, incluindo a delimitação de elevações estruturais proeminentes e identificação das principais falhas geológicas. Notadamente, pesquisas conduzidas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) em 1977 resultaram na subdivisão da bacia em seis sub-bacias distintas: Parateí, Jacaré, Eugênio de Melo, Tremembé, Lorena e Cruzeiro, bem como na identificação de quatro elevações estruturais: os altos do Rio Putins, de Caçapava, de Aparecida e de Cachoeira Paulista. Marques (1990) realizou um estudo que identificou quatro centros de deposição na bacia, localizados em Eugênio de Melo, Quiririm, Roseira e Lorena.

Área de Estudo

A Bacia de Taubaté se insere no contexto tectônico-estrutural do *Rifte Continental do Sudeste do Brasil* (RCSB), uma feição geológica alongada datada do Cenozoico (Zalán, 2004), que se estende na direção ENE-WSW (nordeste-sudoeste) desde a região de Curitiba, no estado do Paraná, até o estado do Rio de Janeiro, em Niterói. As bacias que compõem essa notável feição geológica depositaram-se em grábens e depressões tectônicas formados pela reativação de antigas falhas transcorrentes, devido a processos neotectônicos ligados à evolução da margem continental brasileira (Silva et al., 2003). Constituem um rosário de depressões alongadas que acompanham a atual linha de costa. De SW para NE, as principais bacias preservadas são: Curitiba, Cananéia, Sete Barras, São Paulo, Taubaté, Resende, Volta Redonda e o Gráben da Guanabara, além das bacias de Itaboraí e Macacu (Reverte et al., 2016). Todas acham-se implantadas sobre o substrato cristalino do Cinturão de Dobramentos Ribeira (Hasui et al., 1975), ou Cinturão Orogênico Ribeira, conforme tem sido modernamente denominado. Hasui & Ponçano (1978) apontam que o embasamento cristalino pré-cambriano da bacia é composto por rochas metamórficas milonitizadas e de alto grau, além de diversos tipos de migmatitos homogêneos a bandados, bem como rochas ígneas, presentes na forma de corpos graníticos, soleiras de diabásio e maciços alcalinos, tais como Passa Quatro, Itatiaia e Morro Redondo. As rochas cristalinas formaram-se no intervalo Paleoproterozoico-Neoproterozoico (Hasui, 2012).

A história sedimentar da bacia foi subdividida em duas fases distintas (Riccomini, 1989, Riccomi-

ni et al., 2004, Campanha, 2004). A primeira fase, sintectônica, compreende os sedimentos do Grupo Taubaté, composto pelas formações Resende, Tremembé e São Paulo (Riccomini, 1989). Na Formação Tremembé (Almeida, 1958), predominantemente constituída por folhelhos e sedimentos lacustres, foram identificados fósseis de mamíferos e aves, permitindo a obtenção de uma idade aproximada oligocênica-miocênica. A Formação Resende, por sua vez, compreende fácies depositadas por sistemas deposicionais de leques aluviais e planícies aluviais com rios entrelaçados. A segunda fase, pós-tectônica, é caracterizada pela deposição da Formação Pindamonhangaba, que inclui conglomerados basais que transicionam para arenitos finos, siltitos e argilitos. A origem dos depósitos é interpretada como resultante do deslocamento de sistemas fluviais meandrantos.

A bacia preserva registros de intensa tectônica deformadora das camadas, descritas por diversos autores, que culminaram na configuração de uma geometria tridimensional de hemi-grábens separados por zonas de transferência (Fernandes, 1993, Fernandes & Chang, 2001, 2003) e inversão de depocentros (Vidal et al., 2004).

Modelagem

A modelagem tridimensional (Fig. 1) utilizou o *software* de modelagem 3D de código aberto conhecido como Blender, envolvendo o *plugin* “Blender GIS”, desenvolvido na linguagem de programação Python e disponibilizado de forma gratuita pelo usuário de Github de pseudônimo “domlysz.” O *plugin* viabiliza a importação e a manipulação de dados espaciais derivados de arquivos do tipo raster. No processo, dois arquivos raster foram inseridos no *software*. Para transformá-los em objetos tridimensionais, foram empregados dois modificadores principais:

1. o modificador de subdivisão permitiu subdividir a malha do objeto em partes menores, com aumento na densidade de vértices, arestas e faces e culminando na geração de uma malha mais refinada, capaz de representar superfícies complexas com maior precisão. Dois algoritmos foram muito úteis na aplicação da modificação, a saber, Catmull-Clark e Simple. Enquanto o algoritmo Catmull-Clark é comumente empregado na criação de superfícies suaves e arredondadas, o Simple mostrou-se mais adequado para objetos com geometria simplificada.

