



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**PRODUÇÃO DE MODELOS GEOMORFOLÓGICOS TRIDIMENSIONAIS PARA A
CONSTRUÇÃO DE UM REPOSITÓRIO ABERTO**

VICTOR HUGO PINTO FERREIRA

Seropédica
2025

Victor Hugo Pinto Ferreira

Produção de modelos geomorfológicos tridimensionais para a construção de um repositório aberto

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como requisito final para obtenção do título de **Bacharel em Geografia**.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Mota de Sousa

Seropédica

2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gustavo Mota de Sousa

Instituto de Geociências – UFRRJ

Orientador

Prof. Msc. Renan Ramos da Silva

Secretaria Municipal de Educação da Cidade do Rio de Janeiro/RJ

Prof. Dr. Robson Mariano da Silva

Instituto de Ciências Exatas - UFRRJ

AGRADECIMENTOS

Escrever os agradecimentos é uma tarefa um pouco complicada para mim, porque é difícil mencionar nominalmente todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram nessa caminhada sem que eu cometa alguma injustiça ao esquecer alguém. Por isso, agradeço de antemão a todos que cruzaram meu caminho ao longo desses 5 anos e que contribuíram positivamente para o meu crescimento acadêmico e pessoal. Isto posto, seguirei para os agradecimentos daqueles que, à sua maneira, me marcaram positivamente durante esse processo e estiveram presente me apoiando.

A filosofia africana Ubuntu é centralizada no pensamento de que “eu sou porque nós somos”. Partindo desse princípio, começo meus agradecimentos pela minha família. Essa minha conquista é, na verdade, uma conquista nossa, fruto de muito amor, parceria e incentivo daqueles que caminham comigo desde sempre. Sem vocês nada do que eu conquistei até hoje seria possível. Por isso, dedico esse pequeno agradecimento aos meus pais, Jomard e Valéria, que dentro das suas limitações sempre fizeram o possível para que eu e meus irmãos pudéssemos desfrutar das melhores oportunidades da vida; à minha madrinha e ao meu padrinho, Luciana e Marcelo, que cuidam de mim como se fosse filho deles, sempre dispostos a me dar suporte em tudo que eu preciso; e aos meus irmãos, Pedro e Gabriele, que também sempre buscam me apoiar nos caminhos que eu escolho trilhar.

Ainda seguindo a linha de pensamento da cultura Bantu, eles compartilham a noção de que uma comunidade possui três dimensões: os ancestrais, os que estão vivos e os que ainda não nasceram, sendo indispensável levar em consideração os ancestrais para a formação de um ser humano. Por isso, agradeço também a minha avó, falecida em Junho deste ano que, infelizmente, não pode presenciar em vida o fim dessa importante etapa da minha vida. Maria do Socorro foi uma mulher guerreira que com muito esforço lutou para criar 2 filhos e ao seu modo transmitiu muitos ensinamentos e carinho aos que a rodeavam.

Agradeço também aos grandes amigos que a UFRRJ me trouxe: Allan, Bia, Juliana, Mariana, Randy, Andressa, Carlos, Caio e a Gabriele (mesmo tendo pulado o muro). Vocês ajudaram a tornar esse processo mais ameno e feliz. Compartilhamos juntos muitos momentos felizes, outros nem tanto. Cada subida andando até o DG debaixo de sol quente, cada fila quilométrica no bandeirão para comer isca de peixe, cada desespero em época de prova se

tornou mais leve porque vocês estavam ali. Guardarei nas lembranças todos os campos, festas e momentos felizes que vivemos durante a graduação.

Um agradecimento especial às minhas amigas Juliana e Mariana, e ao Randy, aos quais dividi uma casa comicamente verde em Seropédica e que durante um período da minha vida eu os via com mais recorrência do que via meu pai. Foi um prazer dividir casa com vocês, mesmo quando a nossa janta era miojo ou pão do bandeirão com ovo. Vocês são irmãos que eu pretendo levar pelo resto da minha vida.

Agradeço também ao meu orientador, Gustavo, por cada conselho, conversa e aprendizado transmitido ao longo desses anos de parceria, sou extremamente grato por cada oportunidade e pelas portas que você me ajudou e me incentivou a abrir. Aproveito para agradecer a todos os servidores e professores do IGEO por cada ensinamento passado e cada serviço prestado, sem vocês o sonho de uma educação pública de qualidade não seria possível.

Fui bolsista FAPERJ durante 2 anos, período no qual pude ter o primeiro contato com a impressão 3D e onde vivenciei diversas experiências acadêmicas que agregaram grandemente para a minha formação, por isso, agradeço também à FAPERJ.

Por fim, volto a agradecer a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento e construção deste trabalho. E a mim mesmo, por não ter desistido e ter conseguido chegar ao fim dessa jornada. Um brinde a todos que estão comigo e torcem pela minha vitória.

Resumo

Em um mundo cada vez mais tecnológico, é importante fazer com que tecnologias como a impressão 3D sejam aliadas ao ensino, e, para que isso ocorra de maneira produtiva, é importante que as crianças e jovens tenham familiaridade e aprendam a manusear essas tecnologias desde a base. Muitas escolas estão adotando em suas grades curriculares aulas voltadas para o uso de impressão 3D, inclusive, algumas escolas públicas recebem kits de robótica com alguns desses equipamentos tecnológicos. Pensando nisso, esse trabalho visa a construção de instrumentos que facilitem a compreensão da paisagem e de seus elementos formadores, por meio da construção de modelos tridimensionais através da impressão 3D. A possibilidade do uso de modelos tridimensionais no ensino de geografia oferece uma visualização tangível e interativa de conceitos complexos, que antes só podiam ser vistos através de textos ou de mapas bidimensionais. A finalidade dessa pesquisa é proporcionar uma perspectiva diferente de ver e analisar as paisagens ao nosso redor, e também construir um banco de dados com os modelos construídos para que possam servir como recurso pedagógico e/ou instrumento de análise para qualquer pessoa que queira acessá-los. Nesse sentido, através de softwares gratuitos como o QGIS e 3D Builder foram feitos modelos geomorfológicos, principalmente, de áreas relacionadas ao Oeste Metropolitano do Rio de Janeiro, onde está localizada a UFRRJ. No repositório criado tem mapas tridimensionais da Floresta Nacional Mário Xavier; dos 3 maciços costeiros do Rio de Janeiro (Gericinó-Mendanha, Pedra Branca e Tijuca), onde se encontram muitas Unidades de Conservação; do município e do Estado do Rio de Janeiro, bem como de todos os outros municípios da Região Metropolitana, e de diversas formas de relevo que podem ser encontradas no mundo.

Palavras-chave: Impressão 3D; Ensino de Geografia; Tecnologia; Geomorfologia

Abstract

In an increasingly technological world, it is important to ensure that these technologies are allied with education, and for this to occur productively, it is important that children and young people are familiar with and learn to use these technologies from the ground up. Many schools are adopting classes focused on these technologies in their curricula, and some public schools even receive kits with some of this technological equipment. With this in mind, this work aims to build tools that facilitate the understanding of the landscape and its forming elements through the construction of three-dimensional models using 3D printing. The possibility of using three-dimensional models in geography teaching offers a tangible and interactive visualization of complex concepts that previously could only be seen through texts or two-dimensional maps. The purpose of this research is to provide a different perspective for viewing and analyzing the landscapes around us, as well as to build a database with the models constructed so that they can serve as a pedagogical resource and/or analysis tool for anyone who wants to access them. In this sense, free software such as QGIS and 3D Builder were used to create geomorphological models, mainly of areas related to the Western Metropolitan Region, where UFRRJ is located. The repository created contains three-dimensional maps of the Mario Xavier National Forest; the three coastal massifs of Rio de Janeiro (Gericinó-Mendanha, Pedra Branca, and Tijuca), where many Conservation Units are located; the municipality and state of Rio de Janeiro, as well as all other municipalities in the Metropolitan Region, and various landforms that can be found around the world.

Keywords: 3D printing; Geography teaching; Technology; Geomorphology

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Objetivo Geral.....	13
1.2. Objetivos Específicos.....	13
1.3. Justificativa.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1. Representação da Paisagem.....	15
2.2. Ensino de Geomorfologia.....	17
2.3. Geotecnologias, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.....	18
2.3.1. Geotecnologias aplicadas ao ensino.....	19
2.4. Impressão 3D aplicada à Geografia.....	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
3.1. Aquisição de dados.....	24
3.2. Construção do modelo tridimensional.....	24
3.3. Configuração da impressora e impressão do modelo.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
5. CONCLUSÃO.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Edifício da Starbucks impresso em 3D em Brownsville, Texas.....	11
Figura 2: SARndbox utilizada em atividade com alunos da UFF/Angra dos Reis em visita ao LiGA/UFRRJ.....	20
Figura 3: Maquete topográfica em impressão 3D do Pão de Açúcar (RJ).....	22
Figura 4: Modelo 3D da bacia hidrográfica do rio Lageado Grande impresso e pintado.....	22
Figura 5: Fluxograma metodológico.....	23
Figura 6: Interface do complemento DEMto3D.....	25
Figura 7: Variação de complexidade de modelos 3D de acordo com a quantidade de triângulos.....	26
Figura 8: Mapa tridimensional do Oeste Metropolitano construído no software Microsoft 3D Builder.....	26
Figura 9: Exemplo de um arquivo GCODE.....	27
Figura 10: Interface do software fatiador Ultimaker Cura na versão 5.8.....	29
Figura 11: Etapas da impressão 3D.....	29
Figura 12: Impressora 3D Creality CR-10 V2.....	30
Figura 13: Impressão 3D FDM.....	30
Figura 14: site do Grupo de Pesquisa de Cartografia e Modelagem de Dados Ambientais, vinculado ao LiGA-UFRRJ.....	32
Figura 15: Mapa 3D da Bacia do Rio Guandu (Região Hidrográfica II).....	33
Figura 16: Mapa 3D do Maciço do Gericinó-Mendanha.....	34
Figura 17: Modelos tridimensionais de formas de relevo.....	35

SIGLAS E ABREVIATURAS

SIG - Sistema de Informação Geográfica

QGIS - Quantum GIS

MDE - Modelo Digital de Elevação

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

3D - Três dimensões

STL - Standard Triangle Language

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INEA - Instituto Estadual do Ambiente

NASA - National Aeronautics and Space Administration

GeoTIFF - Geographic Tagged Image File Format

FDM - Fused Deposition Modeling

LiGA - Laboratório Integrado de Geografia Física Aplicada

1. INTRODUÇÃO

A impressão 3D já ultrapassa o âmbito do protótipo ou hobby, sendo aplicada de forma concreta em diversos setores da sociedade. No campo da saúde, por exemplo, próteses e órteses fabricadas por impressão 3D oferecem ajustes personalizados, menor custo e melhor recuperação para pacientes amputados (PELCZARSKI, 2025). No setor aeroespacial, a empresa Rocket Lab utilizou componentes produzidos integralmente por impressão 3D para o motor do foguete Rutherford, demonstrando que a manufatura aditiva permite fabricar peças complexas em menor tempo e com maior eficiência produtiva. Na construção civil, a cadeia de café Starbucks inaugurou nos EUA a sua primeira loja “drive-thru” construída via impressão 3D de concreto (Figura 1), evidenciando uma solução construtiva inovadora para redução de custos e tempo de execução (STENGLE, 2025). Por fim, no âmbito educacional, a integração da modelagem e impressão 3D no preparo de professores promove maior engajamento, aprendizagem mais prática e desenvolvimento de competências para utilização dessa tecnologia em sala de aula (TEJERA, 2025).

