

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SANTOS
FERNANDA DOS SANTOS CAMARA MELO**

**FABRICAÇÃO DIGITAL NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE
BIOLOGIA CELULAR**

SANTOS – 2016

FERNANDA DOS SANTOS CAMARA MELO

**FABRICAÇÃO DIGITAL NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE
BIOLOGIA CELULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Católica de Santos como exigência
parcial para a obtenção do grau de Licenciatura.

Orientadora: Profa. Dra. Rosângela Ballego
Campanhã

Visto de autorização do professor orientador

SANTOS – 2016

FOLHA DE APROVAÇÃO

FERNANDA DOS SANTOS CAMARA MELO

FABRICAÇÃO DIGITAL NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE BIOLOGIA CELULAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Católica de Santos como exigência
parcial para a obtenção do grau de Licenciatura
em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Rosângela Ballego
Campanhã

Banca Examinadora

Rosângela Ballego Campanhã - Doutora - Universidade Católica de Santos

Adriana Florentino de Souza - Doutora - Universidade Católica de Santos

Data da aprovação _____

SANTOS – 2016

[Dados Internacionais de Catalogação]
Departamento de Bibliotecas da Universidade Católica de Santos

M528f Melo, Fernanda dos Santos Camara

Fabricação digital no ensino-aprendizagem de biologia celular. / Fernanda dos Santos Camara Melo; orientadora Rosângela Ballego Campanhã : [s.n.], 2016.

75 f. ; Monografia (graduação) - Curso de Ciências Biológicas - Universidade Católica de Santos, 2016.

1. Fabricação digital. 2. Ensino-aprendizagem. 3. Biologia celular. 4. Impressão 3D. I. Campanhã, Rosângela Ballego. II. Universidade Católica de Santos. Curso de Ciências Biológicas. III. Fabricação digital no ensino-aprendizagem de biologia celular.

CDU MON 57

AGRADECIMENTOS

A todos os meus professores ao longo de minha vida, em especial a orientadora deste trabalho Dra. Rosângela Ballego Campanhã, a banca Dra. Adriana Florentino de Souza e aos professores da Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Católica de Santos, Dr. Cleber Ferrão Corrêa, Me. Mario de Oliveira, Me. Amélia Cristina da Ponte e Dr. Ronaldo Franchini.

Aos meus pais Magnólia do Santos e Mauricio Camara Melo que sempre me incentivaram e permitiram a realização de meu sonho.

Ao meu mentor, companheiro e amor Caio de Marco que forneceu todo suporte, orientação e carinho que foram a base da construção deste trabalho.

Aos meus amigos e familiares que forneceram o apoio, atenção, inspiração e de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Vinicius Papini

Isabel Ferreira

Iris Helena Cardoso

Iara Assis Stella

Leandro Damata

Maria Joana da Silva

Lucca Gallardo Scarímbolo

Nathalia Costa

Christopher dos Santos Silva

Raquel Abreu

Rafael Virga

Antonio Celso Souza

Niva Silva

Kalenin Pock Branco

Rodrigo Savazoni

Liconn Spada

A toda equipe e participantes do LAB.rinto

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho a todas as forças da Natureza.

Ora iê iê ô!

O homem científico não pretende alcançar um resultado imediato. Ele não espera que suas ideias avançadas sejam imediatamente aceitas. Seus trabalhos são como sementes para o futuro. Seu dever é lançar as bases para aqueles que estão por vir e apontar o caminho.

Nikola Tesla

RESUMO

MELO, Fernanda dos Santos Camara. FABRICAÇÃO DIGITAL NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE BIOLOGIA CELULAR. Santos, 2016, 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Católica de Santos.

A fabricação digital é uma nova e poderosa ferramenta para dinamizar o ensino-aprendizagem de biologia celular, pois o fato das células serem invisíveis a olho nu é relatado como uma dificuldade pelos alunos e a criação de modelos é uma alternativa para dinamizar a apreensão de conhecimento. O objetivo de apresentar e desenvolver materiais utilizando a fabricação digital, relacionados ao ensino aprendizagem de biologia celular, é um desafio inovador para *makers*, professores e alunos. Nesse trabalho realizou-se a criação de um modelo de célula vegetal em escala (1 μm : 1 cm), denominada de *3D Plant Cell*, no qual a parede celular e a base da mesma foram obtidas por projetos de tecnologia, empregando-se equipamento de corte a laser e as organelas internas, núcleo, retículo endoplasmático, complexo de Golgi, vacúolo, mitocôndrias e cloroplastos por projetos de tecnologia em fabricação digital, empregando-se impressora 3D. Adicionalmente, com o intuito de tornar as células mais próximas dos alunos adaptou-se através da fabricação digital um equipamento que torna a câmera de um *smartphone* um microscópio digital caseiro, denominado Micro Curioso, que permite aumentos e a visualização de estruturas celulares. Associado a esses dois produtos foram elaborados três planos de aula para apresentação dos mesmos a alunos e professores. O material digital desenvolvido na pesquisa e os planos de aula, encontram-se disponíveis para reprodução no link: <<http://www.ateliehacker.com/br/fabricacao-digital-no-ensino-de-biologia-celular>>.

Palavras chave: Fabricação Digital, Ensino-Aprendizagem, Biologia Celular, Impressão 3D.

LISTA DE ABREVIações

2D -	Duas dimensões
3D -	Três dimensões
ABS -	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i> (Acrilonitrila butadieno estireno)
CAD -	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho assistido por computador)
CBA -	<i>Center for Bits and Atoms</i> (Centro de Bits e Átomos)
CCCD -	Coordenadoria de Conectividade e Convergência Digital
CO ₂ -	Dióxido de carbono
CPU -	<i>Central Processing Unit</i> (Unidade Central de Processamento)
DIY -	<i>Do It Yourself</i> (Faça Você Mesmo)
DIT -	<i>Do It Together</i> (Fazer Juntos)
FAB LAB -	<i>Fabrication Laboratory</i> (Laboratório de Fabricação)
FDM -	<i>Fused Deposition Modeling</i> (Modelagem por fusão depositada)
FFF -	<i>Filament Fused Fabrication</i> (Fabricação por filamento fundido)
LASER -	<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i> (Amplificação da luz por emissão estimulada da radiação)
MDF -	<i>Medium-Density Fiberboard</i> (Placa de fibra de madeira de média densidade)
MIT -	<i>Massachusetts Institute of Technology</i> (Instituto de Tecnologia de Massachusetts)
PLA -	<i>Polylactic acid</i> (ácido polilático)
RAM -	<i>Random Access Memory</i> (Memória de acesso aleatório)
REL -	Retículo Endoplasmático Liso
RER -	Retículo Endoplasmático Rugoso

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Impressora 3D RepRap Darwin 1.0, o primeiro protótipo de construção aberta e coletiva da primeira máquina de fabricação 3D de auto replicação. 4
- Figura 2 - Destacando a máquina e os processos, em A máquinas de impressão 3D no modelo Prusa i3; em B o bico extrusor e o objeto sendo formado; 5
- Figura 3 - Em A um modelo célula animal, em B um modelo de cromossomo, em C um modelo simplificado de dupla hélice do DNA e em D um modelo de nematocisto todos modelos impressos 3D. 6
- Figura 4 - Exemplos de equipamentos para laboratório utilizando a impressão 3D, em A uma pipeta; em B um apoiador de laminas; em C suporte para amostras; em D um clip controlador de fluxo. 7
- Figura 5 - A foto da tela do software usado na preparação do arquivo para corte em B máquina de corte a laser semelhante a usada no trabalho e em C a máquina realizando o corte. 9
- Figura 6 - Em A um microscópio com estrutura cortada laser e conjunto optico adaptado de uma web cam; Em B adaptador para utilizar a camera do celular no microscópio optico comum, Em C uma estrutura de um microscópio com estrutura cortada a lase e conjunto optico reutilazo de maquinas fotograficas descartaveis e em D um suporte para amostras. 10
- Figura 7 - Modelos de puzzles de animais cortados a laser, em A uma libélula cortada em MDF, em B uma aranha cortada em acrílico transparente, em C um mamute em MDF, e em D uma mosca em acrílico colorido. 11
- Figura 8 - Em A um microscópio feito com corte a laser e em B uma aluna utilizando um dos microscopios em aula. 17

Figura 9 - Microscópio com estrutura totalmente impresso 3D utilizando uma fonte luz e conjunto de lentes.	17
Figura 10 - Modelos feito com massa de modelar infantil simulando os modelos que posteriormente serão impressos, em A núcleo, em B vacúolo e em C cloroplastos.	29
Figura 11 - Fotos das telas do Inkscape programa de desenho vetorial com as desenhos: em A cloroplastos, em B reticulo endoplasmático e em C o complexo de Golgi.	30
Figura 12 - Modelos 3D no programa Blender, a figura A mostra a mitocôndria, em B o cloroplasto e em C o complexo de Golgi em D vacúolo e E o reticulo endoplasmático, F a mitocôndria em G núcleo e E o cloroplasto, nas imagens cada quadrado do plano representa uma escala de 1x1 cm.	31
Figura 13 - Em A as duas partes que compõem o cloroplasto em escala utilizadas dentro do modelo, em B e C o cloroplasto em escala maior dando ênfase as estonas e tilacoides.	33
Figura 14 - Em A as duas partes do núcleo e em B o complexo de Golgi.	34
Figura 15 - Em A as duas partes da mitocôndria em escala que são utilizadas dentro do modelo e em B e C a mitocôndria em escala maior dando ênfase a dupla membrana e as cristas mitocôndriais	35
Figura 16 - Em A o reticulo endoplasmático liso e rugoso e em B as duas partes do vacúolo.	36
Figura 17 - Em A o reticulo endoplasmático pintado de amarelo, em B o complexo de Golgi pintado de rosa, em C cloroplastos pintado de verde e em D mitocôndrias pintadas de laranja e em D o núcleo pintado de azul.	37

Figura 18 - Em A base gravada, em B a base fechada e C a tampa e em D as paredes da célula.	38
Figura 19 - Em A uma visão geral da base gravada e em B, C e D os detalhes da gravação como nome da autora e orientadora.	39
Figura 20 - Em A tampa e paredes, em B as paredes da célula e em C o detalhe da dobradiça que foi utilizada para fixar a tampa.	40
Figura 21 - O projeto 3D Cell Plant concluído, com as organelas impressas 3D e a caixa feita com corte a laser.	41
Figura 22 - Projeto 3D <i>Cell Plant</i> em perspectiva.	42
Figura 23 - Em A foto da tela do programa de desenho vetorial com o apoiador de lamina e a base para o celular, em B a base do microscópio e onde se apoia a luz.	43
Figura 24 – Partes do microscópio MicroCurioso sendo cortadas. Em A o apoiador de lamina e a base para o celular e em B detalhe da gravação com o nome do projeto.	44
Figura 25 - Em A estrutura projeto MicroCurioso e em B o MicroCurioso com o celular.	45
Figura 26 - Em A MicroCurioso visto de lado, em B lente usada no Microcurioso e em C e D fotos de laminas de <i>Elodea sp</i> feitas utilizando o MicroCurioso.	46
Figura 27 - Páginas de um a quatorze do arquivo .ppt para auxílio do professor, com sugestão exercícios para os educandos.	47