2. o modificador de deslocamento no Blender permite alterar a geometria de um objeto 3D, com deslocamento de seus vértices com base em informações oriundas de uma textura ou imagem. A funcionalidade é especialmente útil na criação de detalhes complexos de superfícies, tais como rugas em tecidos, relevos em terrenos ou padrões em objetos, sem necessidade de realizar modelagem manual. O modificador de deslocamento utiliza uma textura como guia para a realizar deslocamentos dos vértices do objeto. A textura, em geral, assume a forma de uma imagem em tons de cinza, na qual diferentes níveis de cinza representam distintas alturas ou deslocamentos.

O modificador de deslocamento confere ao operador um controle preciso sobre a intensidade do deslocamento, possibilitando ajustar o grau de deslocamento dos vértices com base nos valores presentes na textura. A amplificação ou atenuação do efeito pode ser realizada conforme as necessidades do projeto em curso. Importante mencionar que a textura utilizada no modificador de deslocamento é normalmente mapeada nas coordenadas UV do objeto, o que oferece a capacidade de controlar a escala e a posição da textura em relação ao objeto, o que se mostra útil para a realização de ajustes finos no posicionamento dos detalhes. No contexto deste trabalho específico, optou-se pela utilização do algoritmo Simple no modificador de subdivisão, com um grau de renderização, porta de visão e qualidade estabelecidos em 10. Para o modificador de deslocamento, uma força de 5.000 foi aplicada, resultando em um exagero vertical de aproximadamente nove vezes (Figs. 1 e 2).

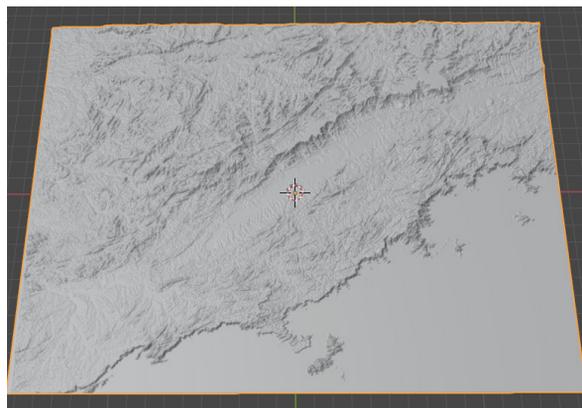


Figura 1. Modelo computacional tridimensional gerado com exagero vertical equivalente a nove vezes. Fonte: Autoria própria

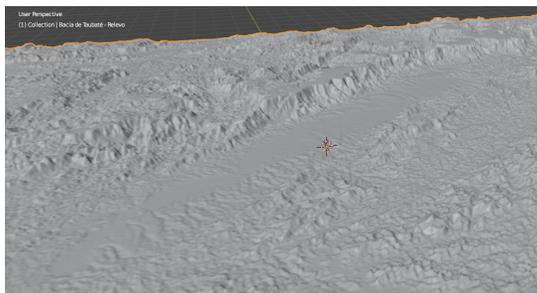


Figura 2. Ângulo diferente do mesmo modelo computacional, destacando o exagero vertical e o posicionamento da bacia sedimentar entre a Serra da Mantiqueira e a Serra do Mar. Fonte: Autoria própria

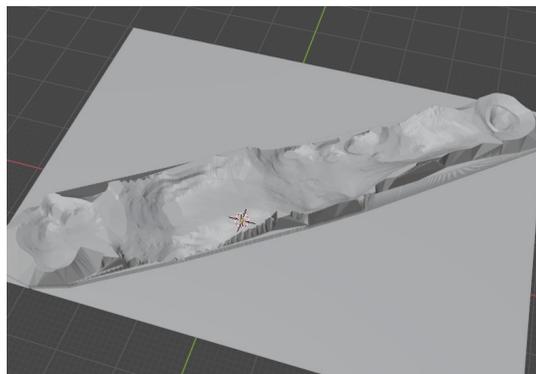


Figura 3. Modelo computacional gerado a partir do arquivo TIN do topo do embasamento. Fonte: Autoria própria