Figura 1: Edifício da Starbucks impresso em 3D em Brownsville, Texas.



Fonte: AP Photo/Michael Gonzalez (2025)

No ensino de Geografia, as geotecnologias assumem papel crescente ao favorecer o desenvolvimento de competências espaciais e críticas. O uso de mapas digitais, softwares de SIG, imagens de satélite e plataformas como o Google Earth facilitam o processo de aprendizagem, tornando o estudo do espaço mais interativo e concreto. Ao permitir que o aluno manipule dados reais e visualize transformações ambientais ou urbanas, as geotecnologias estimulam a leitura crítica da paisagem e a compreensão da relação sociedade-natureza. Dessa forma, essas ferramentas fortalecem o vínculo entre teoria e prática, tornando o ensino da Geografia mais contextualizado e significativo (ROSA, 2005). Na prática profissional, contribuem para a atuação de geógrafos em diversas áreas, como planejamento urbano, agricultura de precisão, gestão ambiental, análise de riscos e elaboração de políticas públicas.

Em síntese, as geotecnologias representam uma verdadeira revolução metodológica para a Geografia, tanto no campo científico quanto no educacional, pois ampliam as formas de observar, representar e compreender o espaço geográfico. Ao integrar tecnologia e conhecimento crítico, elas fortalecem a capacidade da Geografia de interpretar as paisagens e contribuir para uma atuação socialmente responsável e ambientalmente sustentável.

Tendo isso em mente, a produção de materiais didáticos, como as maquetes, constitui um importante recurso de apoio ao professor na organização de atividades voltadas ao ensino da paisagem e do relevo, promovendo maior interação e estímulo ao pensamento crítico dos alunos durante as aulas, de maneira dinâmica e participativa (BOTELHO, 2005). Em articulação com a Cartografia, as maquetes constituem instrumentos didáticos fundamentais para a representação e compreensão do relevo, objeto central de estudo da Geomorfologia. Por meio delas, é possível visualizar e interpretar as diferentes formas presentes na superfície terrestre, como planaltos, planícies, depressões e montanhas e etc.

A impressão 3D tem se destacado como uma potente ferramenta para a produção dessas maquetes e modelos tridimensionais aplicados ao ensino da Geografia Física. Essa tecnologia permite materializar dados cartográficos e altimétricos, originados de Modelos Digitais de Elevação (MDE), em representações físicas do relevo. Todavia, a integração dessas tecnologias ainda enfrenta desafios significativos, especialmente no que diz respeito à formação e capacitação dos professores para o uso dessas tecnologias e integração dos conteúdos disciplinares com as tecnologias disponíveis.

Durante o desenvolvimento deste texto serão abordados conceitos fundamentais como a representação da paisagem, que explora a relação homem-natureza e como a representação de relevos de forma tridimensional pode contribuir no aprendizado, e a importância da Geomorfologia para entender as dinâmicas do relevo. Além disso, será abordado também sobre as geotecnologias, dando destaque de como essas ferramentas podem enriquecer o ensino de Geografia, proporcionando uma abordagem mais interativa e contextualizada, incluindo o uso de impressão 3D em sala de aula. Já a metodologia, consiste basicamente na prototipagem de modelos tridimensionais, utilizando dados de sensoriamento remoto para criar representações físicas do relevo. Tendo como objetivo facilitar a compreensão dos elementos formadores da paisagem, identificar as potencialidades e limitações da aplicação da impressão 3D no ensino.

1.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é a prototipagem de diferentes formas de relevo a partir de dados de sensoriamento remoto (Modelos Digitais de Elevação - SRTM), servindo como um recurso didático para ser utilizado no ensino de Geografia.

1.2. Objetivos Específicos

- Buscar facilitar a compreensão da paisagem e de seus elementos formadores através da prototipagem de modelos 3D;
- Observar potencialidades e limitações da construção e aplicação de modelos tridimensionais no ensino de Geografia;
- Disseminar a metodologia aplicada e os resultados através do presente trabalho e de um repositório online (site <https://ligacart.ufrj.br/impressao-3d/>).

1.3. Justificativa

A utilização de recursos tecnológicos tornou-se uma realidade nas instituições de ensino públicas e privadas, tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior. Ferramentas como impressão 3D, corte a laser, realidade virtual, robótica, linguagens de programação e a

própria cartografia digital vêm sendo gradualmente incorporadas às práticas pedagógicas, ampliando as possibilidades de ensino e aprendizagem. A elaboração de maquetes tridimensionais tem como objetivo tornar o reconhecimento da paisagem mais acessível e intuitivo para qualquer indivíduo. Esses modelos podem ser utilizados como instrumentos de orientação, localização e interpretação de diferentes formas de relevo, bacias hidrográficas e outras diversas temáticas socioambientais, contribuindo de maneira significativa para o aprofundamento do conhecimento geográfico.

O presente trabalho pode contribuir para um ensino mais dinâmico, tendo em vista o contexto atual da educação, pois busca integrar tecnologias inovadoras, como a impressão 3D, ao ensino de Geografia, em um momento em que as escolas estão cada vez mais equipadas com kits de robótica. O aproveitamento eficaz desses kits não se limita apenas à sua aquisição, mas está diretamente relacionado à formação adequada para os educadores, por meio de cursos de capacitação que os preparem para implementar essas ferramentas de maneira pedagógica e eficaz em sala de aula.

A criação de um repositório online, onde modelos tridimensionais da paisagem são disponibilizados para impressão, representa uma estratégia fundamental para potencializar esse processo. Esse site não apenas facilita o acesso a novos recursos didáticos, mas também oferece aos professores de Geografia a oportunidade de utilizar esses modelos como instrumentos concretos e visuais para ilustrar conceitos complexos, como relevo e bacias hidrográficas. Ao disponibilizar esses materiais de forma acessível, o trabalho contribui para a construção de um ambiente de aprendizagem mais interativo e significativo. Além disso, a utilização de modelos tridimensionais pode estimular o interesse dos alunos, promovendo uma compreensão mais profunda das dinâmicas espaciais e das interações entre sociedade e natureza. Dessa forma, o trabalho se alinha às demandas contemporâneas da educação, favorecendo uma abordagem mais dinâmica e conectada, que não só beneficia os professores, mas também enriquece a experiência de aprendizagem dos estudantes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico deste trabalho busca fundamentar a discussão acerca das abordagens contemporâneas no ensino e na representação do espaço geográfico. Para isso, estrutura-se em quatro eixos principais: a Representação da Paisagem, que discute os conceitos de paisagem e suas formas de leitura e interpretação por diferentes autores; o Ensino de Geomorfologia, abordando sua relevância na compreensão das dinâmicas naturais e humanas do relevo e como se faz necessária uma constante atualização na didática aplicada no ensino desses conceitos; as Geotecnologias, o Geoprocessamento e o Sensoriamento Remoto, que exploram o uso de ferramentas tecnológicas na análise e representação espacial e como essas ferramentas podem impactar o desenvolvimento e a aplicação de pesquisas; e, por fim, a Impressão 3D aplicada à Geografia, destacando seu potencial inovador para a materialização e visualização de formas de relevo e paisagens, contribuindo para um aprendizado mais interativo e significativo.

2.1. Representação da Paisagem

Alexander Von Humboldt foi o primeiro teórico a se apropriar do termo “paisagem” como um conceito geográfico. Humboldt (2005) definiu paisagem como o conjunto integrado e interdependente de fenômenos naturais observáveis num lugar. Para ele, a paisagem é o resultado visível da ação combinada das forças da natureza em um espaço definido. Milton Santos (2012), por sua vez, definiu a paisagem como a face visível do espaço geográfico, sendo a paisagem intrínseca aos processos sociais que a produz. Ou seja, a paisagem é a materialização da relação entre o homem e a natureza, sendo ela um conjunto de elementos físicos, biológicos e humanos. Além desses, diversos outros autores discutiram sobre a definição de paisagem, sendo esse um conceito amplamente abordado na geografia.

A Geografia é responsável pela análise das relações homem-meio, por isso é importante observar a paisagem não só como “a face visível do espaço geográfico”, mas também buscar compreender como a interação do ser humano com a natureza molda e transforma tais espaços. A leitura da paisagem permite, assim, interpretar como diferentes sociedades organizaram o espaço, adaptaram-se ou impuseram mudanças ao meio, revelando dinâmicas históricas, culturais e ambientais.

Nesse sentido, a representação de diversas paisagens através de mapas, modelos digitais, croquis, maquetes ou imagens desempenham um papel essencial na Geografia. Elas são ferramentas capazes de traduzir a complexidade do espaço em formas inteligíveis, facilitando a interpretação de conceitos, padrões espaciais, e o planejamento territorial.

A cartografia é uma ciência capaz de espacializar e transformar dados de fenômenos de ordem física ou social em informação cartográfica. Ou seja, ela permite que tais dados sejam generalizados e apresentados em representações planas ou tridimensionais. Isso permite uma visão prática e facilita a assimilação da ocorrência de tais fenômenos. Além disso, as representações cartográficas podem orientar educadores no processo de ensino da Geografia no âmbito escolar (MENEZES & FERNANDES, 2013).

No estudo da paisagem, a cartografia desempenha um papel particularmente importante porque possibilita representar, comparar e interpretar as formas visíveis e os elementos que compõem o espaço geográfico. Representações cartográficas, sejam mapas analógicos tradicionais ou digitais (feitos através de ferramentas SIG), são essenciais para transformar dados técnicos em informações para pesquisadores, gestores e para a comunidade.

