

DESENVOLVIMENTO DE MODELOS IMPRESSOS EM 3D PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

DEVELOPMENT OF 3D PRINTED MODELS FOR SCIENCE TEACHING

Sueny Calazans dos Santos Palaio, Marcus Vinicius Lima de Almeida, Camila Maistro Patreze*

PPGBIO – UNIRIO - Rio de Janeiro – RJ – BRASIL

Resumo: Este trabalho objetivou apresentar a construção de modelos didáticos para impressão tridimensional de microalgas para o ensino de ciências, desenvolvido no âmbito do programa de extensão universitária Jardim Didático e Evolutivo da UNIRIO. Para a confecção desses modelos, foi utilizado o método da prototipagem rápida, também conhecido como impressão 3D. Ressaltou-se a importância do ensino de ciências e a utilização dos modelos didáticos no auxílio da aprendizagem, além da apresentação de uma breve história da impressão 3D. A seleção dos organismos que foram representados; o material utilizado, as etapas de elaboração dos modelos e os resultados finais foram apresentados, dando ênfase às estruturas que podem ser evidenciadas em cada modelo. Espera-se com estes modelos contribuir com o aprimoramento do ensino de ciências, especificamente dos microrganismos (microalgas), complementar a outros recursos didáticos.

Palavras-chave: Educação, Modelagem 3D, Diversidade Biológica, Microrganismos, Microalgas.

Abstract: This paper aimed to present the construction of 3D printed microalgae didactic models for science teaching, developed as part of the university extension program “Jardim Didático e Evolutivo da UNIRIO”. The models were confected using the rapid prototyping method, also known as 3D printing. The importance of science teaching and the use of didactic models for support the learning process were highlighted, as well as a brief history of 3D printing technology. The selection of organisms, the materials used during the process, the preparation stages of the models and the results were presented, emphasizing the structures that can be visualized in each model. It is expected with these models, to contribute with the enrichment of science teaching, specifically about microorganisms (microalgae), combined with another didactic resource.

Keywords: Education, 3D modeling, biological diversity, microorganisms, microalgae.

1. Introdução

O ensino de ciências naturais beneficia-se do uso de experimentos para dar significado ao aprendizado dos conteúdos (AGUIAR, 2016). Além disso, várias sociedades são influenciadas pelos resultados das pesquisas científicas, e essas influências têm impacto direto no âmbito pessoal, social e econômico (BAPTISTA, 2010). A busca de informações e atualizações científicas, por parte dos cidadãos, é importante pois lhes permite visões críticas e, por conseguinte, uma

*camila.m.patreze@unirio.br

preparação para o exercício da cidadania (LORENZETTI e DELIZOICOV, 2001). Segundo Bueno, Farias e Ferreira:

[...] *Tanto no contexto educacional brasileiro quanto internacional, a partir da segunda metade do século passado, o ensino de ciências passou a ser foco de estudos sob diversos aspectos: concepções epistemológicas, valores educacionais associados, livro didático, formação do professor, o papel da experimentação e ensino-aprendizagem de conceitos científicos, entre outros. (2012, p.436).*

Em relação à aprendizagem, o ensino de ciências traz consigo questionamentos sobre a diversidade, complexidade de formas, comportamentos e relações existentes no mundo natural que contribuíram para a formulação de algumas das grandes questões da humanidade, tais como explicar a diversidade biológica do presente e do passado (MORIN, 2000; COSTA *et al.*, 2011). Segundo as recomendações do Ministério da Educação - MEC (BRASIL, 2006), as finalidades do ensino sobre a diversidade biológica devem ser as de caracterizar a diversidade da vida, sua distribuição nos diferentes ambientes, e compreender os mecanismos que favoreceram a enorme diversificação dos seres vivos.

Para caracterizar a diversidade da vida é importante abranger as mais variadas formas de vida, incluindo organismos microscópicos, cuja percepção é dificultada por envolver estruturas que infelizmente não são de fácil acesso ao público estudantil, pois a visualização necessita de equipamentos tais como lupas e microscópios, que nem sempre estão disponíveis na rede regular de ensino. Esta realidade muitas vezes de difícil abstração para os estudantes devido à ausência de comparações, pode ser minimizada pela experiência gerada com o uso dos modelos didáticos macroscópicos que promovem a aproximação do discente ao conhecimento contextual (FREITAS *et al.*, 2008).

Segundo Justina e Ferla (2006), modelos didáticos são representações, confeccionadas a partir de material concreto, de estruturas ou partes de processos biológicos. Os modelos são recursos didáticos fundamentais em atividades disciplinares que têm como objetivo auxiliar o educando a realizar sua aprendizagem de forma mais eficiente (CERQUEIRA e FERREIRA, 1996; BATISTETI *et al.* 2009).