SUMÁRIO

I – INTRODUÇÃO	1
1.1 FABRICAÇÃO DIGITAL	2
1.1.2 Equipamentos.....	3
1.1.2.1 Impressão 3D.....	3
1.1.2.2 Corte a Laser.....	8
1.2 LABORATÓRIOS DE FABRICAÇÃO DIGITAL.....	12
1.3 MICROSCÓPIA.....	15
1.3.1 Descrevendo a Célula.....	15
1.3.2 Vida Unicelular.....	16
1.3.3 Microscopia com Fabricação Digital.....	16
1.4 CÉLULA VEGETAL E SUAS ORGANELAS.....	18
1.4.1 As Células Aparência e Função.....	18
II - OBJETIVO	23
III - MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1 Materiais utilizados para impressão.....	24
3.2 Materiais Utilizados para o Corte a laser.....	25
3.3 Materiais Utilizados para Construção do Microscópio	25
3.4 Materiais Utilizados para Acabamento Final.....	25
3.5 Método Utilizado para Impressão 3D.....	26
3.5.1 Modelagem manual	26
3.5.2 Desenho no papel.....	26
3.5.3 Vetorização	26
3.5.4 Modelagem virtual	26
3.5.5 Procedimentos para Impressão 3D	26
3.5.6 Impressão: Construção do objeto Final.....	26
3.5.7 Método para Acabamento Final das Peças	27
3.6 Método para Corte a Laser	27

IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
V - CONCLUSÃO.....	48
VI - REFERÊNCIAS.....	49
VII - GLOSSÁRIO	51
VIII - ANEXO.....	52
IX - APÊNDICE.....	56

I - INTRODUÇÃO

O ensino é um dos pilares mais importantes de qualquer sociedade, é a partir da transmissão de conhecimento que o progresso encontra o seu espaço, e as novas gerações são preparadas para assumir novas responsabilidades e atividades essenciais para a nossa existência. Sendo assim, saber utilizar os avanços tecnológicos em favor de melhorias no processo educacional é, hoje em dia, uma necessidade vital. Pensando que os avanços são frequentes e intensos, cabe aos gestores educacionais voltar os olhares para o ambiente da tecnologia, procurando encontrar as soluções e melhorias mais interessantes e úteis para o contexto da educação. É importante perceber que a tecnologia pode e deve ser tratada como uma aliada no processo oferecendo transformações e benefícios inimagináveis (*WISHBOX TECHNOLOGIES*, 2016).

A Fabricação Digital é um conjunto de tecnologias utilizadas para fabricar objetos físicos diretamente a partir de modelos digitais (ACÚRCIO, 2015). Atualmente a fabricação digital é usada de forma ampla para produzir diversos artefatos que vão do vestuário até construção civil passando por diversas áreas de conhecimento e da produção, sem pretensão de esgotar o tema que se mostra tão amplo, este trabalho concentra informações relevantes para o ensino-aprendizagem de biologia celular justificando assim o recorte do tema e metodologia utilizada.

Das dificuldades no ensino-aprendizagem de Biologia Celular talvez a maior delas seja o fato da célula ser invisível a olho nu, o que a torna muito abstrata para o aluno. Alternativas para o ensino- aprendizagem que auxiliam aos professores e posteriormente aos alunos para uma experiência “sensorial” com a célula. Neste contexto, a tecnologia de construção de matérias educacionais por meio da fabricação digital é hoje uma alternativa viável pois alia o aprendizado tecnológico com a reprodutibilidade e plasticidade de técnicas e materiais que ela oferece.

1.1 - FABRICAÇÃO DIGITAL

A Fabricação Digital é um conjunto de tecnologias utilizadas para fabricar objetos físicos diretamente a partir de modelos digitais. Esta tecnologia já existe há algum tempo, em 1952 já se utilizava deste tipo de tecnologia para produzir peças complexas de aviões, se tornando cada vez mais acessível nos dias de hoje. A fabricação digital também é chamada de prototipagem rápida devido a possibilidade de permitir materializar uma ideia em pouco tempo. A fabricação digital apresenta algumas vantagens dentre elas as instruções de fabricação serem guardadas em um ficheiro de computador podendo serem distribuídas sem perder a qualidade e possibilidade de serem alteradas a qualquer momento reduzindo custos de transporte e armazenamento de projetos (ACÚRCIO, 2015).

O Centro de Bits e Átomos do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) foi um dos pioneiros em pesquisas neste tema, tornando-se referência ao criar o primeiro *FAB LAB* abreviação do termo em inglês (*Fabrication Laboratory*). Os FAB LABS são uma rede de laboratórios voltados para experimentação e investigação no campo da fabricação digital (BARROS, 2011).

Atualmente a fabricação digital é usada de forma ampla para produzir diversos artefatos que vão do vestuário até construção civil passando por diversas áreas de conhecimento e da produção, sem pretensão de esgotar o tema que se mostra tão amplo, este trabalho concentra informações relevantes para a construção de modelos educativos e referente a metodologia utilizada. O que torna o tema interessante para se trabalhar no contexto da educação.

1.1.2 - EQUIPAMENTOS

A transformação de modelos virtuais em objetos reais requer uma série de equipamentos, geralmente máquinas de comando numérico comandadas por computadores, essas máquinas interpretam os arquivos e os traduz em coordenadas nos eixos X, Y e Z. Os processos de produção de artefatos físicos utilizando modelos virtuais podem ser classificados conforme a maneira de produzir e se dividem em processos aditivos de material como por exemplo a impressora 3D; e subtrativos de material como por exemplo o corte a laser. Este trabalho tem como pretensão utilizar-se da fabricação digital como recurso para construção de materiais educativos, a fabricação digital apresenta um conjunto amplo de equipamentos facilitadores destas transformações, este trabalho utiliza como metodologia as tecnologias de impressão 3D e corte a laser, justificando assim o recorte a seguir do trabalho.

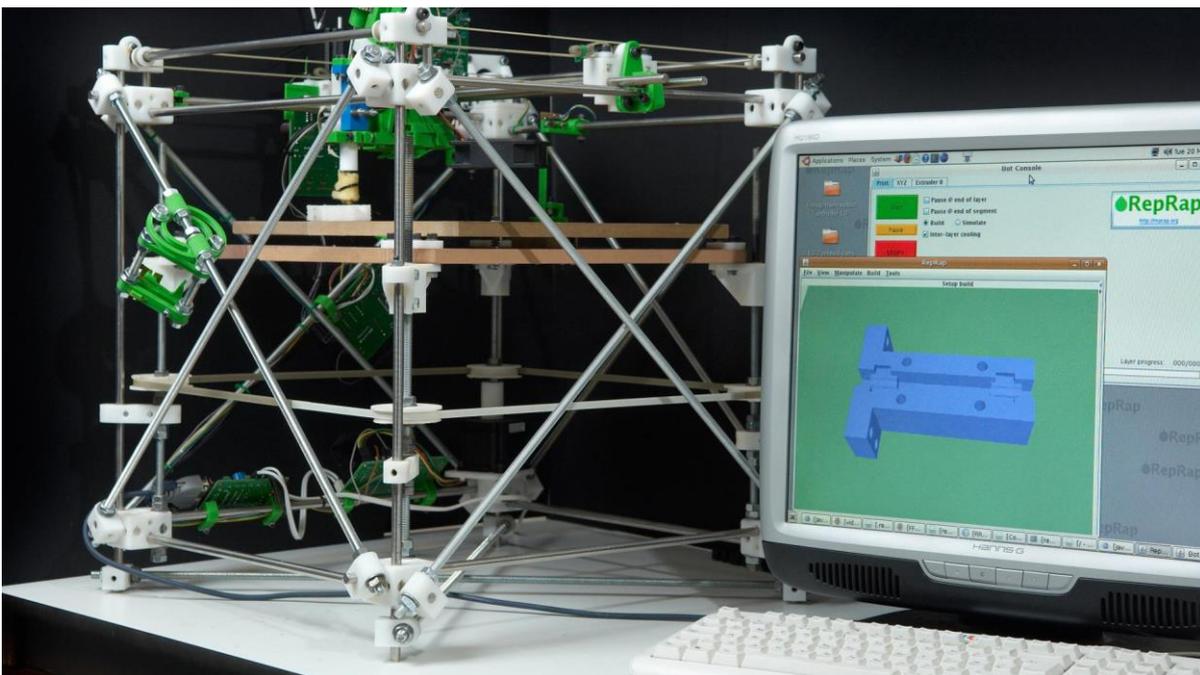
1.1.2.1 - Impressão 3D

Uma impressora 3D converte os pixels da tela em objetos físicos. Algumas impressoras 3D usam um laser para endurecer camadas de líquido ou pó, fazendo que o material surja do banho de matéria-prima, outras produzem objetos com diferentes materiais como vidro; aço; bronze; ouro; titânio ou até mesmo cobertura para bolo. As coisas que podem ser impressas vão de flautas até a produção de tecidos humanos com fluido de células-tronco, até comidas. (ANDERSON, 2012)

Existem muitos tipos de impressoras 3D que utilizam diversas técnicas e materiais para construção do objeto final, apesar da recente popularização esta tecnologia tem cerca de 30 anos. KODAMA 1981, apud AGUIAR, 2016 afirma que a impressão 3D teve início com o trabalho de Kodama (1981) que publicou um método de solidificação de um fotopolímero⁵ utilizando raios ultravioleta para formação de modelos plásticos, técnica que permitia a construção de objetos com a estrutura interna de uma única vez, o que pode dispensar etapa de montagem. Após três anos, Hull (1984), registrou a patente e deu nome ao método e aparato de estereolitografia. Em (1989) Crump registrou a patente de um aparato que construía os objetos através de um método que foi denominado Fused Deposition Modeling (FDM) - modelagem por deposição de material fundido, por se tratar de um nome comercial com restrições de uso, este método também é chamado de Filament Fused Fabrication (FFF)- fabricação por filamento fundido, a simplicidade da

arquitetura das impressoras 3D de filamento fundido tornou o método o mais comum entre as impressoras 3D de baixo custo. A popularização das impressoras 3D para uso doméstico foi devido ao RepRap project, que foi o primeiro projeto de construção aberta e coletiva, da primeira máquina de fabricação 3D de auto replicação, que com ajuda de uma comunidade de apaixonados e numerosas interações públicas, realizaram e divulgaram a documentação de uma máquina de baixo custo. O projeto atualmente conta comunidade virtual, que contribuem com modificações e criações de novos modelos, atualmente já existem mais de 50 versões diferentes e oriundas da primeira RepRap Darwin (figura 1). Posteriormente ao projeto RepRap surgiram outros fabricantes de impressoras 3D de arquitetura aberta.

Figura 1 - Impressora 3D RepRap Darwin 1.0, o primeiro protótipo de construção aberta e coletiva da primeira máquina de fabricação 3D de auto replicação.



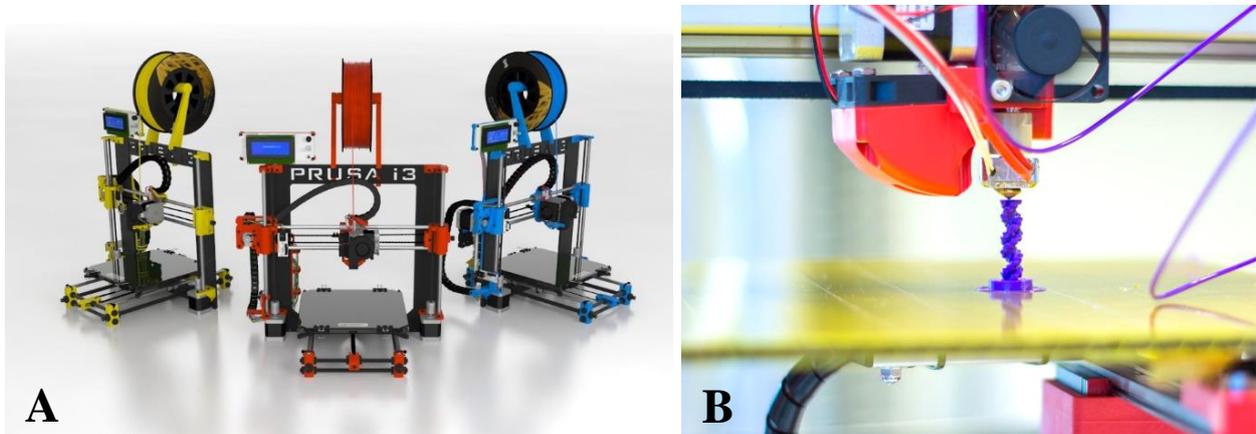
Fonte: http://reprap.org/mediawiki/images/d/d8/All_3_axes_fdmd_sml.jpg

Segundo AGUIAR (2015) o impulso do compartilhamento de conhecimento e à manufatura pessoal motiva a entrada das impressoras 3D na casa das pessoas, isso passar a ser parte conjunto de tecnologias que moldam o comportamento e hábitos, os professores possivelmente puderam se deparar com estudantes que fazem criações por conta própria utilizando impressão 3D. TESCONI (2015, apud AGUIAR, 2015) indicam esses estudantes

sendo adeptos da cultura maker, pessoas que praticam o *Do-It-Yourself* (DIY - termo do inglês faça você mesmo) tanto em casa como em locais onde se partilham ferramentas digitais de construção.