As maquetes topográficas são outra forma de disseminar o conhecimento cartográfico da paisagem, visto que essas têm como objetivo facilitar a compreensão da representação espacial presente nos mapas, muitas vezes, vista como de difícil compreensão para a descrição de algumas variáveis sociais e ambientais. A maquete é um modelo tridimensional de espaço; trata-se de um laboratório geográfico, onde as interações sociais do usuário, no seu dia a dia, são passíveis de serem percebidas, quase que na sua totalidade (xGIOVANNI, 2000).

A observação do relevo em uma perspectiva tridimensional possibilita a construção de novos conhecimentos. Essa abordagem permite compreender, por exemplo, a gênese de determinados compartimentos ao comparar uma maquete com um mapa geológico, ou ainda analisar diferentes formas de ocupação humana que, mesmo quando não são diretamente determinadas, sofrem influência da topografia (SIMIELLI et al., 2007). Dessa forma, podemos afirmar que esses conhecimentos são construídos a partir da elaboração e análise da maquete de relevo.

2.2. Ensino de Geomorfologia

O território brasileiro apresenta uma grande variedade geomorfológica, resultado da combinação entre sua extensa área continental, a diversidade climática e a complexa história geológica. Essa diversidade reflete-se nas diferentes formas de relevo que compõem o país, distribuídas entre planaltos, planícies e depressões. O relevo brasileiro é predominantemente formado por planaltos antigos e desgastados, modelados pela ação do intemperismo e da erosão ao longo de milhões de anos (ROSS, 1996). Essa variedade de formas e estruturas revela a complexidade do relevo brasileiro, que desempenha papel fundamental na organização do espaço geográfico, influenciando o clima, a vegetação, os solos e as atividades humanas em cada região do país.

A Geomorfologia, enquanto ramo da Geografia Física, surge da necessidade de compreender a evolução do relevo por meio da interpretação das paisagens que compõem o relevo terrestre. Os estudos geomorfológicos têm como objeto central as formas de relevo, buscando identificar, descrever e explicar os processos que as originam e transformam ao longo do tempo. Para alcançar um conhecimento pleno sobre o que são e o que representam as diferentes formas de relevo, em variadas escalas espaciais e temporais, é necessário compreender e explicar como essas formas surgem e evoluem (MARQUES, 2007).

A geomorfologia, dentre os estudos abióticos e, especialmente, no campo das feições morfológicas da paisagem, desempenha um papel fundamental para o entendimento das dinâmicas naturais e humanas do espaço geográfico. No ensino de Geografia Física, o estudo geomorfológico não se restringe à análise das formas físicas do ambiente, mas envolve também a troca de conhecimentos sobre as relações sociais, políticas e culturais que influenciam e são influenciadas pela paisagem. Dessa forma, o ensino da geomorfologia contribui para uma visão integrada das geociências, superando a fragmentação entre natureza e sociedade.

A aplicação de metodologias ativas de ensino da Geografia Física em espaços diversos, como escolas, unidades de conservação e comunidades locais, é essencial para promover uma convivência mais harmônica entre a população e o espaço geográfico, seja ele urbano ou rural. Nesse processo, o exercício da curiosidade torna-se elemento central do aprendizado, pois convoca a imaginação, a intuição, as emoções e a capacidade de

conjecturar, possibilitando ao estudante compreender criticamente o objeto de estudo e descobrir sua razão de ser (FREIRE, 2011).

Nessa perspectiva, a busca por atualizações dos conteúdos e por metodologias de ensino inovadoras favorece o desenvolvimento do conhecimento e a compreensão da morfologia da paisagem (NETO, 2014), tornando o aprendizado da geomorfologia mais dinâmico, reflexivo e conectado à realidade contemporânea.

2.3. Geotecnologias, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto

As geotecnologias são as novas tecnologias ligadas às geociências. Sua aplicabilidade traz diversos benefícios para os seus usuários, no desenvolvimento de pesquisas, planejamentos e tantos outros aspectos com foco espacial (FITZ, 2005). As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e peopleware que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões (ROSA, 2005). Dentre as geotecnologias podemos destacar: Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global (GPS) e a Topografia. As geotecnologias constituem instrumentos fundamentais para o planejamento e a gestão territorial, pois fornecem subsídios técnicos e científicos para a análise e a tomada de decisões. Assim, as geotecnologias tornam-se indispensáveis à Geografia contemporânea, pois unem conhecimento técnico, científico e visual para compreender as dinâmicas territoriais e as mudanças nas paisagens.

Com a evolução da tecnologia de geoprocessamento e de softwares gráficos vários termos surgiram para as várias especialidades. O nome Sistemas de Informação Geográfica (ou Geographic Information System - GIS) é muito utilizado e em muitos casos é confundido com geoprocessamento. O geoprocessamento é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto um SIG ou GIS processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies (BURROUGH, 1987). Quando falamos em geoprocessamento, estamos nos referindo a informações temáticas relacionadas à superfície terrestre, através de um sistema de coordenadas, que pode ser o Geográfico e/ou o UTM.

O sensoriamento remoto pode ser definido, de uma maneira ampla, como sendo a forma de obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com ele. As informações são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética refletida e/ou emitida pelos alvos, geradas por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais como, por exemplo, o Radar (NOVO, 1988; MOREIRA, 2003; ROSA, 1993). O sensoriamento pode ser orbital, neste caso, informações obtidas por satélite ou sub-orbital quando as informações são obtidas por aeronaves.

A partir do sensoriamento remoto, é possível se obter Modelos Digitais de Elevação (MDE). Os Modelos Digitais de Elevação, também conhecidos pela sigla em inglês DEM – Digital Elevation Model, são representações digitais da superfície terrestre em formato tridimensional, obtidas a partir de dados altimétricos. Em síntese, um MDE descreve o relevo do terreno por meio de valores numéricos em pixels que indicam a elevação de cada ponto em relação ao nível do mar.

Dessa forma, torna-se importante destacar uma das principais iniciativas responsáveis por sua ampla difusão: a Missão SRTM. A missão Shuttle Radar Topography Mission - SRTM (FARR et al., 2007) foi realizada em conjunto pela agência espacial norte-americana (NASA), a National Geospatial-Intelligence Agency (NGA), o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) e as agências espaciais alemã (Deustches Zentrum für Luft- und Raumfahrt - DLG) e italiana (Agenzia Spaziale Italiana - ASI) em fevereiro de 2000, para mapear o relevo da área continental da Terra com interferometria de radar de abertura sintética (InSAR), entre 60° de latitude norte e 54° de latitude sul, o que corresponde à aproximadamente 80% das áreas emersas do planeta.

2.3.1. Geotecnologias aplicadas ao ensino

Geotecnologias como o sistemas de informações geográficas (SIG), sensoriamento remoto, geoprocessamento e o uso de imagens de satélite, permitem uma análise qualitativa e quantitativa dos dados espaciais. Essas tecnologias têm se consolidado como ferramentas fundamentais no ensino de Geografia, possibilitando uma abordagem mais dinâmica, interativa e contextualizada do espaço geográfico.

Em ambientes escolares, o uso de geotecnologias permite aos estudantes compreender as dinâmicas do espaço ao seu redor, observando transformações ambientais e sociais que não

são sempre abordadas pelos livros tradicionais. Por exemplo, o Google Earth é utilizado por professores para que os alunos visualizem mudanças no entorno da escola e no ambiente urbano, aproximando o aprendizado da realidade vivida pelos estudantes e estimulando a análise e formulação de hipóteses com base em dados concretos (MONTEIRO, 2024)

Projetos educacionais que integram geotecnologias no ensino de Geografia apresentam resultados positivos tanto no ensino fundamental quanto no médio, facilitando a compreensão de conceitos como lugar, paisagem e dinâmica ambiental, além de estimular a criatividade e o pensamento crítico dos estudantes. O uso dessas tecnologias modernas aproxima os alunos das temáticas ambientais e sociais contemporâneas, ampliando suas perspectivas e sua capacidade analítica (SOUSA; JORDÃO, 2023).

Outra ferramenta que auxilia no processo de aprendizagem é a SARndbox (Figura 2), ela representa uma inovadora aplicação das geotecnologias no ensino de Geografia, ao combinar realidade aumentada com modelagem topográfica interativa em uma caixa de areia. Esse recurso permite que a superfície moldada seja digitalizada em tempo real, projetando cores e curvas de nível que simulam o relevo e suas variações (FERREIRA et. al., 2023). Dessa forma, a SARndbox torna-se uma ferramenta didática eficaz tanto para o ensino de cartografia quanto de geomorfologia, possibilitando uma aprendizagem dinâmica, visual e prática, que estimula a compreensão dos fenômenos espaciais e a interação direta dos alunos com o conteúdo geográfico.

Assim, como as geotecnologias não apenas modernizam o ensino, mas também promovem uma aprendizagem significativa e contextualizada, essencial para a formação de cidadãos críticos e conscientes do espaço em que vivem.

Figura 2: SARndbox utilizada em atividade com alunos da UFF/Angra dos Reis em visita ao LiGA/UFRRJ.



Fonte: Acervo pessoal

2.4. Impressão 3D aplicada à Geografia

O uso da tecnologia para fins didáticos tem sido cada vez mais frequente como metodologias ativas em escolas e espaços educacionais, isso porque a revolução tecnológica acompanhada do surgimento da internet sem fio, proporciona maior facilidade de acesso, por todas as camadas da sociedade, por todos os lugares e espaços geográficos.

Na prática pedagógica, observa-se que o professor de Geografia tem como propósito principal promover o aprendizado da ciência geográfica, estimulando no aluno o interesse em compreender e interpretar o espaço vivido, bem como as relações sociais e naturais que caracterizam o planeta. O grande desafio desse educador é tornar visíveis os processos de ordem global e regional, evidenciando as interferências humanas no ambiente. Nesse contexto, o uso das geotecnologias torna-se um importante recurso didático, pois, por meio de representações simbólicas, é possível ilustrar e analisar diversos fenômenos geográficos. Afinal, é inviável conhecer diretamente todos os espaços terrestres e seus mecanismos de funcionamento, o que reforça a importância das ferramentas tecnológicas na mediação do ensino geográfico (CORRÊA et al., 2010).