Diversos modelos vêm sendo utilizados para auxiliar de forma pedagógica a formação conceitual de alunos. Alguns dos exemplos são representações de moléculas químicas com bolas de isopor e palitos de madeira (BARBOSA, 2015); biscoit (MATOS *et al.*, 2009), gessos (FREITAS *et al.*, 2008), resinas (BRENDLER *et al.*, 2014) e plásticos (SCHELBEL, 2015). Mais recentemente, tem se utilizado modelos produzidos em impressoras tridimensionais a partir do desenvolvimento de modelagem 3D. No entanto, seu uso ainda é pouco divulgado pela comunidade científica.

A modelagem 3D é relativamente nova e se caracteriza pelo uso de impressoras que constroem objetos tridimensionais camada por camada. Elas depositam material plástico fundido, construindo sólidos tridimensionais até formar o objeto. Já na arquitetura das impressoras convencionais (de papel) o trabalho se dá em duas dimensões. A técnica na impressão 3D também é chamada de manufatura aditiva ou de extrusão, pois a matéria-prima vai sendo adicionada gradualmente até concluir a construção de um objeto. Recentemente,

Aguiar (2016) utilizou a tecnologia de impressão 3D no ensino de ciências, resultando em diversos objetos didáticos aplicados nas áreas de química, física e biologia.

A história da impressão 3D deu início em 1980, por Hideo Kodama do Instituto de Pesquisas Industriais da cidade de Nagoya – Japão. Ele realizou a primeira publicação sobre sistema de prototipagem criando modelos tridimensionais através da solidificação de um fotopolímero utilizando raios ultravioleta (KODAMA, 1981); um tipo de criação que dispensa a etapa de montagem, possibilitando construir formas complexas. Três anos depois, nos Estados Unidos, o engenheiro Charles Chuck Hull registrou a patente de um aparato que construía objetos tridimensionais utilizando um método chamado de estereolitografia (SLA) (AGUIAR, 2016). Após a patente, ele fundou a primeira empresa fabricante de impressoras 3D. Alguns anos depois, com a necessidade de evolução tecnológica, o pesquisador Carl Deckard da Universidade do Texas desenvolveu a Sinterização Seletiva a Laser (SLS). Já em 1989, Scott Crump registrou a patente da técnica chamada de *Fused Deposition Modelling* (FDM), que utiliza deposição de material derretido, normalmente filamento plástico. Este método também é chamado de *Filament Fused Fabrication* (FFF) (AGUIAR, 2016). Pela simplicidade da arquitetura das impressoras 3D de filamento fundido, esse método tornou-se o mais comum entre as impressoras 3D de baixo custo, as quais começaram a se popularizar por meio do projeto Rep Rap11 (*The Replicating Rapid Prototyper*), criado em 2009 pelo engenheiro mecânico Adrian Bowyer (JONES *et al.*, 2011).

Com essa ferramenta inovadora e primordial, a técnica de impressão 3D começou a auxiliar o ensino de ciências. Conforme Lipson (2007), o aprendizado pode ser aprimorado por meio de atividades práticas, principalmente quando são envolvidos conceitos difíceis de serem visualizados e entendidos abstratamente. Assim, aliar a impressão 3D com a observação microscópica para a confecção de modelos acessíveis e facilitados poderá auxiliar estudantes da rede regular de ensino, permitindo o acesso à representação dos microrganismos e também incluir alunos com deficiência visual.

Assim em 2010, houve a criação do Jardim Didático e Evolutivo da UNIRIO, localizado no Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS) da UNIRIO. A finalidade foi cultivar espécies vegetais de interesse para aulas práticas das disciplinas (PATREZE *et al.*, 2013). E nessa linha de cultivo de espécies vegetais, para auxiliar as aulas, em 2016 foi agregado o subprojeto de extensão de impressão 3D, que constitui na criação de modelos tridimensionais para a observação e entendimento do conteúdo microscópico.

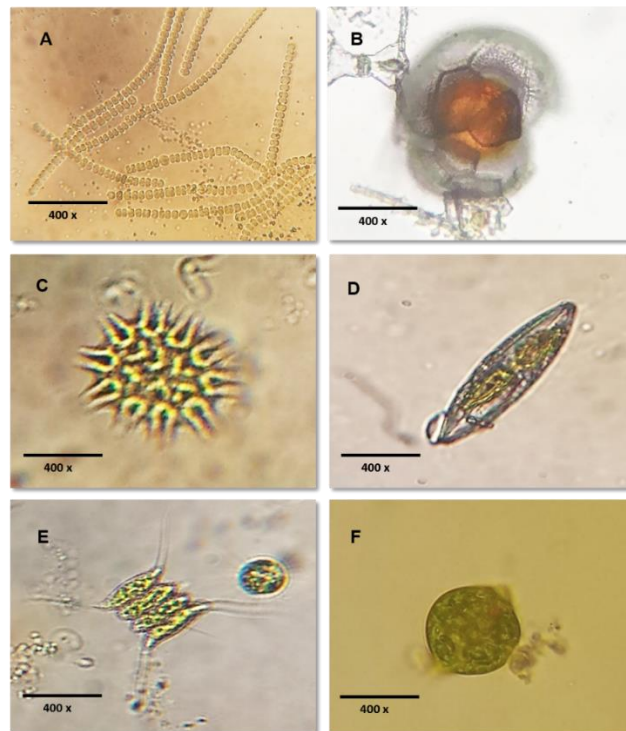
O presente trabalho objetivou produzir instrumentos didáticos para aprendizagem na área de ciências, desenvolvendo objetos tridimensionais e descrevendo as atividades em três etapas: I) seleção de microrganismos fotossintetizantes visualizados em microscópio; II) construção de imagens em software específico e III) impressão 3D.