A modelagem do embasamento seguiu os mesmos passos que o relevo (Fig. 3), a partir dos métodos estabelecidos em Santos & Carneiro (2018) e Gondek & Carneiro (2022). Os dois arquivos foram então unidos a fim de ilustrar a interação entre as duas superfícies, com o relevo sendo posteriormente recortado para melhor se encaixar ao embasamento.

Utilização didática

A modelagem tridimensional de bacias sedimentares pode ser uma ferramenta notável no âmbito do ensino de Geociências, devido ao grande potencial educacional. A abordagem integra tecnologias avançadas de geoprocessamento, modelagem matemática e visualização 3D, culminando na criação de representações minuciosas e fidedignas das bacias sedimentares terrestres. As maquetes assim geradas devem difundir conhecimentos não apenas entre os cursos universitários de Geociências, mas devem também atingir e motivar docentes e alunos da educação básica para estudos nesse campo do conhecimento.

A relevância dos modelos transcende a esfera acadêmica, ao desempenhar papel vital na elucidação dos processos geológicos, na exploração de recursos naturais e na avaliação de riscos geológicos. A modelagem 3D viabiliza a criação de experiências práticas virtuais, nas quais os estudantes podem imergir em diversos cenários geológicos, experimentando as consequências das variações nas condições geológicas. Tal abordagem enriquece o processo de aprendizado, estimulando simultaneamente o pensamento crítico e a habilidade de solucionar problemas, dotando os alunos das competências necessárias

para enfrentar desafios inerentes ao aprendizado das Geociências. A exposição dos estudantes a essa tecnologia capacita-os a tomar decisões embasadas e responsáveis no contexto da exploração de recursos e gestão ambiental, contribuindo, assim, para o desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente.

Etapas vindouras

Na continuação do projeto, a equipe ainda deve percorrer as seguintes etapas:

- Investigar alternativas mais acessíveis que possibilitem reproduzir e multiplicar os modelos físicos, de forma econômica e com baixo custo.
- Desenvolver *workshops* e encontros com professores de escolas primárias e secundárias a fim de instruí-los quanto à boa utilização do material didático.
- Avaliar de forma sistemática os eventuais ganhos que a tecnologia possa proporcionar no ensino-aprendizagem de temas geológicos.
- Desenvolver pigmentos e novos materiais para impressão tridimensional, capazes de permitir a produção de modelos mais complexos, mais realistas e mais intuitivos.

A conclusão das ações trará impacto significativo, favorecendo o ensino e estimulando a exploração didática das representações tridimensionais, proporcionando aos alunos uma interação mais profunda e enriquecedora com os modelos criados. Além disso, busca-se engajar os professores de educação básica em atividades de pesquisa, com vistas a aprofundar o estudo das Geociências nesse nível de escolaridade.

Considerações finais

Os resultados alcançados até o momento são promissores e sugerem que o projeto pode beneficiar a pesquisa e a educação em Geociências, tanto no ensino não formal quanto no ambiente escolar. O projeto ora concluído é um passo significativo na formação de futuros geocientistas e na ampliação da difusão das Geociências. A incorporação de técnicas inovadoras para criação de modelos físicos e educacionais pode aprimorar nosso entendimento do mundo real e estimular o desenvolvimento de competências críticas para o estudo dos fenômenos naturais.

Do ponto de vista educacional, a modelagem 3D de bacias sedimentares é valiosa, porque permite uma compreensão mais profunda da geologia local e regional. Além disso, permite realizar experiências práticas de visualização em ambientes vir-

tuais e tem grande aplicação na indústria de energia e recursos naturais. No entanto, a busca por dados melhores e métodos mais eficientes de representação deve ser colocada como prioridade para futuros trabalhos a serem desenvolvidos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PIBIC-CNPq) pelo apoio institucional; ao Centro de Tecnologia de Informação Renato Archer (CTI-Renato Archer), em especial aos pesquisadores Pedro Yoshito Noritomi, Marcelo Fernandes de Oliveira e Laureana Stelmastchuk Benassi Fontolan, pelo apoio ao desenvolvimento do projeto e ao Serviço de Apoio ao Estudante da Unicamp pelo suporte continuado aos estudantes de graduação.