No quadro abaixo (figura 2) podemos observar impressoras semelhantes a usada no trabalho em A algumas máquinas do modelo Prusa i3 e em B uma máquina imprimindo um objeto com destaque para o bico extrusor C uma foto da tela programa *Blender* utilizado para gera o arquivo tridimensional.

Figura 2 - Destacando a máquina e os processos, em A máquinas de impressão 3D no modelo Prusa i3; em B o bico extrusor e o objeto sendo formado.



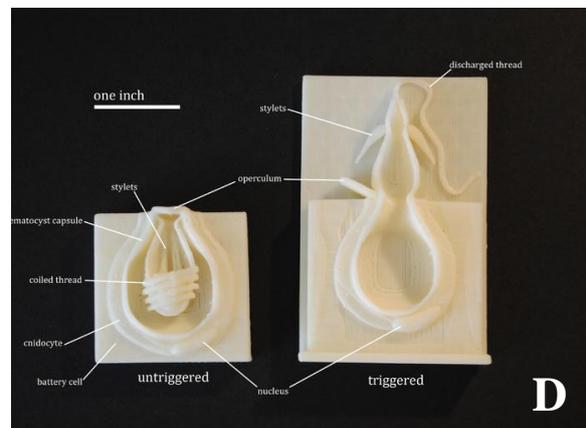
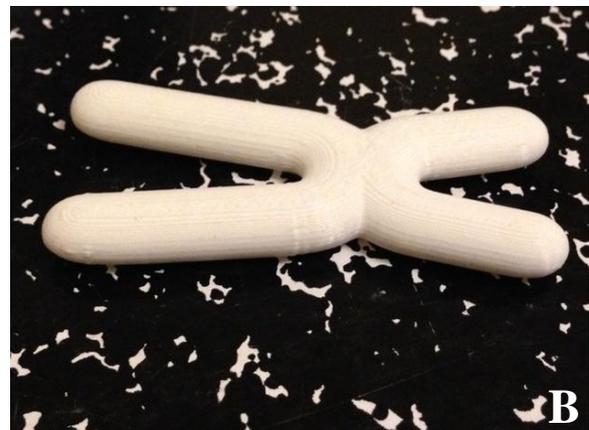
Fonte: A) http://reprap.org/wiki/Prusa_i3_Hephestos/pt ;

Fonte: B) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b8/Felix_3D_Printer_-_Printing_Head.JPG

Modelos Fabricados com Impressão 3D

Afim de destacar a plasticidade da técnica dentro da biologia celular reunindo exemplos de modelos de conhecimento livres disponíveis na internet que utilizam a impressão 3D, na figura 3 podemos ver em A uma célula animal, em B um modelo de cromossomo, em C modelo simplificado de DNA e em D um modelo de nematocisto (célula de defesa da água viva) com destaque para a célula antes e pós reação de defesa.

Figura 3 - Em A um modelo célula animal, em B um modelo de cromossomo, em C um modelo simplificado de dupla hélice do DNA e em D um modelo de nematocisto todos modelos impressos 3D.



Fonte: A) <http://www.thingiverse.com/thing:689381> ;

Fonte: B) <http://www.thingiverse.com/thing:263789> ;

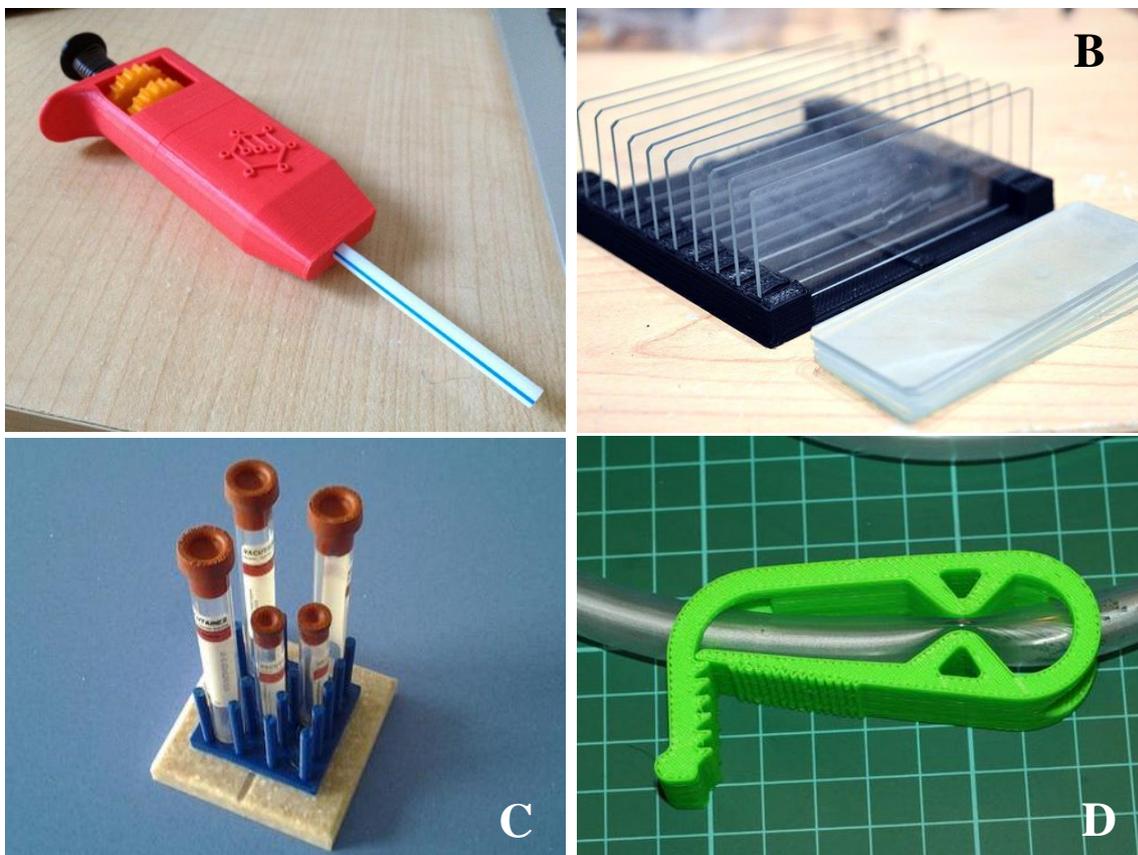
Fonte: C) <http://www.thingiverse.com/thing:1259352> ;

Fonte: D) <http://www.thingiverse.com/thing:32124> ;

Equipamentos de Laboratório Fabricados com Impressão 3D

Outro contexto em que se aplica a fabricação digital e a impressão 3D é equipamentos laboratoriais na figura 4 exemplos equipamentos laboratoriais de conhecimento livre disponíveis na internet que utilizando a impressão 3D, o quadro mostra em A uma pipeta de baixo custo que utiliza um canudo de alimentação comum, em B um apoiador de laminas, em C um suporte para amostras e em D um clip controlador de fluxo.

Figura 4 - Exemplos de equipamentos para laboratório utilizando a impressão 3D, em A uma pipeta; em B um apoiador de laminas; em C suporte para amostras; em D um clip controlador de fluxo.



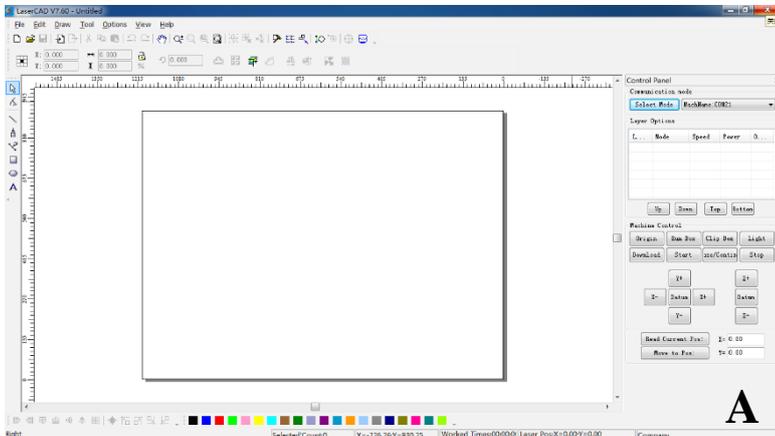
Fonte: A) <http://www.thingiverse.com/thing:64977> ;
Fonte: B) <http://www.thingiverse.com/thing:443240> ;
Fonte: C) <http://www.thingiverse.com/thing:34056> ;
Fonte: D) <http://www.thingiverse.com/thing:28447> .

1.1.2.2 - Corte a Laser

A cortadora a laser é uma máquina de comando numérico e que direciona com muita precisão um feixe de laser de CO₂ sobre o material a ser cortado ou gravado, movimentando-se sempre em dois eixos (X e Y). A potência do laser (medida em Watts) define a espessura dos materiais a serem cortados ou gravados e está diretamente relacionada com a velocidade com que a máquina é capaz de operar. Ela trabalha através de softwares de desenho vetorial e os materiais mais comumente utilizados são a madeira (MDF), o acrílico e o papelão; entre 2 e 10mm. Suas funções básicas são de corte e gravação de matérias. Corte: madeira, papel, papelão, acrílico, couro, tecido, feltro. Gravação: metal, alumínio, pedra, madeira (EYCHENNE, et al 2013).

Segundo ANDERSON (2012) uma das novas ferramentas digitais mais populares é a cortadora a laser, que usa um poderoso laser para cortar um padrão exato de qualquer complexidade em folhas de diversos matérias como plástico, madeira, metal entre outros. A máquina de corte a laser apresenta vantagem sobre e a impressora 3D na construção de alguns objetos, como curto tempo para produção e precisão maior, é importante ressaltar que a comparação das tecnologia de impressão 3D e corte a laser nem sempre pode ser aplicada pois o corte a laser trabalha apenas 2 eixos o X e Y fabricando objetos 2D que eventualmente podem ser montados de forma tridimensional, diferente da impressora 3D que trabalha os eixos X, Y e Z fabricando objetos essencialmente tridimensionais. Na figura 5 abaixo destaca-se o processo e a máquina de corte em A observasse uma máquina de corte a laser e em B uma foto da tela do *software* LaserCAD usado na preparação do arquivo para corte e em C uma peça sendo cortada.

Figura 5 A foto da tela do software usado na preparação do arquivo para corte em B máquina de corte a laser semelhante a usada no trabalho e em C a máquina realizando o corte.