2. Metodologia

A seleção das estruturas vegetais e de microrganismos, se deu através da coleta de materiais localizados no lago do “Jardim Didático e Evolutivo da UNIRIO”, um programa de extensão universitária (PATREZE *et al.*, 2013) localizado no bairro Urca; no lago da Praça Saens

Peña, no bairro Tijuca; na enseada da Marina da Glória no bairro Glória; e na Lagoa Rodrigo de Freitas no bairro Lagoa. Aproximadamente 500 mL de água proveniente de cada local foram centrifugadas com velocidade de 3.000 rpm por 3 min, a fim de concentrar os microrganismos, descartando-se o excesso de água do sobrenadante. Após esta etapa, uma gota de água concentrada foi colocada em lamina para observação ao microscópio óptico (Leica Microsystems DM750, Switzerland) (Figura 1). Imagens destes microrganismos foram também consultadas (FRANCESCHINI *et al.*, 2010 e PLEWKA, 2011), para auxiliar no reconhecimento das formas e estruturas dos microrganismos.

Figura 1. Imagens dos microrganismos sob microscópio óptico. A. *Dolichospermum* sp.; B. *Peridinium cinctum*; C. *Pediastrum duplex*; D. *Pennales* sp.; E. *Scenedesmus quadricauda*; F. *Euglena gracilis*.



Cada microrganismo escolhido possui características que deram motivação a criação dos modelos tridimensionais, priorizando evidenciar algumas estruturas que não são claramente observáveis em microscopia óptica, para assim obter melhor percepção e tato. Por exemplo, a cianobactéria *Dolichospermum* sp. (ou *Anabaena*), evidenciamos células especializadas, como heterocistos, que tem a capacidade de fixar o nitrogênio na ausência ou baixas quantidades de oxigênio, e o acineto, que funciona como um esporo de resistência e pode originar uma nova colônia (Oyadomari, 2017). No dinoflagelado *Peridinium cinctum*, destacamos a formação de placas poligonais (tecas) e seus flagelos (RAVEN *et al.*, 2007). Seleccionamos também duas espécies do mesmo gênero de algas verdes, *Pediastrum*, mostrando que diferenças morfológicas entre elas são perceptíveis ao tato, e assim diferenciamos *P. simplex* de *P. duplex*, algas verdes com cenóbios planos, circulares, ovais e às vezes irregulares, com células externas que se diferenciam das internas, pois possuem de 1 a 4 espículas e cada célula possui um cloroplasto parietal e um grande pirenoide (FRANCESCHINI *et al.*, 2010). Nós evidenciamos no modelo o pirenoide, em relevo.

Com as diatomáceas da ordem *Pennales* sp., objetivou-se utilizar o modelo para demonstrar o processo de reprodução assexuada. Diatomáceas são organismos unicelulares ou coloniais que possuem dois tipos de reprodução: Assexuada por fissão binária, com sucessivas divisões celulares, e sexuada, que ocorre quando a célula atinge um tamanho reduzido que pode comprometer o seu metabolismo celular (RAVEN *et al.*, 2007). Na alga verde *Scenedesmus quadricauda*, destacamos as células em cadeia regular e espinho nas extremidades (FRANCESCHINI *et al.*, 2010). Na *Euglena gracilis*, uma espécie de alga unicelular, flagelada, raramente colonial. As euglenas possuem uma característica diferenciada que é um ponto avermelhado próximo à estrutura onde os flagelos são inseridos, esse ponto é denominado de estigma, funciona como uma estrutura fotossensível e ajuda na orientação da célula em direção à luz (RAVEN *et al.*, 2007). Como os modelos são de uma única cor, este ponto avermelhado foi modelado com relevo em relação ao citoplasma.

Após a seleção dos microrganismos, foram realizadas as construções dos modelos, no programa de modelagem tridimensional Blender® 3D (Versão 2.76). O programa foi escolhido por dispor de todas as ferramentas necessárias para a confecção e conversão do formato de arquivos compatíveis com a impressora utilizada. O processo de construção dos microrganismos variou para cada modelo, alguns tiveram na sua elaboração apenas o uso de ferramentas básicas, e outros tiveram grau maior de complexidade na construção, demandando uso de mais ferramentas.