Taxonomia CRediT: • Contribuição dos autores: Conceitualização; Conceitualização; Curadoria de dados; Administração do projeto; Recursos; Supervisão; Análise formal; Investigação; Metodologia; Validação; Visualização; Escrita – rascunho original; Escrita – revisão & edição – Celso Dal Ré Carneiro. Escrita – revisão & edição, Investigação; Metodologia; Validação; Visualização; Escrita – rascunho original – Reynaldo Souza de Carvalho, Stefani Geanine Padovani, Ricardo Ferreira, Antonio Vitor Francisco Pinto. • Conflitos de interesse: Os autores certificam que não têm interesse comercial ou associativo que represente um conflito de interesses em relação ao manuscrito. • Aprovação ética: Não aplicável. • Disponibilidade de dados e material: Disponível no próprio texto. • Reconhecimentos: Consignam-se agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) por bolsas de mestrado e doutorado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, por bolsas do Programa PIBIC. • Financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Referências

- Abreu, C. J., & Appi, C. J. (2008). *O preenchimento sedimentar da Bacia de Taubaté*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 44, Curitiba, 2008. *Anais...* Curitiba, SBG. p. 1347. URL: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/832>. Acesso 09.09.2023.
- Almeida, F. F. M. de. (1958). Vale do Paraíba. In: *Relatório Anual do Diretor da Divisão de Mineralogia e Geologia*. Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral. 36p. (Boletim n. 241).
- Almeida, F. F. M. de. (1976). The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48(Supl.), 15-26. URL: <https://cir.nii.ac.jp/crid/1571980074593922176>. Acesso 09.09.2023.
- Bueno, C., & Carneiro, C.D.R. (2020). *Pesquisa e produção de modelos geológicos tridimensionais para ensino de Geociências: Bacia de Taubaté*. Campinas, Inst. Geoc. Unicamp. 18p. (PIBIC/CNPq, Rel. Final).
- Bueno, C., & Carneiro, C.D.R. (2021). *Aplicação prática da maquete física 3D da Bacia de Taubaté na pesquisa educacional em Geociências*. Campinas, Inst. Geoc. Unicamp. 8p. (PIBIC/CNPq, Rel. Final).
- Bueno, C., & Carneiro, C.D.R. (2022). *Téorias e modelos experimentais sobre visualização tridimensional sobre o ensino das Geociências*. Campinas, Inst. Geoc. Unicamp. 9p. (PIBIC/CNPq, Rel. Final).
- Campanha, V. A. (1994). *A arquitetura deposicional da Bacia Sedimentar de Taubaté, SP, como subsídio à delimitação das zonas de produção mineral*. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, v. 1, 193p. e v. 2, 91p. Tese (Dout. Geociências).
- Carneiro, C. D. R., & Padovani, S. G. (2023). *Modelo didático-geológico tridimensional da Bacia do Paraíba*. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 17, Rio de Janeiro, out. 2023. *Resumos...* Rio de Janeiro, Soc. Bras. Geol. (apres. oral).
- Carneiro, C. D. R., & Signoretti, V. V. (2008). A carência de conteúdos de Geociências no Currículo Básico Comum de Geografia do Ensino Fundamental em Minas Gerais. Rio Claro: *Geografia*, 33(3), 467-483. URL: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageo/article/view/3143>. Acesso 28.07.2023.
- Carneiro, C. D. R., Carvalho, R. S. de, Padovani, S. G., Ferreira, R., Pinto, A. V. F., & Vieira, L. C. (2023). *Conclusão do Modelo Geológico 3D da Bacia de Taubaté e aplicação na pesquisa educacional em Geociências*. Campinas: Evento Interfaces Geociências e Ensino: 50 anos de experiências (1973-2023) (submissão setembro, 2023).
- Carneiro, C. D. R., Gondek, T. P., Ferreira, R., Polly, D., Fontolan, L. S. B., Oliveira, M., & Noritomi, P. (2022). *Aplicação de maquetes físicas tridimensionais*