Exemplificando, Gonçalves et. al. (2019), utilizou um modelo do Pão de Açúcar impresso em 3D (Figura 3) para demonstrar como tal ferramenta pode auxiliar o ensino da Cartografia na prática de construção das curvas de nível, demonstrando a representação do relevo em duas dimensões em uma folha de papel e comparando com o modelo tridimensional.

Ainda, Hayakawa defende que uma bacia hidrográfica impressa em 3D (Figura 4) constitui um recurso didático que pode favorecer significativamente a aprendizagem de conceitos fundamentais da Geografia Física, visto que essa exige uma boa abstração espacial e compreensão das formas do relevo para o entendimento dos fenômenos geográficos. Por meio desse tipo de modelo tridimensional, torna-se possível analisar e discutir aspectos como a área de drenagem, a declividade do terreno, a hierarquia e a organização da rede hidrográfica, entre outras variáveis geomorfológicas e hidrológicas que contribuem para o estudo integrado da paisagem.

Logo, a impressão 3D configura-se como uma importante aliada da Geografia por possibilitar a materialização de elementos do espaço geográfico de forma concreta e acessível. Ao transformar dados digitais em modelos físicos tridimensionais, essa tecnologia

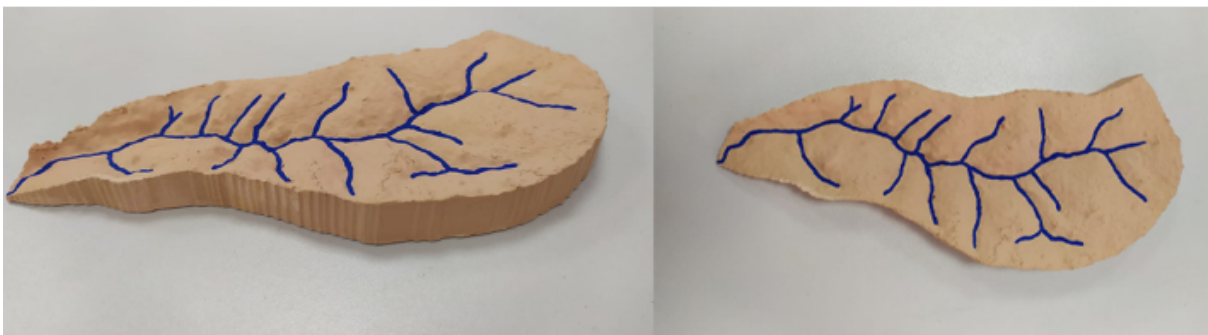
aproxima teoria e prática, facilitando a compreensão de formas de relevo, bacias hidrográficas e demais fenômenos naturais.

Figura 3: Maquete topográfica em impressão 3D do Pão de Açúcar (RJ).



Fonte: Gonçalves et al (2019)

Figura 4: Modelo 3D da bacia hidrográfica do rio Lageado Grande impresso e pintado.

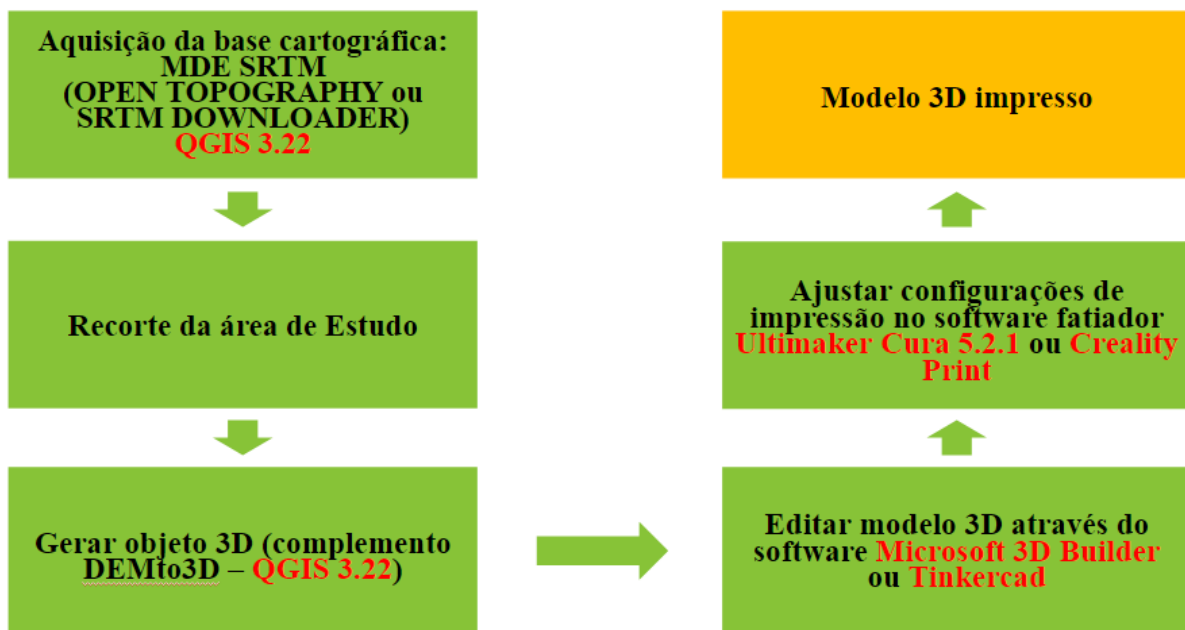


Fonte: Hayakawa et al (2024)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de construção de um modelo tridimensional passa por algumas etapas, como pode ser visto no fluxograma (Figura 5). Em síntese, a metodologia aplicada para a construção e impressão desses modelos pode ser dividida em 3 partes: Recorte da área desejada e aquisição de dados, Construção do modelo, e Configuração da impressora.

Figura 5: Fluxograma metodológico



Os materiais utilizados para desenvolver os modelos 3D impressos foram: impressora 3D Creality, modelo CR10 v2, filamento PLA (Poliácido Láctico), software livre de Sistema de Informação Geográfica QGIS, software Microsoft 3D Builder e Modelos Digitais de Elevação (MDE) proveniente da SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução espacial de 30 e 90 metros, obtidos da Earth Explorer - <https://earthexplorer.usgs.gov/> ou através de complementos dentro do QGIS. A fim de facilitar o acesso e para que qualquer pessoa que queira, possa replicar os modelos produzidos durante o desenvolvimento deste trabalho, foram escolhidos apenas softwares gratuitos para a construção e impressão dos modelos.

3.1. Aquisição de dados

O primeiro passo da metodologia é definir a área a ser representada. Tendo definido, é preciso obter os dados cartográficos do local. Esses dados podem ser adquiridos através de diversas fontes, como o INEA/RJ, IBGE, DATA.RIO, NASA, entre outros. Para a construção de modelos 3D, é necessário a construção de um Modelo Digital de Elevação (MDE), que pode ser gerado através de uma base cartográfica ou adquirido através de imagens SRTM de 30m ou 90m de resolução.

Shuttle Radar Topography Mission - NASA (SRTM) foi uma missão espacial da NASA realizada em fevereiro de 2000, responsável por coletar dados topográficos de toda a superfície terrestre para a criação de MDE. Para a aquisição dos MDE's utilizados neste trabalho, foram utilizados 2 complementos dentro do software "QGIS 3.22": "OpenTopography DEM Downloader" e "SRTM Downloader", sendo o OpenTopography o mais recomendado.

Durante o processo de aquisição da base cartográfica e do MDE, apenas são trabalhados arquivos bidimensionais. Para o recorte da área são utilizados arquivos vetoriais e o MDE é um arquivo raster. Os arquivos vetoriais utilizam pontos, linhas e polígonos como forma de representação gráfica, por sua vez, os arquivos raster são representados através de uma imagem digital formada por uma grade de pixels, onde cada pixel é formado por uma cor e numeração específica.

3.2. Construção do modelo tridimensional

Para a construção e impressão de uma maquete ou mapa 3D em uma impressora, é necessário transformar esses arquivos bidimensionais em um objeto 3D. Ainda no QGIS, foi utilizado o complemento "DEMto3D" para transformar um arquivo raster (.GeoTIFF) em um arquivo .STL e assim criar um objeto 3D, estabelecendo alguns parâmetros como exagero vertical, largura, comprimento, entre outros; como é possível observar na Figura 6.

O arquivo .STL pode ser compreendido como a representação de um objeto 3D por meio de uma malha geométrica. Em termos práticos, esse formato fragmenta o modelo 3D em pequenas seções, as fatias de impressão, que orientam o funcionamento da impressora 3D.

A malha triangular utilizada na geração do arquivo permite descrever com precisão a forma e os contornos do objeto, tornando o modelo ideal para processos de prototipagem tridimensional. Quanto mais complexo o objeto, mais triângulos são utilizados e maior a resolução (Figura 7).

A criação de um arquivo STL consiste em converter sua casca externa em uma infinidade de triângulos para tornar o arquivo possível de ser impresso. A escolha dos triângulos se dá pelo fato de ser a figura geométrica mais próxima de um vetor. O triângulo possui intensidade, direção e sentido, propriedades fundamentais para a impressão 3D (PORTELA, 2019). O .STL é o formato mais recomendado para impressão 3D por ser um arquivo universal, ou seja, todos os softwares de impressoras conseguem lê-lo.