No modelo criado para a cianobactéria *Dolichospermum* sp. utilizou-se a forma tridimensional esférica já presente no programa, sendo necessário o posicionamento, união e alteração no tamanho dessa forma (Figura 2). A espécie *Peridinium cinctum*, que se trata de um organismo com uma ornamentação bem detalhada, foi modelada utilizando-se de uma subdivisão da malha do cubo padrão do Blender® e posteriormente transformado para o formato esférico. Após esta etapa utilizou-se a ferramenta de escultura na criação dos detalhes (Figura 3). Para os modelos da *Pediastrum simplex*, *P. duplex*, *Pennales* sp. e *Scenedesmus quadricauda*, foi utilizada inicialmente a ferramenta de edição para criar o formato básico dos organismos, e os detalhes foram adicionados utilizando-se a ferramenta de escultura para não alterar demasiadamente a malha. Alguns desses modelos criados tratam-se de organismos de forma colonial, com isso, os mesmos foram feitos criando-se apenas um indivíduo, duplicando-o e posicionando as formas para criar o modelo colonial (Figura 4). O modelo da *Euglena gracilis* foi construído com o objetivo de evidenciar as organelas intracelulares, mas foi criado de um modo semelhante ao dos modelos citados anteriormente, sendo que algumas estruturas foram feitas à parte e fixadas posteriormente no modelo para melhor detalhamento (Figura 5).

Figura 2. Fases de produção da *Dolichospermum* sp. no programa Blender®.



Figura 3. Fases de produção da *Peridinium cinctum* no programa Blender®.

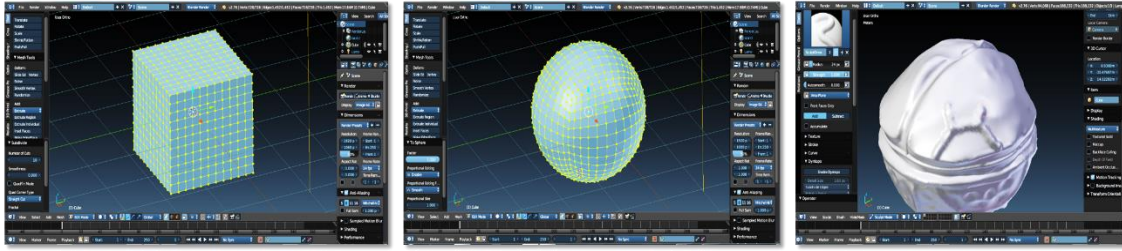
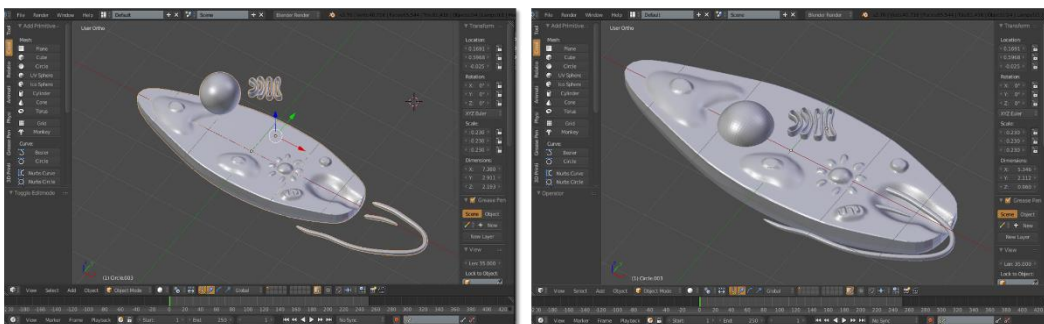


Figura 4. Fases de produção da *Pediastrum simplex* no programa Blender®. A mesma metodologia de produção foi utilizada para organismos *Scenedesmus quadricauda*, *Pennales sp.* e *P. duplex*.



Figura 5. Fases de produção da *Euglena gracilis* no programa Blender®. Na imagem à esquerda, o núcleo, o complexo de Golgi e os flagelos estão fora do modelo e na imagem à direita, estas organelas foram inseridas no modelo.