Fonte: A) print screen do aplicativo laser CAD

Fonte: B) <http://www.ecnc.com.br/produtos.html>

Fonte: C) <https://www.youtube.com/watch?v=hMadKB4V5zM>

Equipamentos de Laboratório Fabricados com Corte a Laser

Seguindo o contexto de fabricação de equipamentos para uso laboratorial a técnica de corte a laser também nos permite trabalhar uma serie de possibilidades na figura 6 abaixo exemplos de equipamentos para laboratório utilizando o corte a laser, em A um microscópio com estrutura fabricada com corte a laser e conjunto óptico adaptado de uma web cam, em B adaptador para utilizar a câmera do celular no microscópio óptico comum, em C um microscópio com estrutura cortada a laser e conjunto óptico reutilizado de maquinas fotográficas descartáveis desenvolvido por professores e em D um suporte para amostras.

Figura 6 - Em A um microscópio com estrutura cortada laser e conjunto ótico adaptado de uma *web cam*; Em B adaptador para utilizar a câmera do celular no microscópio óptico comum, e em C uma estrutura de um microscópio com estrutura cortada a laser e conjunto ótico reutilizo de maquinas fotográficas descartáveis e em D um suporte para amostras.



Fonte: A) <http://www.thingiverse.com/thing:277476>;

Fonte: B) <http://www.thingiverse.com/thing:32312> ;

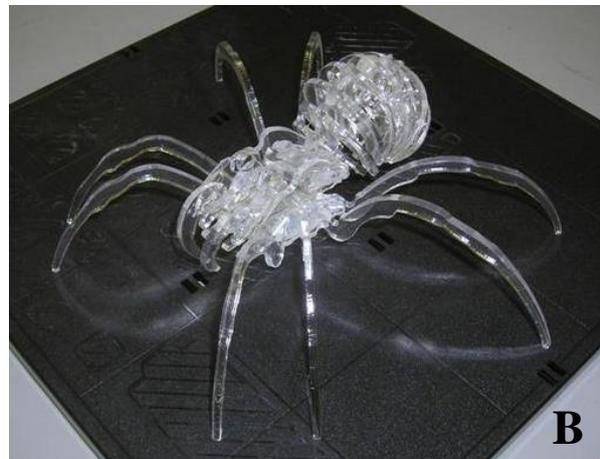
Fonte: C) <http://www.thingiverse.com/thing:31632> ;

Fonte: D) <http://www.thingiverse.com/thing:448539>;

Modelos Fabricados com Corte a Laser

No contexto de modelos educativos na figura 7 abaixo observamos exemplos de modelos livres encontrados na internet de puzzles de animais cortados a laser que podem facilitar a compressão anatômica de animais, em A uma libélula cortada em MDF, em B uma aranha cortada em acrílico transparente, em C um mamute em MDF, e em D uma mosca em acrílico colorido.

Figura 7 - Modelos de puzzles de animais cortados a laser, em A uma libélula cortada em MDF, em B uma aranha cortada em acrílico transparente, em C um mamute em MDF, e em D uma mosca em acrílico colorido.

**A****B****C****D**

Fonte: A) <http://www.thingiverse.com/thing:297758>

Fonte: B) <http://www.thingiverse.com/thing:584>

Fonte: C) <http://www.thingiverse.com/thing:24616>

Fonte: D) <http://www.thingiverse.com/thing:27776>

1.2 Laboratório de Fabricação Digital

Laboratório de fabricação digital é um termo amplo que se refere a espaços que buscam conectar uma rede de pessoas, e os equipamentos diversos que circundam os processos da fabricação digital afim de realizar projetos. Esses espaços foram essenciais para realização desta pesquisa, pois fomentam a investigação em diversas áreas do conhecimento proporcionando a interdisciplinaridade e o aprender fazendo, é importante ressaltar a diferença entre um laboratório de fabricação digital e um FAB LAB, porém os modelos de FAB LABS contemplam de melhor forma este trabalho por se tratar de um modelo que utiliza o conhecimento livre e o vínculo com a comunidade justificando assim o recorte a seguir.

O termo FAB LAB é associado a uma rede de laboratório junto ao MIT enquanto laboratórios de fabricação digital é um termo que se refere somente ao espaço independente sem vínculos, ou compromissos com instituições ou com comunidades. FAB LAB abreviação do termo em inglês (*Fabrication laboratory*) é uma plataforma de prototipagem de objetos físicos e está inserido em uma rede mundial de laboratórios.

Os FAB LABS se destinam a empreendedores, designers, artistas, estudantes, makers e hackers que desejam experimentar, enriquecer seus conhecimentos e passar mais rapidamente da fase do conceito ao protótipo. Um FAB LABS reúne um grupo de máquinas por comando numérico de nível profissional, porém de baixo custo. Alguns exemplos são: uma máquina de corte a laser, impressora 3D, corte vinil, fresadora de alta resolução, múltiplos componentes eletrônicos, microcontroladores abertos e ferramentas de programação associados. Os FAB LABS têm como característica serem aberto a todos, sem distinção de diplomas ou universidades, projeto ou uso, estes espaços abertos a todos e acessíveis (tarifas baixas ou acesso livre) facilita e fomenta a inovação.

O primeiro FAB LAB surgiu no MIT, mais especificamente no laboratório interdisciplinar Center for Bits and Atoms (CBA) este centro de pesquisa tem como objetivo o interesse pela revolução digital e em específico, pela fabricação digital. Os FAB LABS são para o CBA um componente educacional de sensibilização á fabricação digital pessoal, propiciando a democratização da tecnologia e técnicas.

Os FAB LABS devem compartilhar os processos e ferramentas, ser um laboratório com maquinas não é equivalente a um FAB LAB, os laboratórios devem compartilhar o conhecimentos, arquivos e documentações afim de colaborar com os outros FAB LAB da rede nacional e internacional.

Afim de conservar o espírito dos primeiros FAB LABS o CBA redigiu uma carta aberta co-escrita pelos primeiros FAB LABS, chamada FAb Charter. O processo para usar o nome FAB LAB é primeiramente, seguir a FAB Charter, em seguida contatar a associação nacional correspondente ou diretamente o CBA e pedir que o nome do laboratório seja agregado á lista da rede mundial de FAB LAB. (EYCHENNE, 2012). Esses tipos de laboratórios são espaços onde as pessoas podem através do acesso à informação e aos meios de produção digitais realizar suas ideias.

No Brasil o FAB LAB SP é o primeiro laboratório de fabricação digital filiado ao CBA do MIT, foi inaugurado em dezembro de 2011 e está situado dentro da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo (FAUUSP).

São Paulo busca se tornar uma referência mundial em inovação social, criando uma rede pública e aberta de FAB LABS com foco em educação formação e empoderamento de sua comunidade.

No ano de 2016 foi inaugurado na cidade de São Paulo a Rede FAB LAB Livre SP com 12 unidades é uma rede de laboratórios públicos de fabricação digital, “espalhados por todas as regiões da capital paulista com o objetivo de difundir a produção tecnológica na cidade. Os FAB LABS são espécies de centros de pesquisas, que contam com uma série de equipamentos de última geração como impressoras 3D, plotter de recorte, cortadora a laser ou osciloscópio digital, disponibilizados pela Prefeitura de São Paulo, com acesso livre e gratuito aos cidadãos. “O programa da Secretaria de Serviços, por meio da Coordenadoria de Conectividade e Convergência Digital - CCCD, implantou ao menos um laboratório em cada região da cidade, dando prioridade para as áreas socialmente vulneráveis e com maior circulação de pessoas. ” (Secretaria Executiva de Comunicação, 2016)

Na Baixada Santista em 2016 encontramos alguns laboratórios de fabricação digital que utilizam diferentes modelos de negócio. Em entrevista com fundadores e colaboradores dos espaços obtive se um breve levantamento destes laboratórios na região.

CrieAqui é um espaço colaborativo, com estrutura para desenvolvimento e fabricação de processos em baixa escala que adota a filosofia do DIT (do it together) e o DIY (*do it yourself*). Nosso trabalho é difundir e disseminar esta filosofia de forma a apoiar e incentivar o potencial criador que existe em cada indivíduo. Tratamos cada um como o ser humano é, um ser único de características únicas, desta forma acreditamos que a inter-relação destes indivíduos criam novas maneiras de evolução tanto social como

tecnológica. BRANCO, Kalenim Pock. Laboratorios de Fabricação Digital: depoimento [agosto,2016]. Entrevistador : Autora. Santos: UNISANTOS,2016. Entrevista concedida para o presente trabalho.

O Ateliê Hacker é um espaço que presta serviços de digitalização, modelagem, impressão 3D e corte a laser, além de projetos na área de educação com cursos e oficinas voltadas para eletrônica criativa e biohacking. SILVA. Caio de Marco, 2016. Laboratorios de Fabricação Digital: depoimento [agosto,2016]. Entrevistador : Autora. Santos: UNISANTOS,2016. Entrevista concedida para o presente trabalho.

O *maker space* Dínamo - dispositivos inovação e aprendizagem da Unimonte - Centro Universitário Monte Serrat. É um programa de inovação social que envolve diversos 'dispositivos', como salas, equipamentos, cursos, eventos, pessoas e um maker space equipado com ferramentas de fabricação digital - impressora 3D, corte a laser, router cnc, eletrônica, arduíno. A intenção é dar apoio a projetos dos alunos. Tanto acadêmicos quanto pessoais. SILVA, Nivaldo, 2016. Laboratorios de Fabricação Digital: depoimento [agosto,2016]. Entrevistador : Autora. Santos: UNISANTOS,2016. Entrevista concedida para o presente trabalho.

1.3 - MICROSCOPIA

O desenvolvimento do microscópio composto no século XVII, abriu um novo mundo de estruturas nunca vistas. O primeiro microscópio composto foi desenvolvido provavelmente por Hans Lippershey ou Hans e Zacharius Janssan, holandeses fabricantes de lentes. O cientista inglês Robert Hooke não foi o primeiro a observar coisas vivas usando um microscópio, entretanto sua publicação de 1665 de *Micrographia*, ele estarreceu os leitores com a nova ciência da microscopia. Desenhos precisos feitos pelo próprio Hooke mostravam objetos que o público jamais vira como a anatomia detalhada de piolhos e pulgas, as asas de um mosquito, ele também desenhou alguns objetos feitos pelo homem como a ponta afiada de uma agulha. HART-DAVIS, 2016.

1.3.1 - Descrevendo as células

Um dos desenhos de Hooke era uma fatia fina de cortiça. Na estrutura da cortiça, ele frisava o que pareciam paredes dividindo cubículos de monges num mosteiro. Essas foram as primeiras descrições e desenhos registrados de células, unidades básicas das todas as coisas vivas são feitas.

Antonie Van Leeuwenhoek descobriu um mundo inteiramente novo incluindo esperma humano, células sanguíneas e, o mais impressionante, as bactérias. Leeuwenhoek mirou suas lentes em lugares onde parecia não haver vida, particularmente em líquidos, estudou gotas de chuva, placa dentárias, fezes, esperma, sangue e muito mais. Foi nesses substâncias que Leeuwenhoek descobriu a riqueza da vida microscópica. Ao contrário de Hooke, Leeuwenhoek não usou um microscópio composto de duas lentes mas uma lente única, de altíssima qualidade, na verdade uma lupa. Leeuwenhoek fazia seus próprios microscópios, e depois de anos aperfeiçoando sua técnica, conseguiu uma ampliação de mais de 200 vezes. Seus microscópios eram dispositivos pequenos, com lentes miúdas, de apenas alguns milímetros de diâmetro (HART-DAVIS, 2016).