Figura 6: Interface do complemento DEMto3D

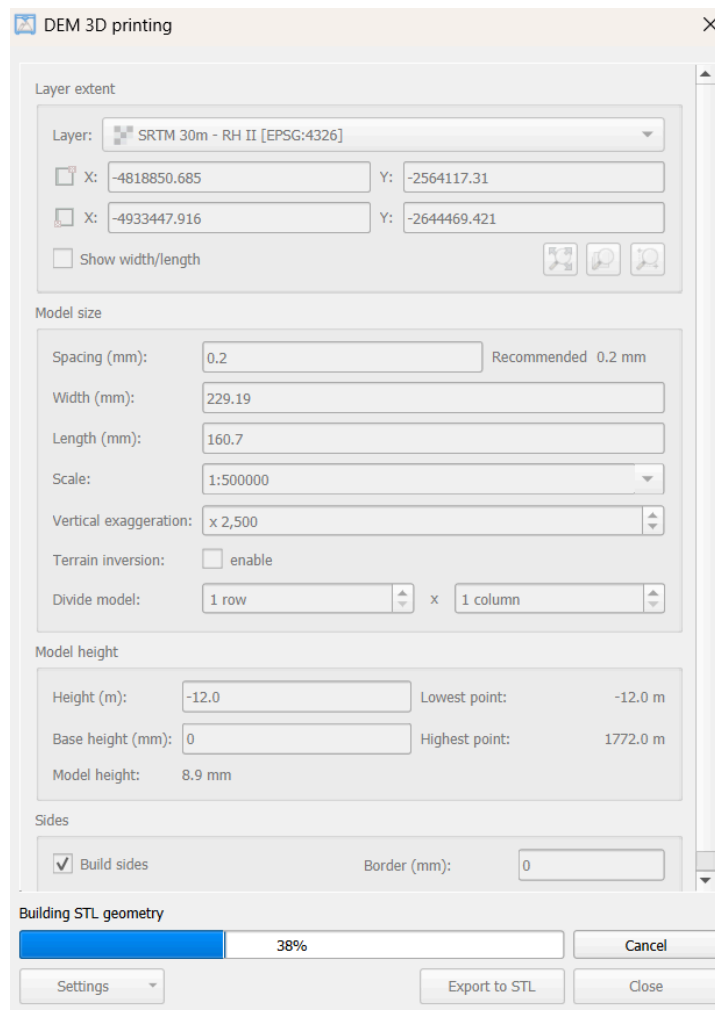
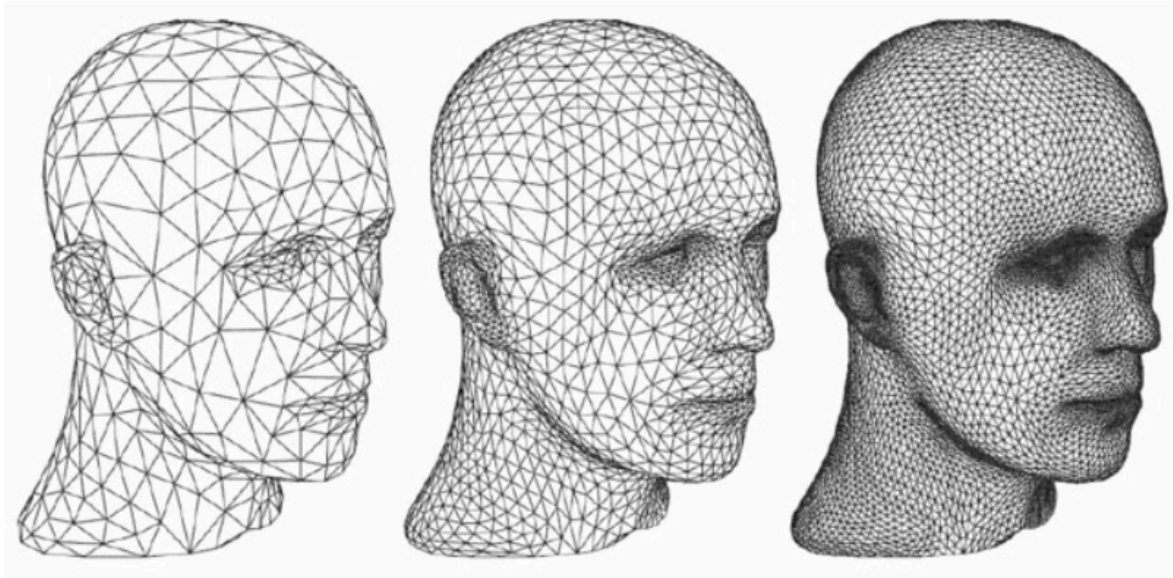


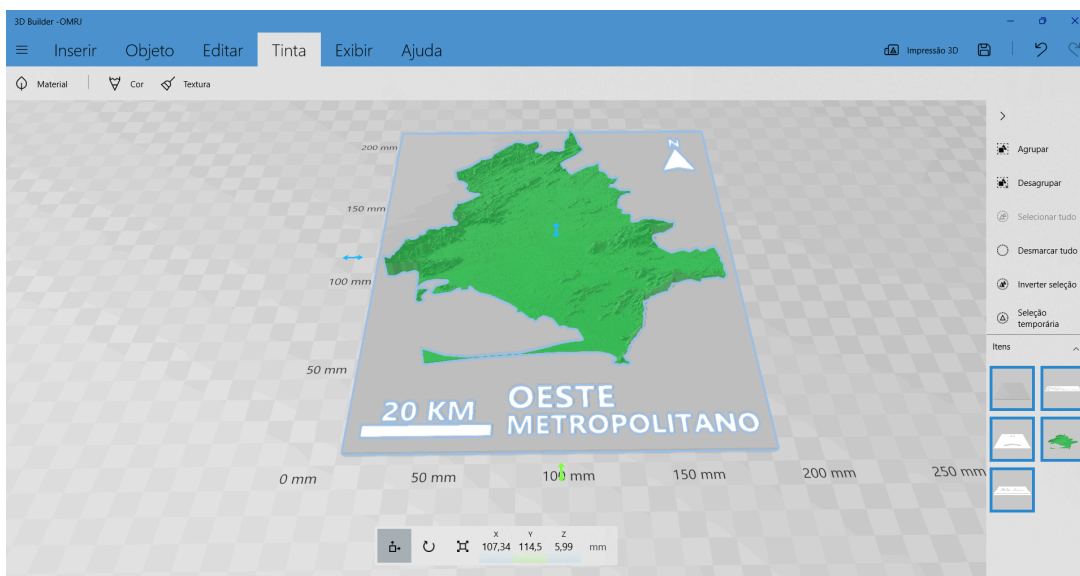
Figura 7: Variação de complexidade de modelos 3D de acordo com a quantidade de triângulos.



Fonte: Portela (2019)

Tendo o objeto 3D, foram utilizados os softwares gratuitos “3D Builder 20.0.4.0” e “TinkerCad” para a edição dos modelos e construção dos mapas. Dentro deles, é onde se transforma o modelo tridimensional em um mapa, adicionando seta norte, escala, título, base para o modelo, e qualquer outra edição necessária para chegar ao modelo final (Figura 8).

Figura 8: Mapa tridimensional do Oeste Metropolitano construído no software Microsoft 3D Builder



3.3. Configuração da impressora e impressão do modelo

Um arquivo .STL não pode ser usado diretamente para a impressão de um objeto 3D porque ele não contém todas as informações necessárias para o processo de impressão. Esse formato apenas define a geometria do objeto, ou seja, sua forma e estrutura superficial. Por isso, antes da impressão, o arquivo .STL precisa ser processado por um software de fatiamento, que converte o modelo em instruções específicas no formato .GCODE). O arquivo .GCODE contém o conjunto de comandos que a impressora 3D interpreta para reproduzir fisicamente o objeto camada por camada, com base nas configurações definidas pelo usuário.

O .GCODE é um arquivo de texto simples onde cada linha contém um comando específico (Figura 9), como por exemplo: temperatura do bico da impressora, temperatura da mesa de impressão, velocidade de impressão, fluxo de filamento, espessura das camadas, entre outras instruções necessárias para a impressão de um protótipo.

Figura 9: Exemplo de um arquivo GCODE.

```
G0 X10 Y5      ; Rapid move to position X=10, Y=5
G1 Z2 F500     ; Linear move to Z=2 at feed rate of 500 units/minute
M3 S1000      ; Start spindle at 1000 RPM
G2 X20 Y10 I2 J0 ; Clockwise circular interpolation
G0 Z5         ; Rapid move to Z=5
M5           ; Stop spindle
```

Fonte: Fileformat

Como citado anteriormente, o software responsável por transformar um arquivo .STL em formato .GCODE é chamado de “fatiador”. Um software fatiador recebe o objeto construído e o fatia em várias partes horizontais. Essas partes fatiadas são chamadas de camadas, e essas camadas são interpretadas e executadas a partir do arquivo .G-CODE. Durante o processo desse trabalho foram utilizados os fatiadores “Creality Print 5.1” (Figura 10) e o “Ultimaker Cura 5.8”. Em síntese, o processo de impressão 3D até que se tenha um objeto físico pode ser dividido em 4 etapas: a construção de um modelo virtual; o fatiamento

e as configurações de impressão do modelo; a impressão do modelo; e finalmente o modelo tridimensional impresso (Figura 11).

A primeira etapa consiste na criação do modelo digital em softwares de modelagem tridimensional, como Tinkercad, Blender, Fusion 360, ou nesse caso, o 3D Builder, nos quais o objeto é projetado virtualmente em formato .STL. Essa fase é fundamental, pois define a forma, as dimensões e os detalhes estruturais da peça que será impressa.

Em seguida, ocorre o fatiamento, no qual o arquivo digital é processado por um software específico, como Ultimaker Cura, que converte o modelo em camadas horizontais sucessivas e gera o arquivo de código (.GCODE). Esse arquivo contém as instruções que orientam o funcionamento da impressora 3D, especificando parâmetros como temperatura de extrusão, velocidade de impressão, espessura das camadas, preenchimento interno e uso de suportes estruturais.

A terceira etapa refere-se ao processo de impressão propriamente dito, no qual o filamento termoplástico, nesse caso o PLA, é aquecido no bico extrusor até atingir seu ponto de fusão. O material fundido é então depositado camada por camada sobre a mesa de impressão conforme as instruções contidas no arquivo .GCODE. Essa deposição contínua dá forma ao modelo tridimensional à medida que as camadas se solidificam e se sobrepõem.

Por fim, na quarta etapa, o modelo tridimensional impresso é resfriado, removido da base de impressão e, se necessário, submetido a etapas de pós-processamento, como remoção de suportes, lixamento ou acabamento superficial.