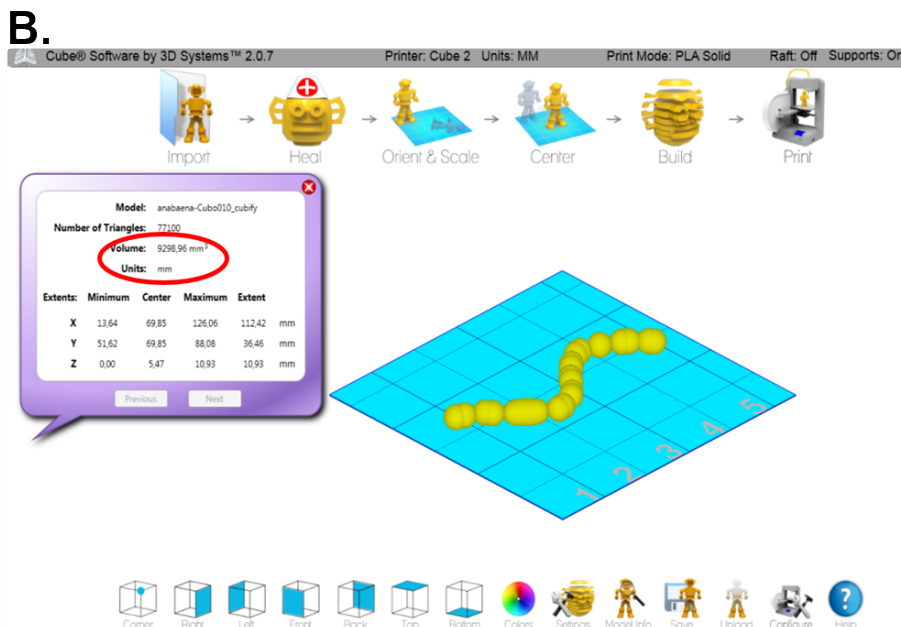
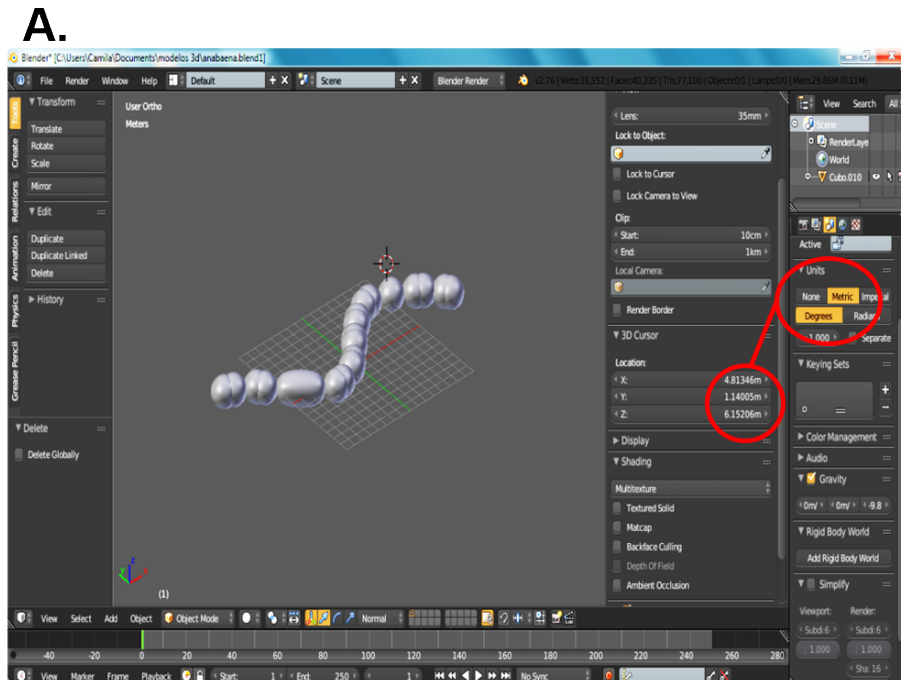
Para impressão dos modelos, foi utilizada a impressora Cube (CUBE 2, 3D SYSTEMS, ROCK HILL, SC, USA) (Figura 6), que proporciona a criação de objetos através do método de extrusão, ou seja, derretimento e deposição sobre camadas de filamento plástico. O plástico utilizado foi o ácido poliático (PLA), que é biodegradável, produzido a partir do ácido láctico fermentado. Este plástico foi escolhido por sua resistência e por deformar menos depois da aplicação (KARASINSKI, 2014). Os modelos criados no programa Blender® possuem extensão padrão no formato .Blend, porém o programa da cube (Cube Software 2.0, da 3D Systems) não reconhece este tipo de extensão, sendo assim foi necessária a conversão dos arquivos para formato .STL.

Figura 6. Imagem da impressora Cube 2 (3D Systems) utilizada na confecção dos modelos dos microrganismos deste estudo, iniciando a impressão do suporte de um modelo.



As dimensões dos modelos para a impressão foram definidas no próprio Blender®, utilizando-se o sistema métrico. No entanto, devido às dimensões da área de impressão (15 x 15 cm) serem menores, o programa cube transforma os valores métricos para milímetros automaticamente (Figura 7). O software da impressora oferece a opção de adicionar suportes aos modelos, caso a sua posição não se mostre estável durante sua construção. Nós adicionamos suportes à todos os modelos produzidos e com isso pudemos posicionar, rotacionar e redimensionar os modelos dentro do próprio software. Outras ferramentas também são oferecidas pelo programa para o aprimoramento da impressão, como solidificador, podendo-se tornar as estruturas internas mais densas e resistentes. Esta ferramenta foi utilizada em todos os modelos, para garantir maior durabilidade. Depois destes processos o arquivo de extensão .stl foi nomeado de .Cube; os dados dos modelos foram transferidos através de um pen-drive, e assim iniciadas as impressões.

Figura 7. Imagens das telas dos programas utilizados mostrando as dimensões da área de impressão no modelo da cianobactéria. A. Dimensões em metros no programa Blender®, destacadas pelos círculos vermelhos. B. Dimensões em milímetros no programa da impressora Cube®, destacadas pelo círculo vermelho.