1.3.2 - Vida Unicelular

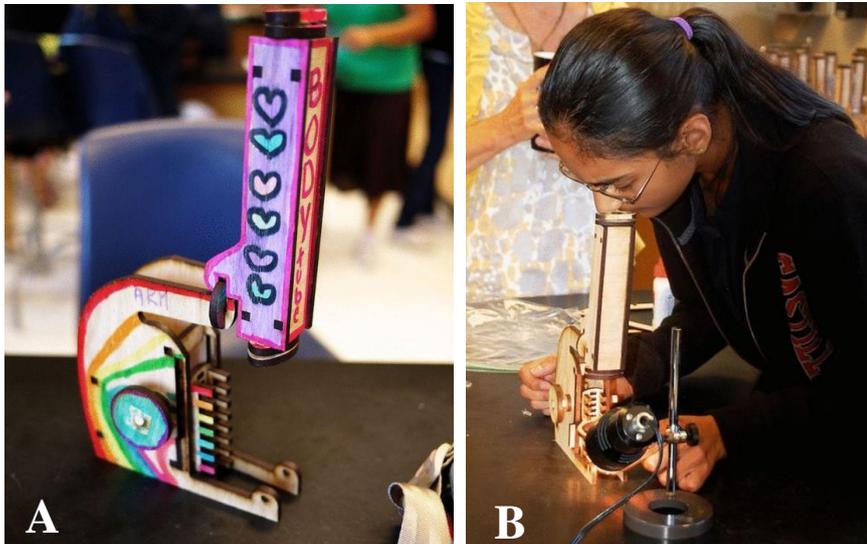
A princípio, Leewenhoek não encontrou nada de incomum, mas em 1674 relatou ter visto pequenas criaturas, mais finas que um cabelo humano, em uma amostra da água de um lago, eram algas verdes *Spirogyra*. Leeuwenhoek chamava essas criaturas de “animálculos” descreveu como seu próprio sêmen estava impregnado de criaturinhas que hoje chamamos de espermatozoides. Ao contrário das criaturas que ele encontrou na água, os animálculos no sêmen eram idênticos cada um dos muitos milhares que ele olhava tinha o mesmo rabinho e a mesma cabecinha, e mais nada, ele podia vê-los nadando no sêmen como girinos. Leeuwenhoek relatou suas descobertas em centenas de cartas à Royal Society, em Londres (HART-DAVIS, 2016).

1.3.3 - Microscopia com a Fabricação Digital

A fabricação digital apresenta grande potencial para microscopia, atualmente existe diversos projetos de microscopia abertos compartilhados na internet, os projetos variam de microscópios de baixo custo, até microscópios que utilizam câmeras webcam ou microscópios que podem ser construído pelos próprios alunos, a seguir comentaremos dois exemplos de microscópios o primeiro exemplo do *Bourn Idea Lab* é feito com corte a laser já o segundo exemplo de Konrad engenheiro é um microscópio feito somente com impressão 3D.

Dois professores do *Bourn Idea Lab @ Castilleja School* em parceria realizaram uma atividade chamada *Let's Build a Microscope!* (Tradução do inglês vamos construir um microscópio!) Figura 8. Se você pode construir seu próprio microscópio, seria muito mais fácil de aprender como ele funciona, certo? Pelo menos essa é a ideia por trás do projeto, os professores buscavam uma forma de ensinar aos alunos os conceitos básicos de microscopia usando uma atividade em que os próprios alunos construíssem. Utilizando peças cortadas a laser com lentes de plástico recuperadas a partir de câmeras descartáveis, anilhas de metal, e cavilhas de madeira, nós projetamos uma atividade de construção de microscópio para as nossas aulas de ciências 7ª série. Como os alunos trabalharam em pares para construir o microscópio, eles usaram um vídeo como guia. Para fazer o seu próprio, confira: <thingiverse.com/thing:31632>.

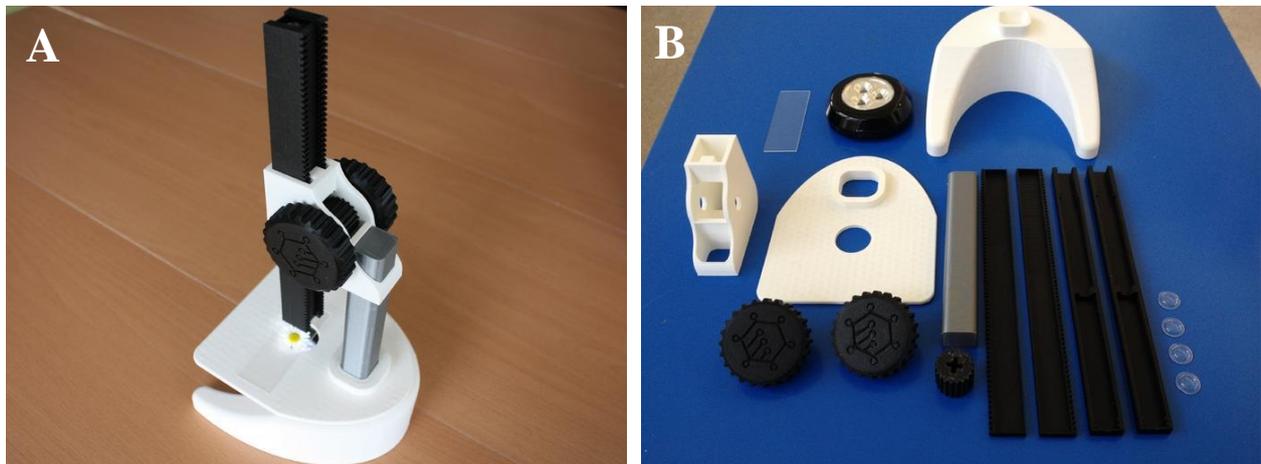
Figura 8 - Em A um microscópio feito com corte a laser e em B uma aluna utilizando um dos microscópios em aula.



Fonte: A – B) <http://www.thingiverse.com/thing:31632>

Konrad de Vancouver, BC engenheiro entusiasta da impressão 3D, realiza e compartilha projetos abertos no site <http://www.thingiverse.com/> que desenvolveu o “*A Fully Printable Microscope*” traduzindo do inglês Um Microscópio totalmente Impresso, figura 9 utilizando apenas impressão 3D, um conjunto de lentes e uma fonte de luz.

Figura 9 - Microscópio com estrutura totalmente impresso 3D utilizando uma fonte luz e conjunto de lentes.



Fonte: A – B) <http://www.thingiverse.com/thing:85698>

1.4 - CÉLULA VEGETAL E SUAS ORGANELAS

Segundo ALBERTS (2006) Todas as coisas vivas são feitas de células, pequenas unidades limitadas por membranas preenchida com uma solução aquosa concentrada de químicos e dotadas com a capacidade de criar copias delas mesmas através de seu crescimento e divisão.

As células são as unidades funcionais e estruturais da vida. Os menores organismos são compostos de uma única célula. Os maiores são feitos de bilhões de células, cada uma das quais ainda vive uma existência parcialmente independente. A caracterização de que todos os organismos são compostos de células foi um dos mais importantes avanços conceituais na história da biologia porque proporcionou um tema unificados para o estudo de toda a matéria viva. Quando estudada em nível celular, mesmo os organismos mais diversos são extremamente similares uns aos outros, tanto na sua organização física quanto nas propriedades bioquímicas (RAVEN, 1996).

1.4.1 - As células Aparência e Função

As células em sua maturidade, podem diferir muito umas das outras quanto suas estruturas. No entanto todas apresentam uma mesma estrutura básica de organização possuindo núcleo, citoplasma e organelas sub celulares, estando envoltas por uma membrana que define seus limites. Todas as células vegetais iniciam com uma quantidade semelhante de organelas, porém durante a maturação celular determinadas estruturas podem ser perdidas (TAIZ, 2004).

Segundo RAVEN (1996) A célula consiste em uma parede celular mais ou menos rígida e citoplasma e núcleo, o citoplasma inclui entidades distintas delimitadas por membranas (organelas), sistemas de membranas (retículo endoplasmático e complexo de Golgi).

A presença de parede celular, acima de todas as outras características, distingue as células vegetais das células animais. A parede celular restringe o tamanho do protoplasto aumenta de tamanho ao entrar na água na célula. As paredes celulares contêm uma variedade de enzimas e tem papel importante na absorção, transporte e secreção de substâncias na uma planta. Elas também podem servir como sítio de atividade lisossomos

ou digestiva. Além disso, a parede celular tem papel importante na defesa do vegetal contra patogênicos como bactérias e fungos. A celulose é o componente mais característico da parede celular e que determina em grande parte sua arquitetura. A celulose é formada por suas extremidades (RAVEN, 1996).

A presença de uma parede celular espessa que envolve a membrana plasmática tem por função dar proteção e sustentação mecânica à célula, determinar sua forma e auxiliar na manutenção do equilíbrio entre a pressão osmótica intracelular e a tendência da água em entrar na célula. É também a partir da parede celular que ocorre a diferenciação das células vegetais: câmbio, tubos crivosos de floema e dos vasos do xilema.

A maioria das células vegetais possui pontes que atravessam a parede celular, tornando o citoplasma das células contínuo, são esses os plasmodesmas, que permitem a livre circulação de líquidos e solutos, importante para manter a tonicidade da célula vegetal.

Já os vacúolos são regiões dentro da célula, envoltas por uma membrana preenchida com um líquido chamado suco celular. Estas organelas estão recobertas por uma membrana vacuolar. Os vacúolos podem ser encontrados em diferentes formas e funções distintas dentro de uma única célula madura. Em uma célula madura, o vacúolo pode ocupar até 90% de seu volume total. São um compartimento importante para estocagem de vários metabólitos, como reservas proteicas, e também estão associados a degradação de macromoléculas e reciclagem de seus componentes dentro da célula (RAVEN, 1996).

As células vegetais apresentam grandes vacúolos centrais, que podem ocupar mais de 80% do volume total da célula. O vacúolo contém íons inorgânicos dissolvido em ácidos orgânicos, açúcares, enzimas e vários metabólitos secundários. O acúmulo ativo de solutos produz uma força osmótica para absorção de água pelo vacúolo, que é necessária para expansão da célula vegetal. A pressão de turgor gerada pela absorção de água é o que proporciona rigidez estrutural da célula necessária para manter uma planta herbácea ereta, pois as mesmas não apresentam tecidos de sustentação lignificados como as plantas lenhosa (TAIZ, 2004).

Em conjunto com vacúolo e paredes celulares, os plastídios são componentes característicos das células vegetais. Cada plastídio é envolvido por um envelope constituído de duas membranas. Os plastídios são normalmente classificados com base nos tipos de pigmentos que contêm os plastos ou plastídios, são organelas específicas de células vegetais. Os mais comuns e importantes são os cloroplastos que juntamente com as mitocôndrias, realizam as transformações energéticas para manter as funções das células.

Além dos cloroplastos, existem outros plastídios com pigmentos, os chamados cloroplastos que são responsáveis pela pigmentação de pétalas, frutos e raízes. Outro tipo de plastídio são os leucoplastos, encontrados em células embrionárias e em células de órgãos que não recebem luz. São incolores e produzem e acumulam amido (amiloplasto). Outro tipo de plastos de armazenamento são os proteoplastos (acumulam proteína) e os oleoplastos (lipídios) (RAVEN, 1996).

Os cloroplastos, o local da fotossíntese, contêm pigmentos de clorofila e carotenoides. Os pigmentos de clorofila são os responsáveis pela cor verde destes plastídios. Os cloroplastos têm usualmente a forma discoide e medem entre 4 a 6 micrometro de diâmetro. Uma única célula do mesófilo pode conter de 40 a 50 cloroplastos (RAVEN, 1996). Os cloroplastos são organelas envolvidas por dupla membranas, que são ricas em glicosilglicerídeos, contêm clorofila e suas moléculas associadas constituem o sítio da fotossíntese. Além da membrana externa e interna os cloroplasto também apresentam um terceiro sistema de membrana, chamado de tilacoidas. Uma pilha de tilacóides forma um *granum*. Os pigmentos e proteínas, que atuam nos eventos fotossíntese, estão embebidos na membrana do tilacóide, os quais compartilham um fluido análoga matriz mitocondrial, o estroma. Os grana estão conectados por membranas, as lamelas do estroma. (TAIZ, 2004).