Figura 10: Interface do software fatiador Ultimaker Cura na versão 5.8

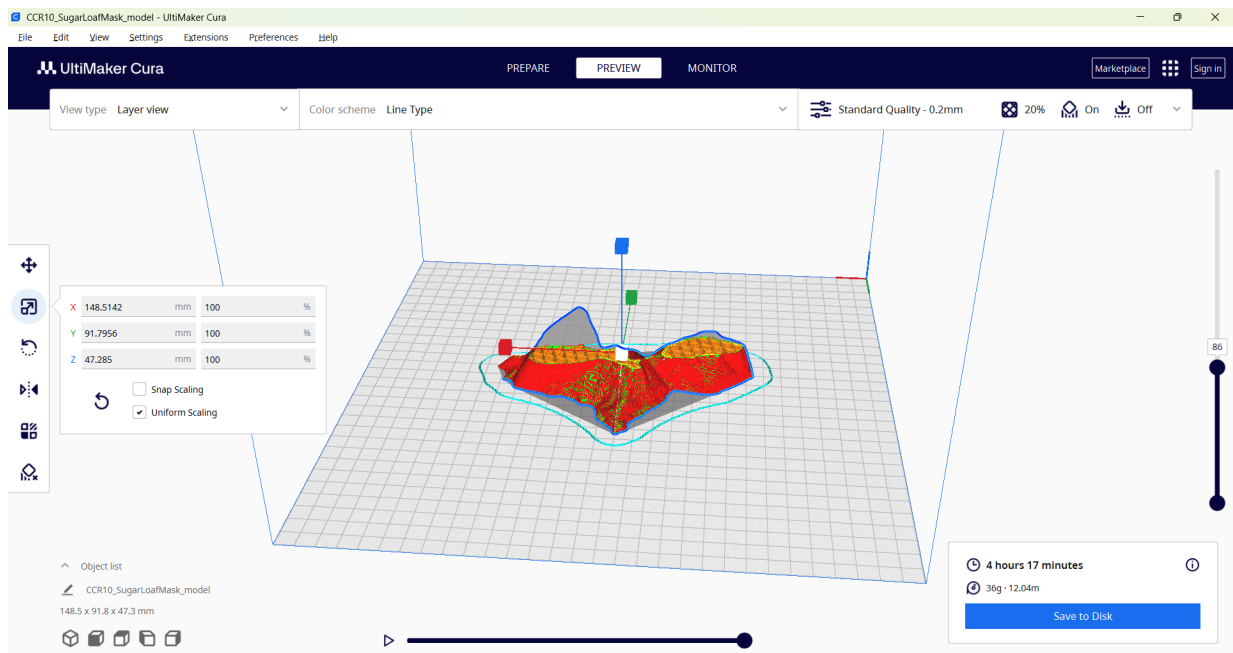
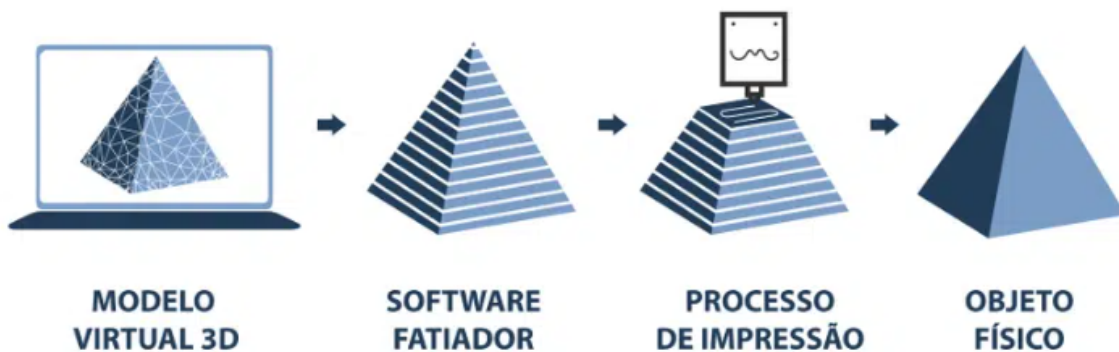


Figura 11: Etapas da impressão 3D



Para a impressão dos modelos criados foi utilizada a impressora Creality CR10 V2 (Figura 12), disponível no Laboratório Integrado de Geografia Física Aplicada (LiGA). Essa impressora possui 30mm de área de impressão em todos os seus eixos (X, Y e Z). Além disso, é uma impressora FDM (Fused Deposition Modeling), ou seja, ela funciona por meio da fusão e deposição sucessiva de filamento derretido através da extrusora aquecida em altas temperaturas, construindo o objeto camada por camada até atingir a forma tridimensional final (Figura 13).

Figura 12: Impressora 3D Creality CR-10 V2

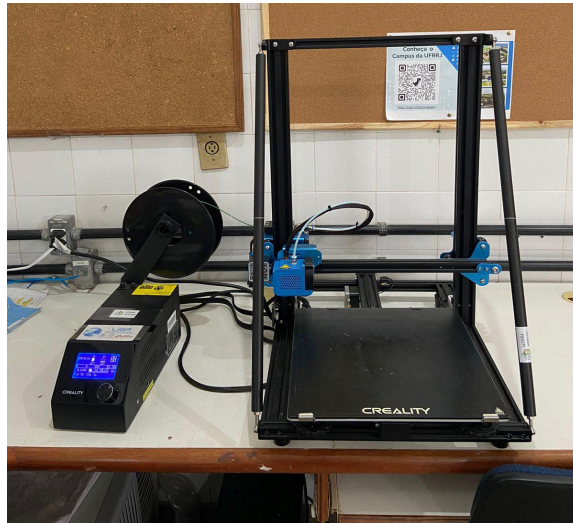
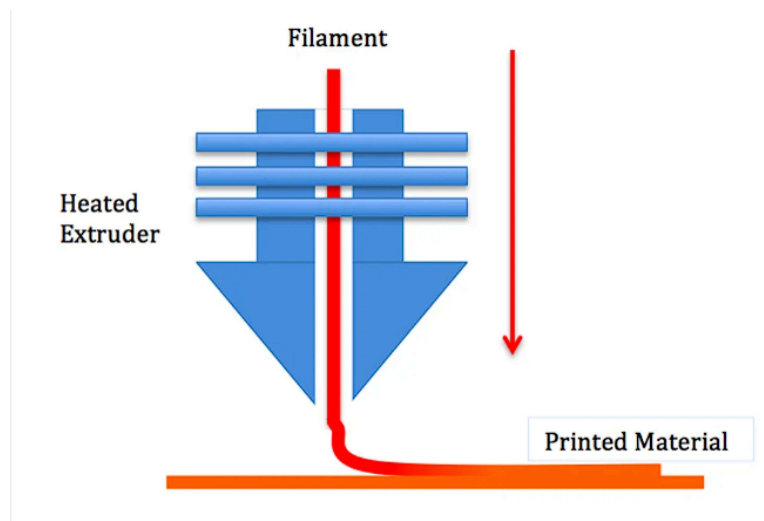


Figura 13: Impressão 3D FDM.



Fonte: Emmett Grames / All3DP

O filamento utilizado para a impressão dos modelos no presente trabalho foi o PLA. O PLA (Ácido Polilático) é um dos materiais mais utilizados na impressão 3D atualmente, especialmente em impressoras de deposição de filamento (FDM), devido à sua facilidade de uso, qualidade de acabamento e baixo impacto ambiental. Ele é um termoplástico biodegradável produzido a partir de fontes renováveis, como o amido de milho, a cana-de-açúcar ou a beterraba, o que o torna uma opção mais sustentável em comparação a plásticos derivados do petróleo, como o ABS. Para além disso, o PLA também é um

filamento de baixa temperatura de fusão, podendo ser usado em qualquer impressora 3d FDM, diferente do ABS que é recomendado apenas para impressoras fechadas por conta do seu potencial de intoxicação a longo prazo e do seu alto ponto de fusão.

Devido a essas características, o PLA é pode ser visto como um bom recurso a ser utilizado na educação e na produção de materiais didáticos, como maquetes topográficas, modelos geomorfológicos, contribuindo para um aprendizado mais interativo e sustentável no ensino de Geografia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todas as etapas deste trabalho foram pensadas de modo que qualquer pessoa que possua um computador e uma impressora 3D possa replicar ou imprimir os modelos criados. Por isso, como dito anteriormente, todos os programas utilizados são gratuitos e de livre acesso a todos. Pensando nisso, o produto final é a divulgação de todos os modelos produzidos por meio do site do Grupo de Pesquisa de Cartografia e Modelagem de Dados Ambientais (Figura 14) vinculado ao LiGA-UFRRJ (Disponível em: <https://ligacart.ufrj.br/impressao-3d/>). O objetivo é que esses modelos 3D possam servir de suporte no processo de aprendizagem de conceitos geomorfológicos, cartográficos e geológicos de maneira visual e tátil para docentes e discentes.

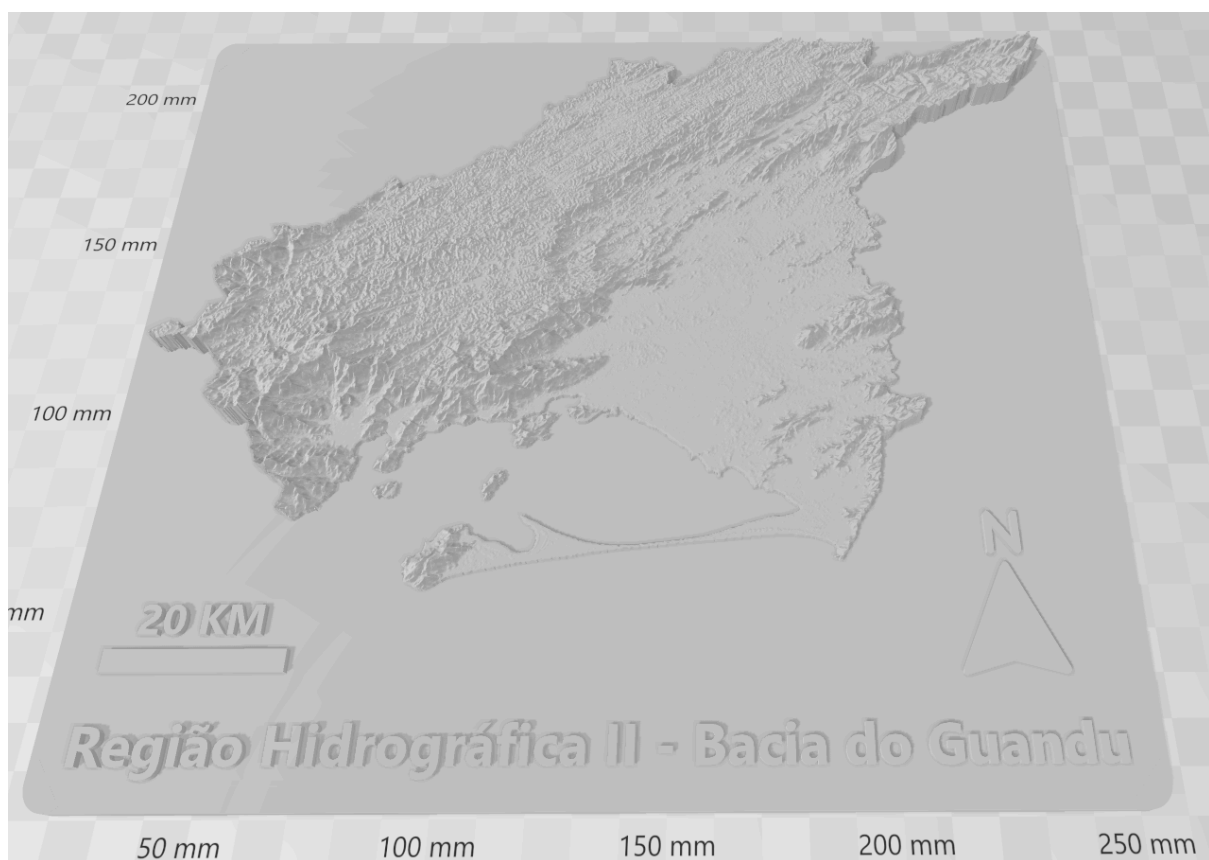
Figura 14: site do Grupo de Pesquisa de Cartografia e Modelagem de Dados Ambientais, vinculado ao LiGA-UFRRJ.