3. Resultados e Discussão

Foram selecionados e impressos sete modelos de microrganismos fotossintetizantes: *Dolichospermum sp.* (cianobactéria), *Peridinium cinctum* (dinoflagelado), *Pediastrum simplex* e *Pediastrum duplex* (algas verdes), *Pennales sp.* (diatomácea), *Scenedesmus quadricauda* (alga verde) (Figura 8) e *Euglena gracilis* (Figura 9). As células diferenciadas (acineto e heterocisto) podem ser observadas no modelo da cianobactéria *Dolichospermum sp.* (Figura 8A). No modelo do dinoflagelado *Peridinium cinctum* foram evidenciados os sulcos onde se inserem os dois flagelos, a superfície com placas poligonais, além dos poros na parte inferior (Figura 8B). Na *Pediastrum simplex*, foram destacados os pirenoides, as espículas e a organização das células na colônia (Figura 8C). No modelo *Pediastrum duplex* foram realçadas as espículas duplas, a colônia e pirenoides (Figura 8D). No modelo da *Pennales sp.*, foram evidenciados os sulcos, a rafe e a separação das valvas na reprodução assexuada, com modelos de tamanhos diferenciados (Figura 8E). Na *Scenedesmus quadricauda*, também foram destacados os pirenoides, as espículas e sua organização colonial (Figura 8F). No modelo da *Euglena gracilis*, foram mostradas estruturas comumente encontradas nas células, como o núcleo, a mitocôndria, os cloroplastos e o retículo endoplasmático, bem como estruturas características das euglenas, como o vacúolo contrátil, a mancha ocelar e os flagelos (Figura 9 A e B).

Figura 8. Modelos de microrganismos impressos em 3D. A. *Dolichospermum sp.*; B. *Peridinium cinctum*; C. *Pediastrum simplex*; D. *Pediastrum duplex*; E. *Pennales sp.*; F. *Scenedesmus quadricauda*.

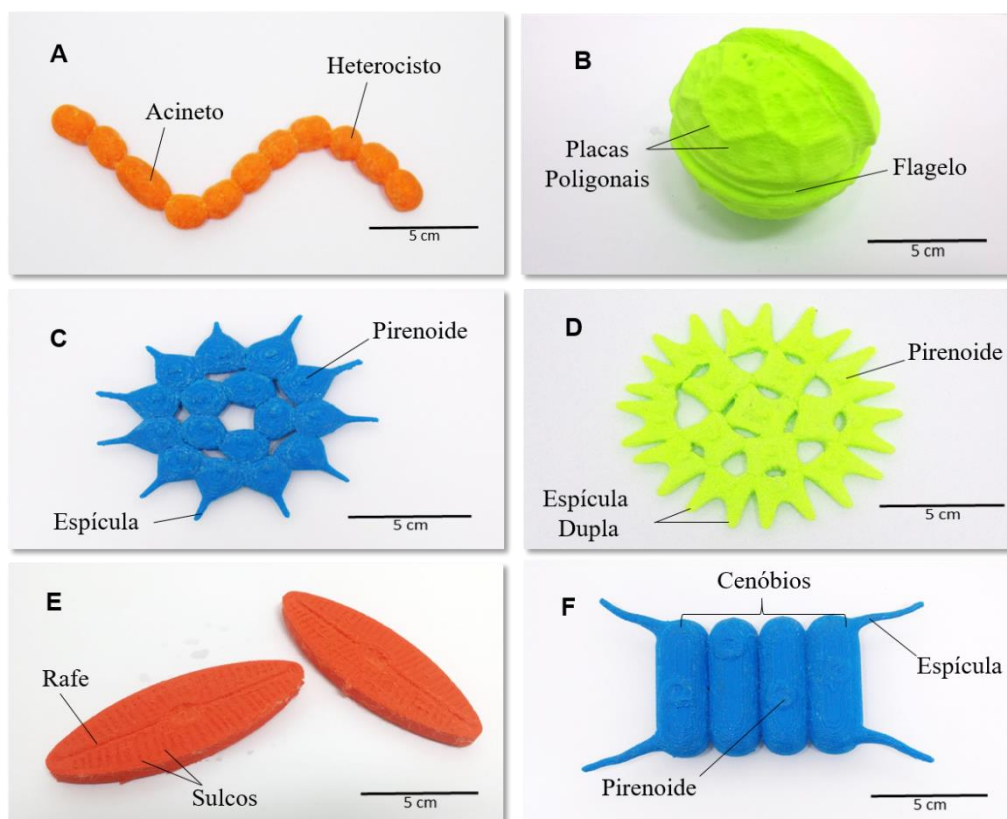
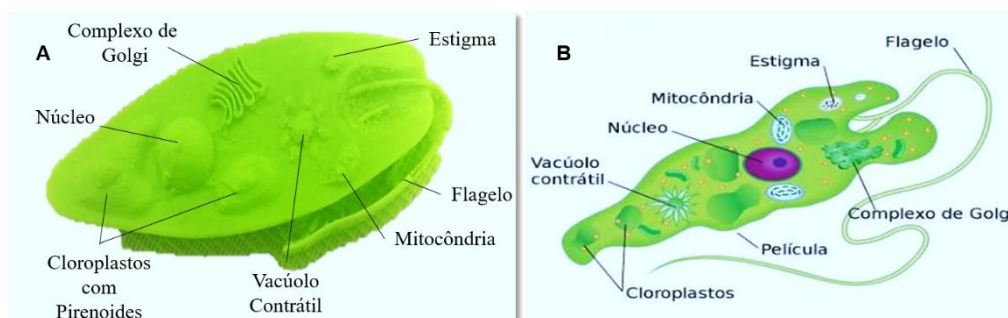