- da Bacia do Paraná no Ensino de Geociências. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 17, Belo Horizonte, 2022. *Anais CD-ROM...*, Belo Horizonte, ABGE. (5º Simpósio de Educação e Ensino, 5º SEGEA). URL: https://schenautomacao.com.br/cbge2022/envio/files/trabalho1_137.pdf. Acesso 10.11.2023.
- Carneiro, C. D. R., Santos, K. M. dos, Lopes, T. R., Santos, F. C. dos, Silva, J. V. L. da, & Harris, A. L. N. C. (2018). Three-Dimensional physical models of sedimentary basins as a resource for teaching-learning of Geology. *Terræ Didática*, 14(4), 379-384. doi: 10.20396/td.v14i4.8654098.
- Carneiro, C. D. R., Toledo, M. C. M. de, & Almeida, F. F. M. de. (2004). Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica. *Revista Brasileira de Geociências*, 34(4), 553-560. doi: 10.25249/0375-7536.2004344553560.
- Carvalho, A. M. A. de, Vidal, A. C., & Kiang, C. H. (2011). Delimitação do embasamento da Bacia de Taubaté. *Geol. USP, Sér. cient.*, 11(1), 19-32. doi: 10.5327/Z1519-874X2011000100002.
- Carvalho, R. S. de, & Carneiro, C. D. R. (2023). Conclusão do modelo geológico 3D da Bacia de Taubaté e aplicação na pesquisa educacional em Geociências. In: Congr. Interno Inic. Cient., 31, Campinas, 2023. Resumos... Campinas: Unicamp. URL: <https://www.prp.unicamp.br/inscricao-congresso/resumos/2023P22177A38944O473.pdf>. Acesso 10.11.2023.
- Departamento de Águas e Energia Elétrica. DAEE. (1977). *Estudo de águas subterrâneas da região administrativa 3 (São José dos Campos e Faixa Litorânea)*, SP. São Paulo: DAEE. 175p.
- Fernandes, F. L. (1993). *Arcabouço estrutural e evolução da Bacia de Taubaté*, SP. Ouro Preto, MG: Universidade Federal de Ouro Preto. (Dissert. Mestrado). 147p.
- Fernandes, F. L., & Chang, H. K. (2001). Modelagem gravimétrica da Bacia de Taubaté. Vale do Rio Paraíba do Sul, leste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geofísica*, 19, 131-144. doi: 10.1590/S0102-261X2001000200002.
- Fernandes, F. L., & Chang, H. K. (2003). *Arcabouço estrutural da Bacia de Taubaté*, SP. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 9, 2003, Búzios. Boletim de Resumos... Búzios: SBG-Núcleos Rio de Janeiro/Espírito Santo, p. 367-370.
- Ferreira, R., & Carneiro, C.D.R. (2023). Pesquisa e produção de modelos tridimensionais para ensino de Geociências: Bacia de São Paulo. In: Congr. Interno Inic. Cient., 31, Campinas, 2023. Resumos... Campinas: Unicamp. URL: <https://www.prp.unicamp.br/inscricao-congresso/resumos/2023P21209A38186O473.pdf>. Acesso 10.11.2023.
- Gondek, T.P., & Carneiro, C. D. R. (2022). Aplicação prática da maquete física 3D da Bacia do Paraná na pesquisa educacional em Geociências. In: Congr. Interno Inic. Cient., 30, Campinas, 2022. Resumos... Campinas: Unicamp. URL: [Resumo E0059]. URL: <https://www.prp.unicamp.br/inscricao-congresso/resumos/2022P19776A37075O473.pdf>. Acesso 10.11.2023.
- Harknett, J., Whitworth, M., Rust, D., Krokos, M., Kearl, M., Tibaldi, A., Bonali, F. L., ..., & Becciani, U. (2022). The use of immersive virtual reality for teaching fieldwork skills in complex structural terrains. *Journal of Structural Geology*, 163(2022), 104681-10468. doi: 10.1016/j.jsg.2022.104681.
- Hasui, Y. (2012). Compartimentação Geológica do Brasil. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de, & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. 112-122. (Cap. 7).
- Hasui, Y., & Ponçano, W. L. (1978). *Organização estrutural e evolução na Bacia de Taubaté*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30., 1978, Recife. Anais... Recife: SBG, v. 1, p. 368-381.
- Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de, & Bartorelli, A. (Eds.) (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Ed. Beca. 900p.
- King, C. (2008) Geoscience education: an overview. *Studies in Science Education*, 44(2), 187-222, doi: 10.1080/03057260802264289.
- Marques, A. (1990). Evolução tectono-sedimentar e perspectivas exploratórias da Bacia de Taubaté, São Paulo, Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 4(3), 253-262. URL: <https://cir.nii.ac.jp/crid/1570854174687078528>. Acesso 09.09.2023.
- Padovani, S. G., & Carneiro, C. D. R. (2023). Produção do modelo geológico 3D da Bacia do Parnaíba e aplicação na pesquisa educacional em Geociências. In: Congr. Interno Inic. Cient., 31, Campinas, 2023. Resumos... Campinas: Unicamp. URL: <https://www.prp.unicamp.br/inscricao-congresso/resumos/2023P21342A38293O473.pdf>. Acesso 10.11.2023.
- Pinto, A. V. F., & Carneiro, C. D. R. (2023). *Evolução geológica da Bacia de Santos e aplicação prática de modelos 3D na pesquisa educacional em Geociências*. In: Congr. Interno Inic. Cient., 31, Campinas, (2023). Resumos... Campinas: Unicamp. URL <https://www.prp.unicamp.br/inscricao-congresso/resumos/2023P22304A39040O473.pdf>. Acesso 10.11.2023.
- Reverte, F. C., Garcia, M. G. M., & Moura, T. T. (2016). Desafios para a geoconservação em áreas vulneráveis: o exemplo da Bacia de Taubaté. Rífto Continental do Sudeste do Brasil. *Regne, Revista de Geociências do Nordeste*, 2, 1189-1190. doi: 10.21680/2447-3359.2016v2n0ID10583.
- Riccomini, C. (1989). *O rift continental do sudeste do Brasil*. 304f. São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Tese (Doutorado). doi: 10.11606/T.44.1990.tde-18032013-105507.
- Riccomini, C., Sant'anna, L. G., & Ferrari, A. L. (2004). Evolução geológica do rift continental do sudeste do Brasil. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C. D. R., Brito-Neves, B.B.de. (Orgs.). (2004). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca. p. 383-405. (Cap. 23).
- Silva, A. J. P. da, Lopes, R. C., Vasconcelos, A. M., & Bahia, R. B. C. (2003). Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores. In: Bizzi L.A., Schobbenhaus C., Vidotti R.M., Gonçalves J.H. (Eds.) (2003). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG*.