Um dos maiores desafios no aprendizado das Ciências da Terra é conseguir enxergar os processos que ocorrem em grandes escalas espaciais e temporais (KREYLOS, 2016). Nesse contexto, a impressão de modelos 3D de diferentes tipos de relevo pode facilitar a compreensão de conceitos complexos como bacias hidrográficas, curvas de nível e outros conceitos geomorfológicos e cartográficos. Tendo isso em mente, foram construídos outros modelos como o da “Região Hidrográfica II - Bacia do rio Guandu” (Figura 15), que é uma

das 9 regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro, determinadas pela Resolução nº 107 de 22 de maio de 2013 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI-RJ) e que é responsável pelo sistema hidrográfico de quase todos os municípios do Oeste Metropolitano, onde está localizada a UFRRJ. As bacias hidrográficas desempenham um papel crucial na manutenção dos ecossistemas e na agricultura. Além disso, as bacias ajudam a controlar enchentes, filtrar poluentes e promover a biodiversidade, sendo fundamentais para o equilíbrio ambiental.

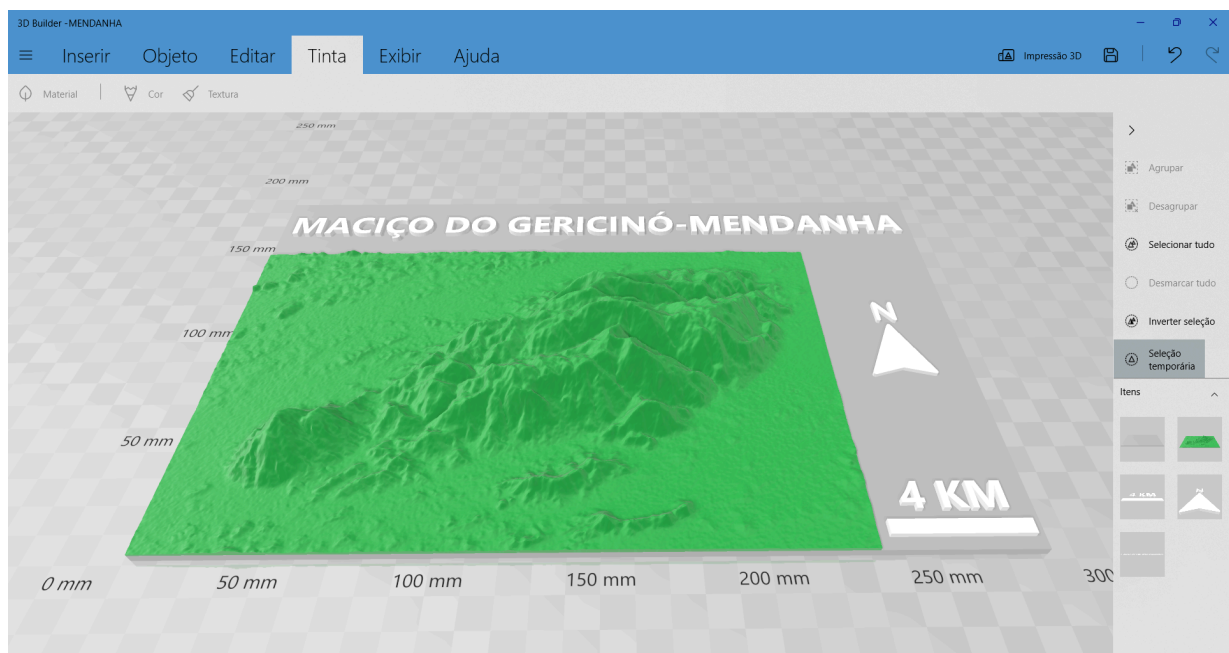
Figura 15: Mapa 3D da Bacia do Rio Guandu (Região Hidrográfica II)



Outra área também escolhida para a construção de um modelo tridimensional foi o Maciço do Gericinó-Mendanha (Figura 16). O Maciço do Gericinó-Mendanha é um dos três maciços costeiros presentes na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), abrange os municípios de Nova Iguaçu, Mesquita e Rio de Janeiro, e possui uma área de aproximadamente 7.972,40 hectares. Basicamente o maciço é dividido em 4 principais

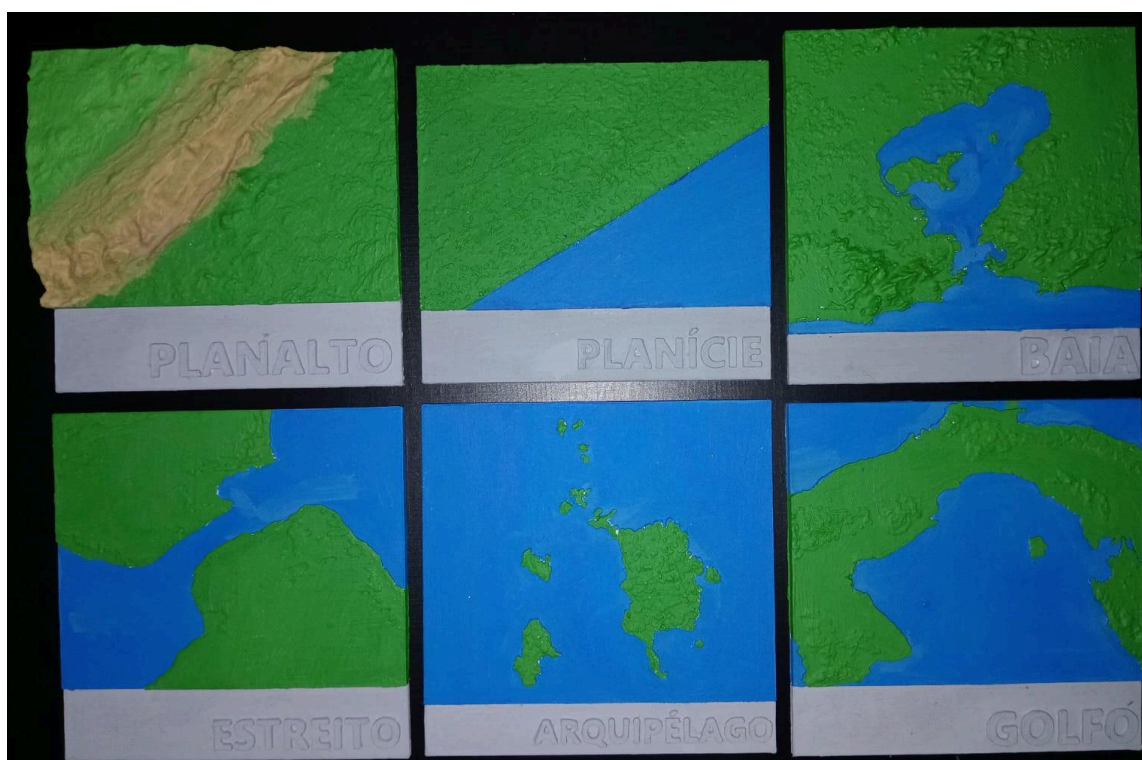
unidades ambientais protegidas, que são: a Área de Proteção Ambiental Estadual de Gericinó-Mendanha (APAGM), o Parque Natural Municipal da Serra do Mendanha (PNMSM), o Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu (PNMNI) e o Parque Estadual do Mendanha (PEM) (SANTOS JUNIOR E COSTA, 2017). Essas unidades garantem a preservação da fauna e flora, a apreciação das paisagens naturais e a conservação dos sistemas geo-hidrológicos da região. Sendo assim, tal estrutura faz parte do cotidiano de muitos moradores de algumas das principais cidades do estado, e é um excelente objeto de estudo.

Figura 16: Mapa 3D do Maciço do Gericinó-Mendanha



Pensando também em representar alguns outros conceitos da geomorfologia, também foram construídos diversos modelos com diferentes formas de relevo que podem ser encontradas no ambiente, como pode ser visto na Figura 17. O estudo dessas formações geomorfológicas é importante para a compreensão da dinâmica da superfície terrestre e das relações entre os processos naturais e as atividades humanas. Além disso, no contexto educacional, o conhecimento sobre a formação e a dinâmica das paisagens favorece o desenvolvimento de uma consciência ambiental crítica, permitindo que os alunos compreendam a interdependência entre sociedade e natureza no processo contínuo de transformação da Terra.

Figura 17: Modelos tridimensionais de formas de relevo



Além dos modelos citados nesse trabalho, outros foram construídos e estão disponíveis para download, como por exemplo: os outros 2 maciços costeiros presentes na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (Pedra Branca e Tijuca); a Floresta Nacional Mário Xavier, localizada em Seropédica; o município do Rio de Janeiro; entre outros. Todos disponíveis no site do Grupo de Pesquisa de Cartografia e Modelagem de Dados Ambientais, citado anteriormente.

Os modelos ainda não foram testados e avaliados em ambiente escolar, com uma turma de estudantes específica, mas nos atendimentos de extensão realizados, diversos professores manifestam interesse e mencionaram o potencial desse recurso em sala de aula.

A impressão 3D é uma ferramenta inovadora que transforma a forma de ensinar e aprender. No contexto escolar e acadêmico, o uso dessa tecnologia suscita reflexões sobre o papel das metodologias ativas, o uso de recursos tecnológicos na construção do conhecimento e os desafios de inclusão digital e formação docente. Todavia, é importante que se façam algumas reflexões sobre o desafio da aplicação dessa metodologia em nossa realidade. A falta de infraestrutura tecnológica, o custo dos equipamentos e insumos, e principalmente a necessidade de capacitação dos professores para o uso pedagógico efetivo da tecnologia são alguns pontos que precisam ser abordados e resolvidos, principalmente no contexto de uma

universidade localizada na baixada fluminense, onde muitas instituições de ensino não possuem requisitos básicos para aplicação dessa ferramenta pedagógica.