Figura 9. *Euglena gracilis*, evidenciando as organelas celulares internas. A. Modelo impresso em 3D. B. Esquema das organelas da euglena (Araújo, 2017).



O tempo de duração da impressão de cada modelo variou em função do tamanho e complexidade dos mesmos, variando de 1 hora e 24min (*Dolichospermum sp.*) até 5 horas (*Euglena gracilis*) (Tabela 1).

Tabela 1- Tempo de duração da impressão dos modelos produzidos e seu respectivo volume.

Modelos /microrganismos	Tempo	Volume (tamanho) de cada modelo em mm ³
<i>Dolichospermum sp.</i>	01h24min	15271,37
<i>Peridinium cinctum</i>	03h30min	156776,90
<i>Pediastrum simplex</i>	04h40min	31620,52
<i>Pediastrum duplex</i>	03h30min	35700,78
<i>Pennales sp.</i>	04h30min	45973,80
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	03h10min	60519,50
<i>Euglena gracilis</i>	5h00min	127920,90

O uso da impressão 3D no desenvolvimento de modelos didáticos mostrou ser um método bastante eficaz para fornecer o apoio ao conteúdo presente nos materiais de estudo tradicionais (ORLANDO, *et al.*, 2009). Apesar do custo mais elevado do equipamento e a limitação de tamanho, o material utilizado (PLA), é derivado de fontes renováveis e é biodegradável. Além disso, o PLA possui uma resistência mecânica comparável ao tereftalato de etileno (PET) (PEREIRA, *et al.*, 2016), sendo mais seguro contra quebra do que outros materiais como gesso (FREITAS *et al.*, 2008), massa de modelar (MATOS *et al.*, 2009) ou argila (CHAVES, MORAES e SILVA, 2013). Um outro ponto positivo dessa forma de produção é a capacidade de detalhamento devido à sua precisão, pois cada camada de material dos modelos produzidos pela CUBE 2 possui 0,25 mm de espessura, o que permite criar modelos com estruturas mais detalhadas. Adicionalmente, uma das maiores vantagens da impressão 3D na criação dos

modelos didáticos é sua capacidade de distribuição e sua facilidade de produção; já que os modelos feitos a partir da prototipagem rápida podem ser obtidos apenas com a aquisição do modelo em seu formato digital, que pode ser enviado pela internet, e simples operação dos softwares envolvidos. Dessa forma, os modelos podem ser obtidos por qualquer pessoa em qualquer lugar, e ainda podem ser criadas várias cópias idênticas do mesmo modelo, facilitando ainda mais sua distribuição e seu uso em larga escala.

4. Considerações finais

A partir dos resultados obtidos, pôde-se verificar que o objetivo de produzir através da impressão 3D, representações tridimensionais de organismos microscópicos tais como as microalgas e cianobactérias foi alcançado. As estruturas evidenciadas mostraram-se perceptíveis ao tato e auxiliaram na identificação dos gêneros e espécies selecionados, tendo um potencial uso para o ensino de ciências para diversos níveis escolares, incluindo pessoas com baixa visão ou deficiência visual, as quais dependem de diferentes recursos ou modelos para representação de seres vivos microscópicos.

5. Referências

- AGUIAR, L. C. D. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de ciências**. 2016, 226 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016.
- ARAÚJO, Marília. **Algas euglenófitas** 2009. Disponível em: <www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/09/euglenofitas.jpg>. Acesso em: 23 mai. 2017.
- BAPTISTA, G. C. S. Importância da demarcação de saberes no ensino de ciências para sociedades tradicionais. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 16, n. 3, p. 679-694, 2010.
- BARBOSA, E. F. Proposta de um modelo de simulação de análises de espectrometria de massa para aulas práticas de bioquímica no ensino superior. **Revista de Ensino de Bioquímica**, São Paulo, v. 13, n. 3, p.37-53, 2015.
- BATISTETI, C. B.; CAMARGO, E. P.; ARAÚJO, E. S. N. N.; CALUZI, J. J. Uma discussão sobre a utilização da história da ciência no ensino de célula para alunos com deficiência visual. In: VII Enpec - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis. **Anais...**Belo Horizonte: Abrapec, 2009. 1 CD-ROM.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PCN + ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2006, 135 p.
- BRENDLER, C. F.; VIARO, F. S.; BRUNO, F. B.; TEIXEIRA, F. G.; SILVA, R. P. Recursos didáticos táteis para auxiliar a aprendizagem de deficientes visuais. **Educação gráfica**, Rio Grande do Sul, v.18, n.03, p. 141-157, 2014.