Por outro lado, o núcleo é geralmente a estrutura mais proeminente no interior da célula. O núcleo realiza duas funções importantes: controla as atividades normais da célula por determinar quais moléculas protéicas serão produzidas pela célula, e armazena informação genética, transferindo está para as células filhas durante a divisão celular. O núcleo é delimitado por um par de membranas chamado de envelope nuclear. O envelope nuclear contém um grande número de poros que têm um diâmetro entre 30 a 100 nanômetros (RAVEN, 1996).

O núcleo é organela que contém a informação genética responsável pela regulação do metabolismo, crescimento e diferenciação da célula." É limitado pelo envoltório nuclear que determinados pontos, forma os poros nuclear. O poro nuclear é uma elaborada estrutura, composta por centenas de proteínas diferentes organizadas em simetria octogonal, que formam um complexo do poro nuclear, tendo uma estrutura central que atua como transportador ativo, facilitando a movimentação de macromoléculas e subunidades ribossômicas, tanto para dentro quanto para fora do núcleo. O núcleo contém uma região densamente granular, chamada de nucléolo, que é o sítio de síntese dos ribossomos. O

nucléolo inclui cromossomos onde os genes do RNA ribossômico (rRNA) estão agrupados, formando a região organizadora de nucléolo (TAIZ, 2004).

As mitocôndrias são o local da respiração. Este processo envolve a liberação de energia a partir de moléculas orgânicas e sua conversão em ATP (adenosina trifosfato), a principal fonte para obtenção de energia em todas as células eucarióticas. A maioria das células vegetais contém centenas ou milhares de mitocôndrias por células, este número estando associado com as necessidades de ATP desta célula (RAVEN, 1996).

As mitocôndrias são os sítios de respiração celular, elas realizam o processo no qual a energia liberada pelo açúcar é usada para síntese de ATP (trifosfato adenosina) a partir de ADP (difosfato de adenosina) e do fosfato inorgânico (Pi). As mitocôndrias possuem formas que variam de esféricas à tubulares, mas todas apresentam membrana externa lisa e membrana interna altamente invaginada. As invaginações da membrana interna, são denominadas cristas, o compartimento delimitado pela crista é chamado matriz mitocondrial, o qual contém as enzimas da rota do metabolismo intermediário, denominado ciclo de Krebs (TAIZ, 2004).

Sistema endoplasmático é um sistema de membranas complexo e tridimensional de tamanho indefinido. A forma e o número de retículos endoplasmáticos dentro de uma célula variam bastante de acordo com o tipo de células, atividade metabólica e estágio de desenvolvimento. Por exemplo, em células que secretam ou armazenam proteínas, o retículo endoplasmático apresentam-se em forma de sacos achatados, ou cisternas, com numerosos ribossomos associados na sua superfície externa. O retículo endoplasmático que apresenta ribossomos em sua superfície é chamado de retículo endoplasmático rugoso. Ao contrário, as células que secretam lipídios tem um grande sistema de túbulos que não apresentam ribossomos. O retículo endoplasmático que não tem ribossomos é denominado de retículo endoplasmático liso, geralmente apresenta forma tubular. Ambos os retículos, liso e rugoso, podem ocorrer em uma mesma célula; é comum a existência de várias conexões entre eles. É o local principal da síntese da membrana dentro da célula (RAVEN, 1996).

Há dois tipos de retículo: o liso (REL) e o rugoso (RER), ambos interconectados. O RER difere do REL por apresentar ribossomos em sua superfície, e tender a ser lamelar, enquanto o REL tende a ser tubular, embora possa ser observada uma transição gradual entre os dois tipos, em quase todas as células. Suas diferenças estruturais vêm acompanhadas de diferenças funcionais, o REL atua como sítio de síntese de lipídeos e

formação de membranas. Já o RER é o local onde a síntese de proteínas de membrana e proteínas que serão secretadas para o exterior da célula ou para os vacúolos.

Reticulo endoplasmático liso- tem a forma de túbulos, está envolvido em transporte e armazenamento de substâncias, síntese de lipídios e desintoxicação celular;

Retículo endoplasmático rugoso- possui ribossomos aderidos a sua superfície citoplasmática; como os ribossomos fazem a síntese proteica, o retículo endoplasmático rugoso está envolvido na síntese proteica, além de transporte e armazenamento de substâncias e principalmente proteínas (TAIZ, 2004).

O complexo de Golgi são grupos de sacos achatados em forma de discos, ou cisternas, que são geralmente ramificados em uma série complexa de túbulos em suas margens. Estão envolvidos na secreção, e a maioria dos complexos de golgi de plantas superiores está associada com a síntese da parede celular (RAVEN, 1996).

O complexo de Golgi das células vegetais é uma estrutura que consiste em pilhas de sáculos membranosos achatados, ou cisternas. Cada pilha individual é chama de corpo Golgi ou dictossomo. A estrutura completa é estabilizada pela presença de elementos intercisternas, que são ligações de proteínas que mantêm as cisternas unidas. O complexo de Golgi desempenha a função de síntese e secreção de polissacarídeos complexos e na adição de cadeias laterais de oligossacarídeos nas glicoproteínas (TAIZ, 2004).

II - OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo apresentar e desenvolver materiais a partir da manufatura utilizando a fabricação digital, empregando suas técnicas, tecnologias e materiais relacionando o seu uso no ensino aprendizagem de biologia celular.

III - MATERIAIS E MÉTODOS

Para o método de impressão 3D utilizou se Computador processador Intel® Core™ i3 – 5005U CPU @ 2.00 GHz memória (RAM) 4,00 GB Sistema Operacional de 64 bits. Filamentos de diversos polímeros (PLA e ABS). Software de desenho vetorial (Inkscape). Softwares de desenho tridimensional (Blender). Softwares de fatiamento de objetos 3D (Slic3r). Máquina de Impressão 3D (modelo Graber i3). Massa de modelar infantil. Materiais de desenho manual. Máquina fotográfica Sony Cyber-Shot 16.1 Mega Pixels

Para o método de corte a laser utilizou se Acrílico 3mm. Computador processador Intel® Core™ i3 – 5005U CPU @ 2.00 GHz memória (RAM) 4,00 GB Sistema Operacional de 64 bits. Máquina de corte a laser (modelo da Ecnc). Madeira MDF 3mm. *Software* de desenho vetorial (*Inkscape*). *Software* Laser CAD.

3.1 - Materiais Utilizados para Impressão:

- Computador processador Intel® Core™ i3 – 5005U CPU @ 2.00 GHz memória (RAM) 4,00 GB Sistema Operacional de 64 bits;
- Filamentos de diversos polímeros (PLA e ABS);
- Software de desenho vetorial (Inkscape);
- Softwares de desenho tridimensional (Blender);
- Softwares de fatiamento de objetos 3D (Slic3r);
- Máquina de Impressão 3D (modelo Graber i3) ;
- Massa de modelar infantil;
- Materiais de desenho manual e,
- Máquina fotográfica Sony Cyber-Shot 16.1 Mega Pixels.

3.2 - Materiais Utilizados para o Corte a Laser:

- Acrílico 3mm e 6mm;
- Computador processador Intel® Core™ i3 – 5005U CPU @ 2.00 GHz memória (RAM) 4,00 GB Sistema Operacional de 64 bits;
- Máquina de corte a laser (modelo da Ecnc);
- Madeira MDF 3mm;
- Software de desenho vetorial (Inkscape) e,
- Software Laser CAD.

3.3 - Materiais Utilizados para Construção do Microscópio:

- Acrílico 6mm;
- MDF 6mm;
- Laser pointer infantil com luz de LED;
- Parafusos 6.2mm;
- Porcas 6.2mm;
- Borboletas 6.2mm e,
- Arruela 6.2mm.

3.4 Materiais Utilizados para Acabamento Final:

- Lixas graduações, 80, 120, 220;
- Tintas spray diversas cores;
- Parafuso M3 - 6mm;
- Dobradiça;
- Porca M3;
- Cola de ésteres alfa cianocrilato e,
- Verniz para madeira.

3.5 - Métodos para Impressão 3D

3.5.1 - MODELAGEM MANUAL

No desenho bidimensional existem limitações volumétricas de representações 3D que eventualmente são importantes para a modelagem do objeto. Esta etapa que utiliza massa de modelar infantil para rascunhar o objeto, esta técnica permite projetar algo tridimensional de uma maneira mais intuitiva, como mostra a Figura 10 no item resultados.

3.5.2 - DESENHANDO NO PAPEL

A primeira etapa consiste em desenhar a mão livre a modelo bidimensional em papel branco com canetas preta, estes desenhos são então, digitalizados através de fotografia, para posteriormente serem trabalhos virtualmente.

3.5.3 - VETORIZAÇÃO

O desenho digitalizado é aberto no programa de vetor Inkscape, onde a imagem é vetorizada automaticamente. Esses vetores são trabalhados de forma a melhor ajustar o desenho original e gera-se um arquivo .svg, formato de arquivo vetorial compatível com o software 3D Blender, como mostra a Figura 11 no item resultados.

3.5.4 - MODELAGEM VIRTUAL

A etapa da modelagem virtual se dá no programa Blender, onde o arquivo .svg é aberto com os vetores desenhados ainda bidimensional, e então o desenho é extrusado no eixo Z. Os múltiplos elementos são trabalhados de forma estruturar o objeto de maneira adequada aos parâmetros da impressão 3D. É gerado então um arquivo um arquivo .stl , como mostra a Figura 12 no item resultados.

3.5.5 - PROCEDIMENTOS PARA IMPRESSÃO

Após gerar o modelo tridimensional em um arquivo .stl abrimos este arquivo no programa Slic3r que fatia o modelo, e um conjunto de instruções para a impressora construir o objeto em camadas sucessivas. É gerado então um arquivo .gcode que é quem conversa diretamente com a impressora.

3.5.6 - IMPRESSÃO: A CONSTRUÇÃO DO OBJETO FINAL

Com o arquivo .gcode pronto ele é copiado para um SD Card, então a próxima etapa é configurar a impressora ajustando a temperatura da mesa e do bico extrusor conforme o filamento utilizado e iniciar a impressão, como mostra as Figura 13, 14, 15 e 16.

3.5.7 - Método para Acabamento Final das Peças

- Lixar

Afim de uma melhor aderência da tinta e suavizar as linhas de construção da peça impressa 3D foi utilizado uma lixa 80, 120, 220 respectivamente.

- Pintar

Após lixadas as peças foram limpas utilizando somente água, secas com um pano e pintadas utilizando tinta spray. Cada peça exigiu um determinado número de camadas de tinta em geral 3 – 5 camadas foram suficientes como mostra Figura 17 no item resultados.

3.6 - Método para Corte a Laser

- Desenho Digital

Em uma primeira etapa é desenhado no programa Inkscape o modelo, gerado um .dxf que é usado no programa Laser CAD, onde é ajustado a velocidade e potência do laser em relação aos vetores do desenho, então é exportado um arquivo .ud5, formato utilizado pela máquina como mostram as Figuras 18 e 23 no item resultados .

- Corte a Laser

O arquivo .ud5 é copiado para um pendrive que é conectado a máquina de corte. No painel seleciona-se o arquivo ser cortado, posiciona-se o material a ser cortado dentro da máquina. Seguindo com os procedimentos de segurança, como ligar o exaustor e fechar a tampa de proteção e iniciar o corte como mostra a Figura 19, 20, 24 no item resultados.

IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado final apresenta-se um modelo de célula vegetal projetado denominado *3D Plant Cell* – Figura 21 e 22 junto ao microscópio projetado denominado *MicroCurioso* – Figura 25 e 26 os dois manufacturados a partir da fabricação digital utilizando-se de técnicas tanto aditivas como subtrativas a fim de suprir necessidades encontradas frente ao ensino de biologia celular como, o acesso a microscópios, e modelos que propõem a facilitação no ensino – aprendizagem da célula vegetal através do contato físico com peças tridimensionais.

O procedimento de impressão 3D e o de corte a laser geram dois resultados diferentes, os objetos físicos e os arquivos digitais. A seguir apresentam-se como parte da pesquisa desenvolvida ao longo de dois semestres no decorrer das disciplinas TCC I e TCC II da Universidade Católica de Santos. Todo o processo de prototipagem e impressão das peças da célula vegetal se deu no Ateliê Hacker, já o processo de corte a laser tanto da célula quanto do microscópio foi desenvolvido no Crie Aqui, com o suporte técnico de fabricação digital de Caio de Marco, todos os arquivos estão protegidos sob licença Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) e disponível para reprodução no link < <http://www.ateliehacker.com/br/fabricacao-digital-no-ensino-de-biologia-celular> > permissões além do escopo desta licença podem ser consultadas através do e-mail do autor fernanda0840@gmail.com.

3D Plant Cell é um modelo em escala de 1µm para 1cm baseado em MALAJOVICH, M. 2016 – Célula O Tamanho das Organelas. Este modelo de célula vegetal é um modelo simplificado e adaptado para servir com apoio no ensino de biologia celular. A representação da célula possui algumas partes cortadas e gravadas a laser: base e paredes, e outras partes como as organelas impressas 3D: vacúolo, núcleo, retículo endoplasmático, complexo de Golgi, mitocôndrias, cloroplastos. Realizou-se um modelo com maior escala da mitocôndria e de um cloroplasto acreditando-se que o conceito de dupla membrana e fontes de energias são sempre conceitos que têm maior ênfase no ensino de biologia celular.

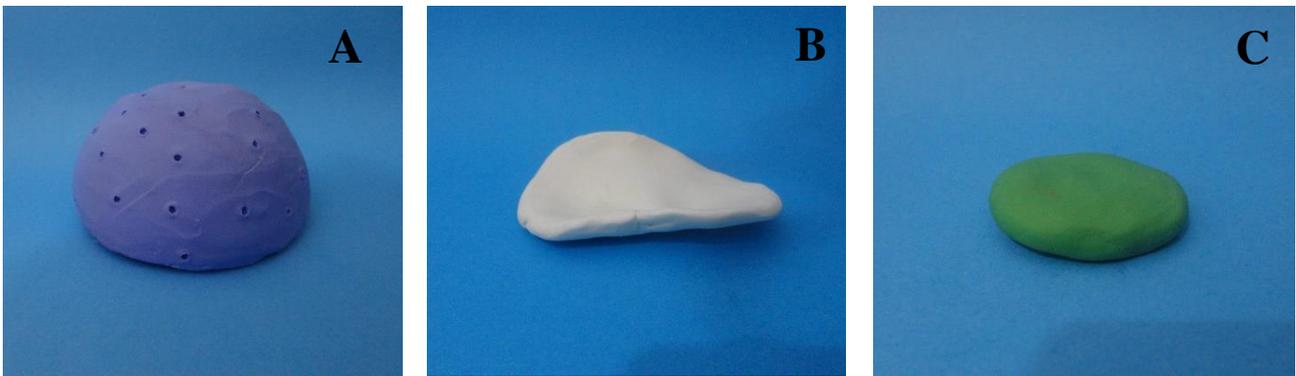
MicroCurioso é um microscópio digital que utiliza o celular como tela manufacturada a partir da fabricação digital e baseado em Yoshino K. 2015 *Smartphone Microscope* utilizando o corte a laser para sua estrutura e uma caneta de laser vermelho encontrada em lojas de brinquedo infantil de onde retiramos a lente para ampliação da amostra.

Métodos para Impressão 3D

MODELAGEM MANUAL

Como citado no método a modelagem manual com massa de modelar infantil é parte do processo de prototipagem e serve como alternativa para quem não possui o acesso à tecnologia de impressão.

Figura 10 - Modelos feitos com massa de modelar infantil simulando os modelos que posteriormente serão impressos, em A núcleo e em B vacúolo e em C cloroplasto.

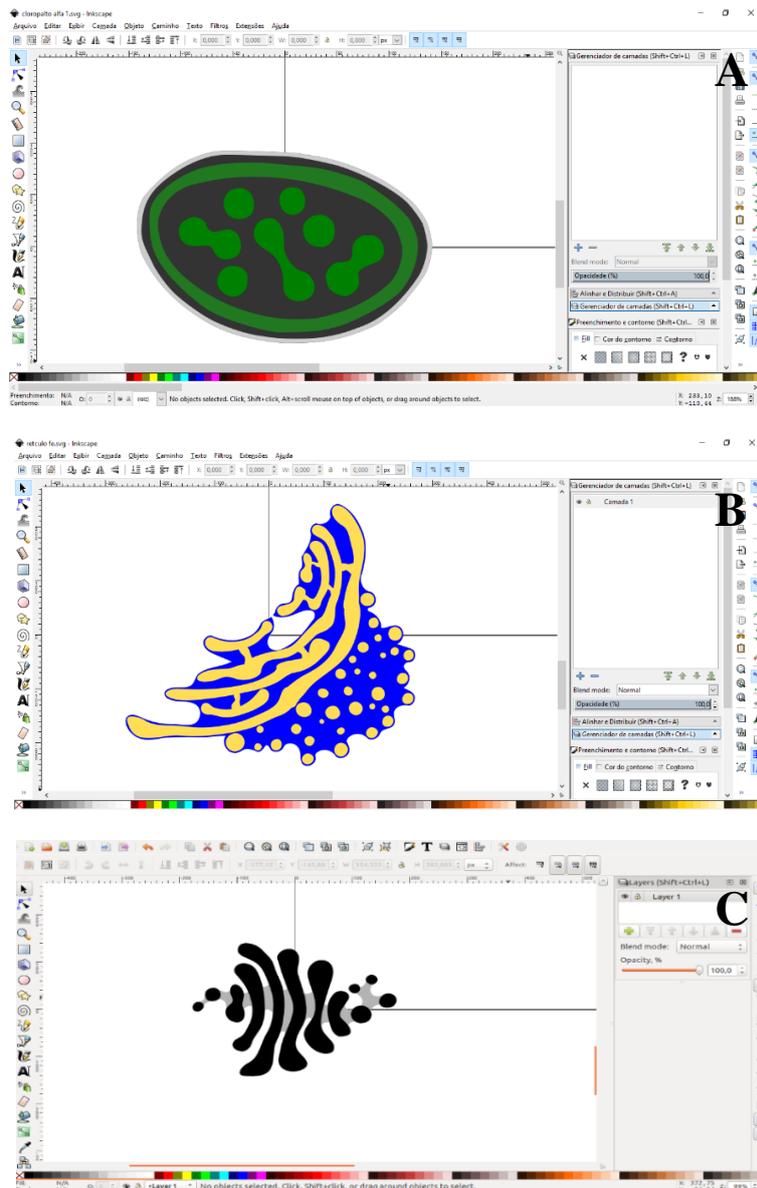


Fonte: Fotos da autora

VETORIZAÇÃO

Como citado no método parte do processo deste procedimento é a vetorização dos desenhos manuais, esta vetorização gera arquivos de vetor, na Figura X observa se em A os vetores do cloroplasto, em B o reticulo endoplasmático e em C o complexo de Golgi.

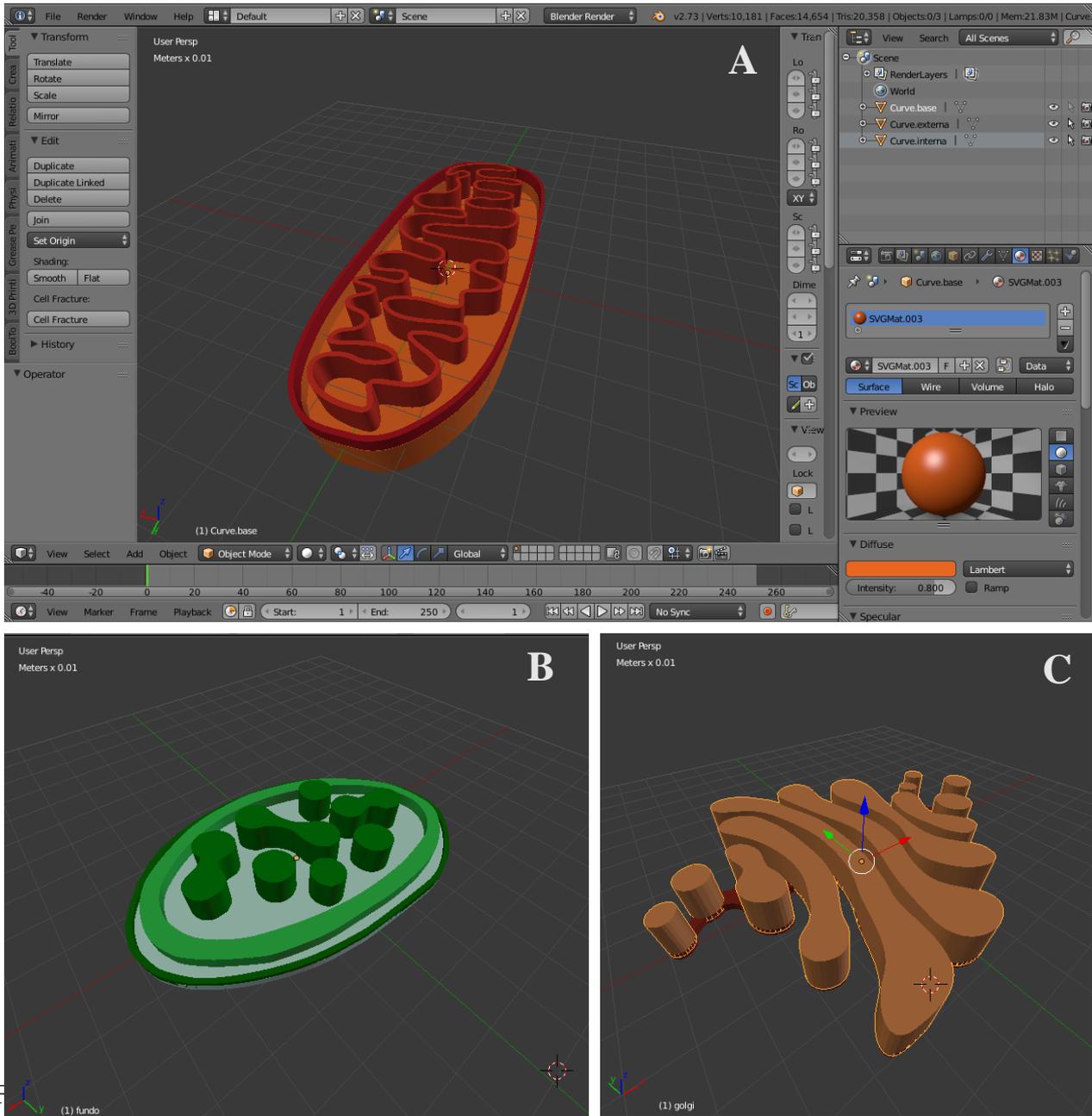
Figura 11 - Fotos das telas do Inkscape programa de desenho vetorial com as desenhos: em A cloroplastos, em B reticulo endoplasmático e em C o complexo de Golgi.



Fonte: elaborado pela autora.