Assim, as discussões sobre a impressão 3D no ensino giram em torno de como essa tecnologia pode democratizar o acesso ao conhecimento, tornar o aprendizado mais significativo e inclusivo, e fortalecer a formação crítica e tecnológica dos estudantes frente às demandas contemporâneas da educação e da sociedade.

5. CONCLUSÃO

A utilização da impressão 3D como suporte didático no ensino de Geografia representa um avanço significativo nas práticas pedagógicas voltadas à compreensão do espaço geográfico e de seus elementos físicos. Essa tecnologia, ao transformar representações bidimensionais em modelos tridimensionais tangíveis, possibilita uma aprendizagem mais interativa, concreta e inclusiva, ampliando as formas de percepção e análise das paisagens, formas de relevo e fenômenos naturais.

Ao integrar-se aos conteúdos da Geografia Física, especialmente nas temáticas relacionadas à Geomorfologia, Cartografia e Hidrografia, a impressão 3D permite visualizar e manipular estruturas complexas, como bacias hidrográficas, planaltos, planícies e depressões, favorecendo o raciocínio espacial e a compreensão dos processos de formação e transformação da superfície terrestre. Desse modo, o uso de modelos tridimensionais pode aproximar o aluno da realidade, tornando o aprendizado mais dinâmico e significativo.

Entretanto, sua implementação ainda suscita desafios importantes, como a capacitação docente, o acesso aos equipamentos e materiais e a integração pedagógica adequada dessa tecnologia aos currículos escolares. Superar tais obstáculos exige políticas educacionais voltadas à inovação tecnológica, à formação continuada de professores e à valorização das metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem.

Portanto, a impressão 3D consolida-se como uma aliada da Geografia no contexto educacional, por permitir a materialização do conhecimento geográfico e estimular o pensamento crítico, a criatividade e a experimentação científica. Mais do que um recurso visual, ela é capaz de representar uma conexão entre o conhecimento teórico e a experiência prática, contribuindo para uma educação geográfica mais significativa, acessível e alinhada às demandas contemporâneas da ciência e da sociedade.

Bibliografia

BEZERRA, A. S. et al. “Da iniciação à impressão 3D à confecção de módulos didáticos”. Anais da X Edição da Feira de Ensino, Pesquisa e Extensão. São Francisco do Sul: IFSC, 2022.

CALLAI H.C. O ensino de geografia: recortes espaciais para análise. In: CASTROGIOVANNI A.C., CALLAI H.C., SCHAFFER N.O., KAERCHER N.A. (Orgs.). Geografia em sala de aula, práticas e reflexões. 4ª ed. Porto Alegre: Mediação p. 57-63, 2003.

CAMPOS, S.B.; OLIVEIRA, K.N.; NOGUEIRA, R.E. Oficinas, espaço do saber: construindo conceitos do relevo terrestre. In.: Nogueira, R.E. (Org.) Motivações hodiernas para ensinar Geografia: Representações do espaço para visuais e invisuais. Florianópolis: Ed. da Autora, 2009. p. 15-26.

CARUSO, R. C.; SILVA, S. de C. R. da; MARCONDES, R. USO DA IMPRESSÃO 3D NO ENSINO-APRENDIZAGEM: REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE OS PRINCIPAIS PROBLEMAS ENCONTRADOS. Boletim de Conjuntura (BOCA), Boa Vista, v. 16, n. 47, p. 448–473, 2023. DOI: 10.5281/zenodo.10208017. Disponível em: <https://revista.ioles.com.br/boca/index.php/revista/article/view/2704>.

CASTROGIOVANNI A.C. Ensino de geografia: práticas e textualizações no cotidiano. Porto Alegre: Mediação, 2000.

CHRISTOFOLETTI, A.L.H. (2004) Sistemas dinâmicos? As abordagens da Teoria do Caos e da Geometria Fractal em Geografia. In: VITTE, A.C; GUERRA, A.J.T. Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. São Paulo: Bertrand Brasil, pp.89-110, 2004.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CERHI-RJ). Resolução nº 107, de 22 de maio de 2013. Rio de Janeiro: CERHI-RJ, 2013.

CORRÊA, M.G.G.; FERNANDES, R.R.; PAINE, L.D. Os avanços tecnológicos na educação: o uso das geotecnologias no ensino de geografia, os desafios e a realidade escolar. Acta Scientiarum. Human and Social Sciences, vol. 32, núm. 1, 2010, pp. 91- 96 Universidade Estadual de Maringá Maringá, Brasil.

DE SOUSA, I. B.; JORDÃO, B. G. F.. Geotecnologias como recursos didáticos em apoio ao ensino de cartografia nas aulas de geografia do ensino básico. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 16, n. 53, p. 150–163, 2015. DOI: 10.14393/RCG165327157. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/27157>.

FARR, T.G.; ROSEN, P.A.; CARO, E.; CRIPPEN, R.; DUREN, R.; HENSLEY, S.; KOBRICK, M.; PALLER, M.; RODRIGUEZ, E.; ROTH, L.; SEAL, D.; SHAFFER, S.; SHIMADA, J.; UMLAND, J.; WERNER, M.; OSKIN, M.; BURBANK, D.; ALSDORF, D. 2007. The Shuttle Radar Topography Mission. *Review of Geophysics*, v.45, RG2004.

FITZ, P. R. Novas tecnologias e os caminhos da Ciência Geográfica. *Diálogo Tecnologia*, v. 6, p. 35-48, 2005.

FREIRE, Paulo. A máquina está a serviço de quem? *Revista BITS*, p. 6, maio de 1984.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 43. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2011. 144 p.

FREITAS NETO, ANTONIO; LOUBET, SARA; MARTINEZ ALBUQUERQUE, LEONARDO. O Uso da impressora 3D no processo de ensino e aprendizagem. *Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco*, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 14, 2022. DOI: 10.36524/saladeaula.v10i2.1377. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/saladeaula/article/view/1377>.

GONÇALVES, H.A.F.; SOUSA, G.M. & LIMA FILHO, D. Construção de maquetes topográficas para o ensino de Geografia e Geomorfologia através de impressão 3D. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, vol. 42-3, pp. 202-206, 2019.

GROHMANN, CARLOS HENRIQUE E RICCOMINI, CLAUDIO E STEINER, SAMAR DOS SANTOS. Aplicações dos modelos de elevação SRTM em geomorfologia. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 2, n. 2, p. 73-83, 2008.

HAYAKAWA, E.; BALTAZAR, A.A.; BALTAZAR, S.A.; PIRES, M.M. Que rio é esse? A geografia escolar e o espaço vivido: Impressão 3D e dados de sensoriamento remoto para o ensino de bacias hidrográficas. *Revista Presença Geográfica*, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 46–55, 2024. DOI: 10.36026/rpgeo.v11i1.7785. Disponível em: <https://periodicos.unir.br/index.php/RPGeo/article/view/7785>.

HUMBOLDT, ALEXANDER VON. O Cosmos de Humboldt. Tradução de Gerard Helferich. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005.

IBGE. Base cartográfica contínua do Brasil em escala 1:250.000 - BC250., 2021a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/basescartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=acesso-ao-produto>

INEA. Área de Proteção Ambiental de Gericinó-Mendanha. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/biodiversidade-territorio/conheca-as-unidades-de-conservacao/apa-de-gericino-mendanha/>.

KREYLOS, OLIVER ET AL. Augmented Reality Turns a Sandbox into a Geoscience Lesson: Superimposing responsive digital effects onto sand in a sandbox places educators, students, and policy makers in an augmented reality, offering a hands-on way to explore geoscience processes.. Eos. Califórnia, 2016. 1 p. Disponível em: <https://eos.org/science-updates/augmented-reality-turns-a-sandbox-into-a-geoscience-lesson>.

LEITE, L. O papel da tecnologia na educação. Direcional Escolas, 2020. Disponível em: <https://dizacionalescolas.com.br/o-papel-da-tecnologia-na-educacao/>.

LOCH, R.E.N. Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2006.

MARQUES, JORGE SOARES. Ciência Geomorfológica: Relevo como Objeto de Estudo. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Uma Atualização de Bases e Conceitos. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. Cap. 1. p. 23-50.

MENEZES, P.M.L.; FERNANDES, M.C. Roteiro de Cartografia. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

MONTEIRO, EVALDO AUGUSTO SOUSA. Um guia prático sobre o uso das geotecnologias na educação. 2024. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/738621>

MOREIRA, M.A. (2003) Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação. Minas Gerais, UFV. 307p.

NOVO, E.M.L.M. (1988) Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. São Paulo, Edgard Blücher Ltda. 308p.

PELCZARSKI, M.; KAZIMIERCZUK, K.; MYDLIKOWSKA, M. et al. Impressão 3D na criação de próteses e órteses ortopédicas. J. Med. Biol. Eng. (2025). <https://doi.org/10.1007/s40846-025-00984-x>

ROSA, ROBERTO. Geotecnologias na Geografia aplicada. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, Brasil, v. 16, p. 81–90, 2011.

SANTOS, M. A natureza do espaço: técnica, tempo, razão e emoção. 4a ed. São Paulo: EdUSP, 2012.

SANTOS NETO, ABORDAGENS DO ENSINO DE GEOMORFOLOGIA NO ENSINO BÁSICO. Revista Geonorte, Amazonas, v. 10, n. 1, p.44-46, 2014. Semestral.

SCHLEMMER, E.; BACKES, L. METAVERSOS: novos espaços para construção do conhecimento. Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v. 8, n. 24, p. 519-532, maio/ago. 2008

SIMIELLI, M.E.R.; GIRARDI, G.; BROMBERG, P. MORONE, R.; RAIMUNDO, S.L. Maquete de relevo: Um recurso didático tridimensional. Boletim Paulista de Geografia, São Paulo, no 87, p. 131-148, 2007.

STENGLE, J. “Starbucks’ new drive-thru in Texas is the coffee giant’s first 3D printed store in the US”. AP News, Nova York, 29 Abril 2025. Disponível em: <https://apnews.com/article/starbucks-first-3d-printed-store-texas-552972e9df63796e42ede152747b9069>.

TEJERA, M.; GALIÇ; S. & LAVICZA, Z. Modelagem e impressão 3D na formação de professores: uma revisão sistemática da literatura. Journal for STEM Educ Res (2025). <https://doi.org/10.1007/s41979-025-00147-2>