BUENO, G. M. G. B.; FARIAS, S. A. de; FERREIRA, L. H. Concepções de ensino de ciências no início do século XX: o olhar do educador alemão Georg Kerschensteiner. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n. 2, p. 436, 2012.

CERQUEIRA, J. B., FERREIRA, M. A. Recursos didáticos na educação especial. **Revista Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, n. 5, p.15-20, 1996.

CHAVES, R. S.; MORAES, S. S. e SILVA, R. M. L. **Confecção de modelos didáticos de plantas extintas**: arte aplicada à Paleontologia no ensino da conquista do ambiente terrestre pelas plantas. 2013. Disponível em:< <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0273-5.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

COSTA, L. O.; MELO, P. L. C.; TEIXEIRA, F. M. Reflexões acerca das diferentes visões de alunos do ensino médio sobre a origem da diversidade biológica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 1, p. 115-128, 2011.

FRANCESCHINI, I. M.; BURLIGA, A. L.; REVIERS, B.; PRADO, J. F.; RÉZIG, S. H. **Algas**: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2010, p.332.

FREITAS, L. A. M.; BARROSO, H. F. D.; RODRIGUES, H. G.; AVERSI-FERREIRA, T. A. Construção de modelos embriológicos com material reciclável para uso didático. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 91-97, 2008.

JONES, R.; HAUFE, P.; SELLS, E.; IRAVANI, P.; OLLIVER, V.; PALMER, C.; BOWYER, A. RepRap—the replicating rapid prototyper. **Robotica**, Baltimore, v. 29, n. 01, p. 177-191, 2011.

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

KARASINSKI, Vinicius. Review: testamos a impressora Cube 3D. **TecMundo**. 2014. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/analise/48641-analise-testamos-a-impressora-cube-3d.htm>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

KODAMA, H. Automatic method for fabricating a three dimensional plastic model with photohardening polymer. **Review of Scientific Instruments**, v. 52, n. 11, p. 1770-1773, 1981.

LIPSON, H. Printable 3D models for customized hands-on education. In: Proceedings of Mass Customization and Personalization (MCPC), Cambridge, 2007. **Anais eletrônicos...**Cambridge, 2007. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.375.7133&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries Iniciais. **Revista Ensaio: Pesquisa e Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 1-16, 2001. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/35/66>>. Acesso em: 26 jan. 2017.

MATOS, C. H. C.; OLIVEIRA, C. R. F. de; SANTOS, M. P. de F.; FERRAZ, C. S. Utilização de Modelos Didáticos no Ensino de Entomologia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, vol. 9, n. 1, p. 19-23, 2009.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita**. 5.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000, 128p.

ORLANDO, T. C.; LIMA, A. R.; SILVA, A. M.; FUZISSAKI, C. N.; RAMOS, C. L.; MACHADO, D.; FERNANDES, F. F.; LORENZI J. C. C.; LIMA, M. A.; GARDIM, S.; BARBOSA, V. C. e TRÉZ, T. A. Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de ciências biológicas. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, Alfenas, n.1, p.A1-A16, 2009.

PATREZE, C. M.; ANTUNES, S. B.; PEIXOTO, A. C. R.; PERNAS, J. W.; GARCIA, T. S.; MENEZES, F. G. P. e MARTINS, J. A. B. O ensino da botânica na prática: visitas guiadas no jardim didático e evolutivo da Unirio. **Revista Raízes e Rumos**, Rio de Janeiro, v.1, n.1, p.75-98, 2013.

PEREIRA, H. G.; RODRIGUES JR, L. F.; VOLKMER, T. M.; PUPIM V. M. e LUZ, F. F. Comportamento mecânico do poli (ácido láctico) com diferentes pigmentações para a impressão 3d de componentes para aplicação em próteses e órteses. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Materiais, 2016, Natal, v.1, p.01-10. **Anais eletrônicos...Natal**, 2016. Disponível em: <<http://www.cbecimat.com.br/anais/PDF/404-041.pdf>>. Acesso em: 13 jul.2017.

PLEWKA, Michael. **Pediastrum simplex**. 2011. Disponível em: <www.plingfactory.de/Science/Atlas/Kennkarten%20Algen/Chlorophyta/source/Pediastrum%20simplex.html>. Acesso em: 23 mai. 2017.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007, 728p.

SCHEIBEL, J. M. **Desenvolvimento de modelos moleculares para o ensino de química orgânica a partir de material reciclado**. 2015. 56 f. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

OYADOMARI, Jason. Filo Cyanophyta. 2017. In: YAMAGISHI-COSTA J.; SAMPAIO D.S; MARQUES, D. e de CAMPOS, P.A. (Org.) **Sistemática de Criptógamas**. Uberlândia: Instituto de Biologia. Disponível em: <<http://www.criptogamas.ib.ufu.br/node/63>>. Acesso em: 05 jul. 2017.