Serviço Geológico do Brasil-CPRM. p. 55-85.
(ISBN 85-230-0790-3)

- Vidal, A. C., Fernandes, F. L., & Chang, H. K. (2004). Distribuição dos arenitos da Bacia de Taubaté, SP. *Geociências UNESP*, 23(1/2), 55-66. URL: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/361>. Acesso 09.09.2023.
- Vieira, L. C., & Carneiro, C. D. R. (2023). *Percursos pedagógicos geológicos para divulgação e proteção do patrimônio geológico do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo*. In: Congr. Interno Inic. Cient., 31, Campinas, (2023). *Resumos...* Campinas: Unicamp. URL: <https://www.prp.unicamp.br/inscricao-congresso/resumos/2023P21307A38266O473.pdf>. Acesso 10.11.2023.
- Vieira, T. C., Velloso, A., & Rodrigues, A. P. C. (2016). Estudo de caso sobre o ensino de Geociências em uma turma de ensino fundamental da rede privada de Duque de Caxias, RJ. *Terræ Didática*, 12(3), 153-162. doi: 10.20396/td.v12i3.8647892.
- Zalán, P. V. (2004). Evolução fanerozoica das bacias sedimentares brasileiras. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C. D. R., & Brito-Neves, B. B. de. (Orgs.). (2004). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Ed. Beca. p. 595-612. (Cap. 33).