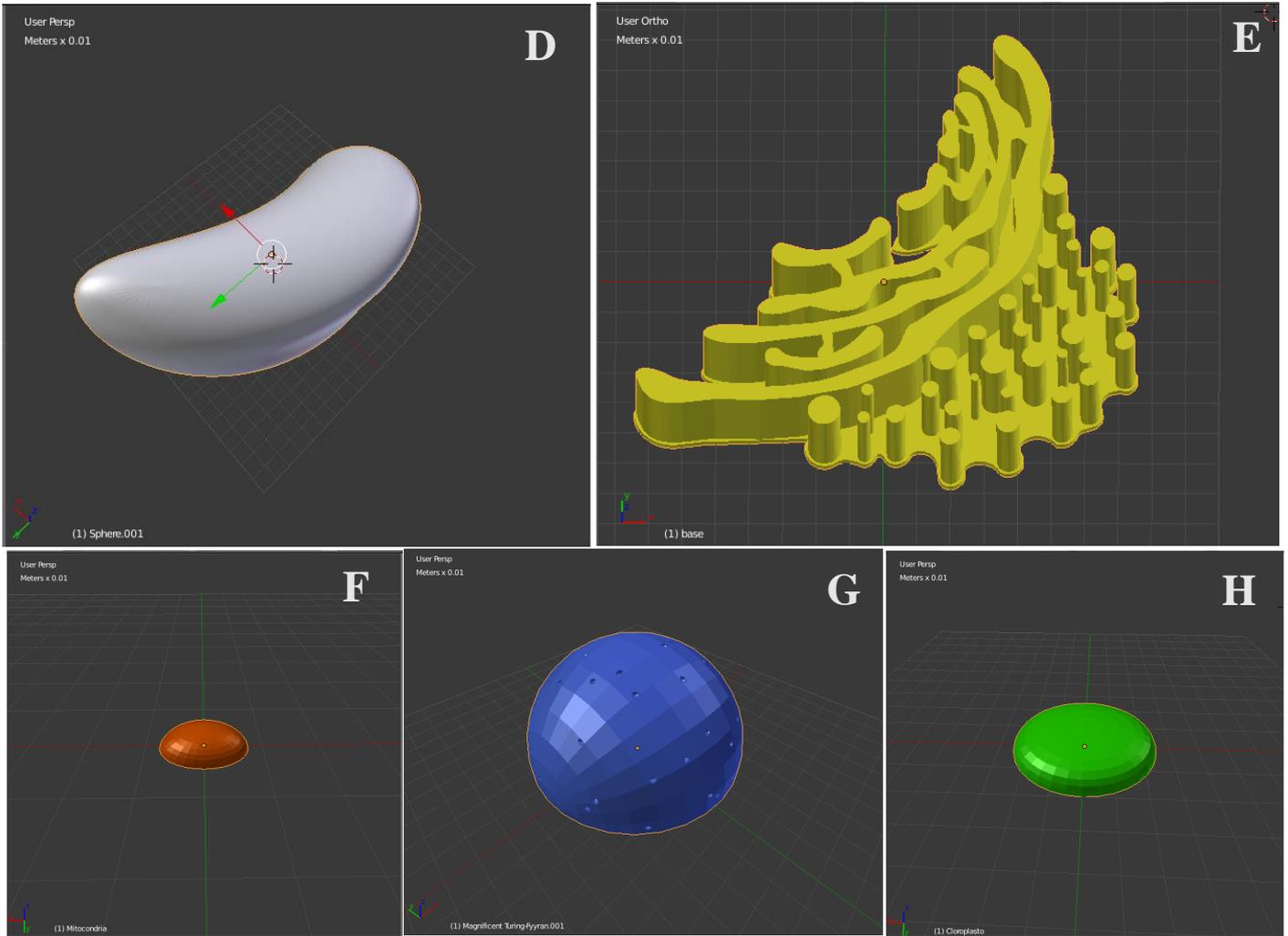
– ARQUIVOS DIGITAIS DOS MODELOS TRIDIMENSIONAL

Figura 12-Modelos 3D no programa Blender, a figura A mostra a mitocôndria, em B o cloroplasto e em C o complexo de Golgi em D vacúolo e E o retículo endoplasmático, F a mitocôndria em G núcleo e E o cloroplasto, nas imagens cada quadrado do plano representa uma escala de 1x1 cm.



Continua...

Continuação...

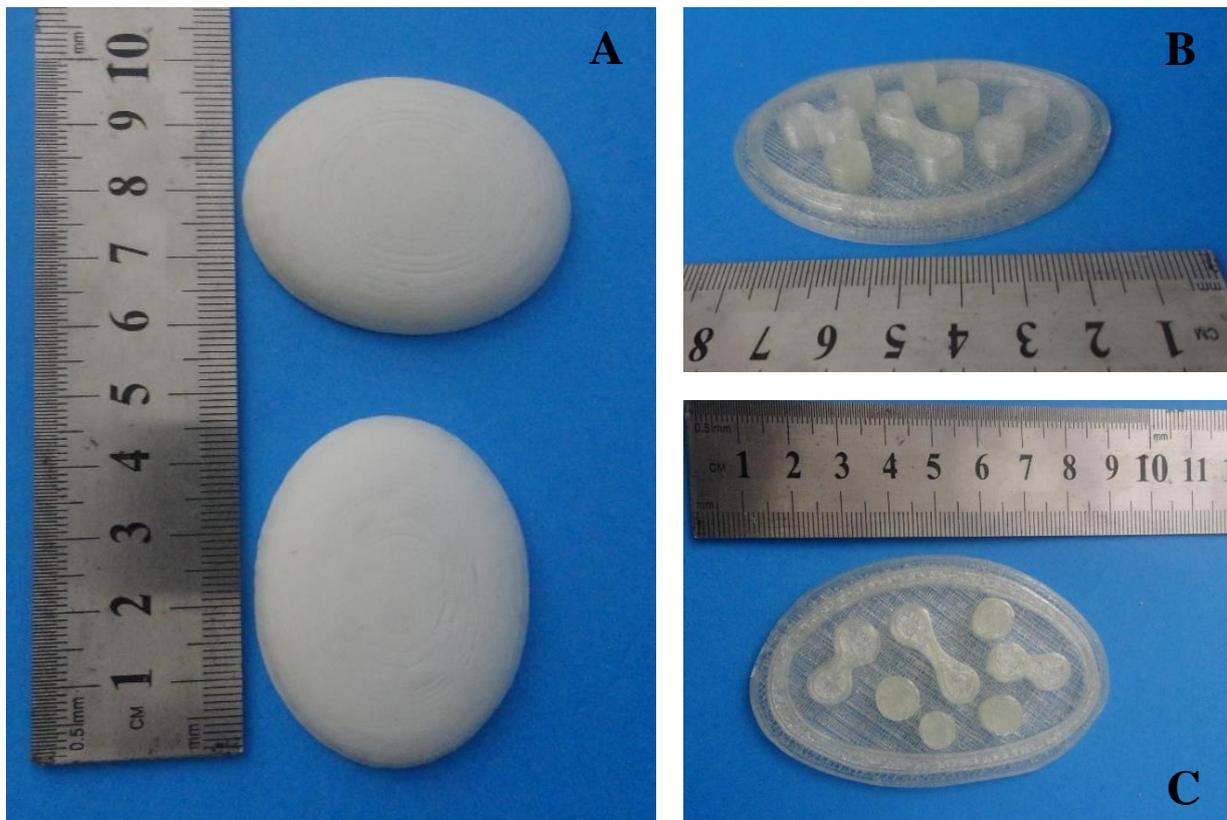


Fonte: Imagens da autora.

- IMPRESSÃO: CONSTRUÇÃO DAS PARTES PARA A CÉLULA

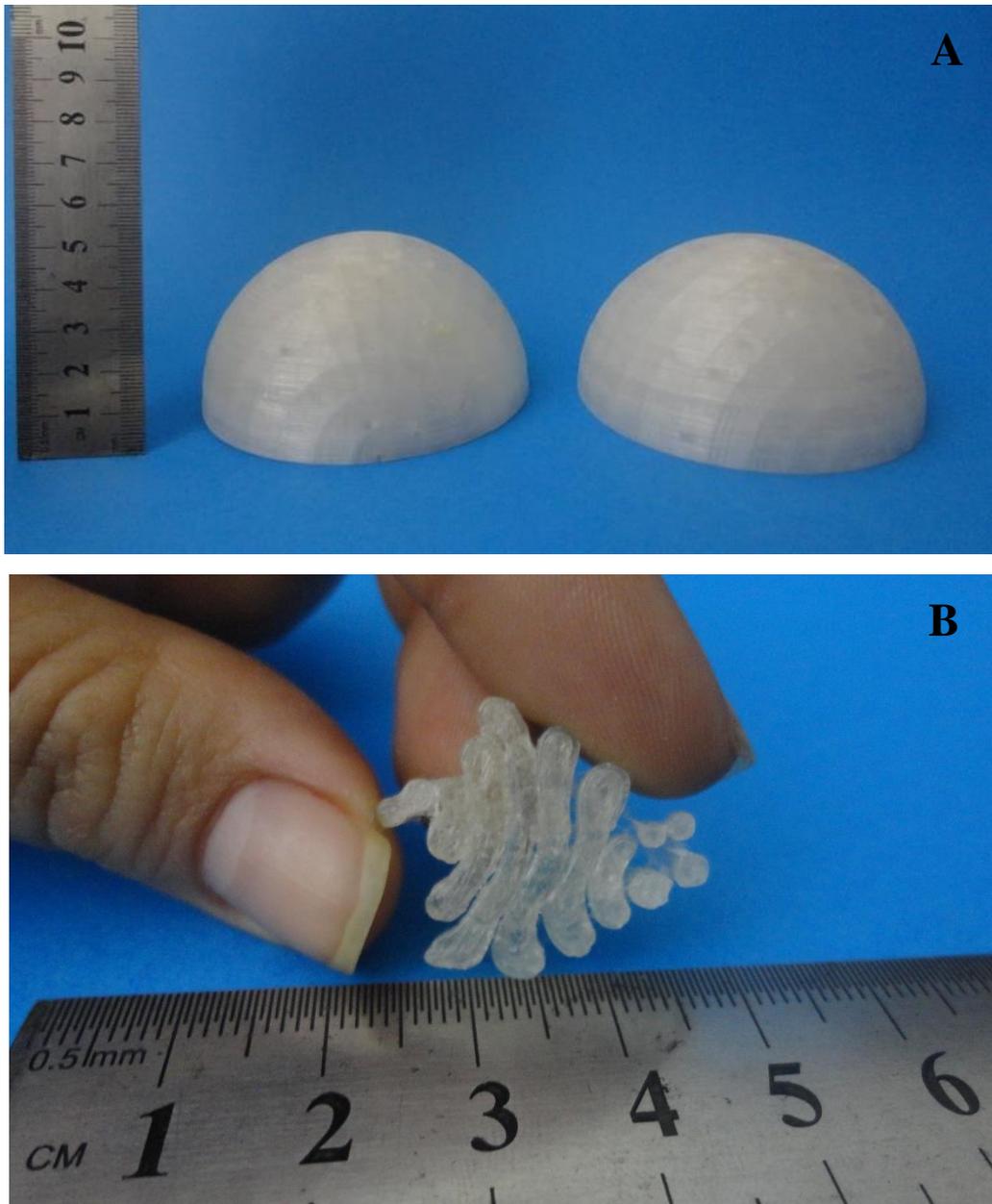
As diferentes peças que compõem o modelo da célula vegetal que foram impressas no Ateliê Hacker tem seus arquivos digitais disponíveis sob licença Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0). no link: < <http://www.ateliehacker.com/br/fabricacao-digital-no-ensino-de-biologia-celular> >

Figura 13 – Em A as duas partes que compõem o cloroplasto em escala utilizadas dentro do modelo, em B e C o cloroplasto em escala maior dando ênfase as estonas e tilacoides.



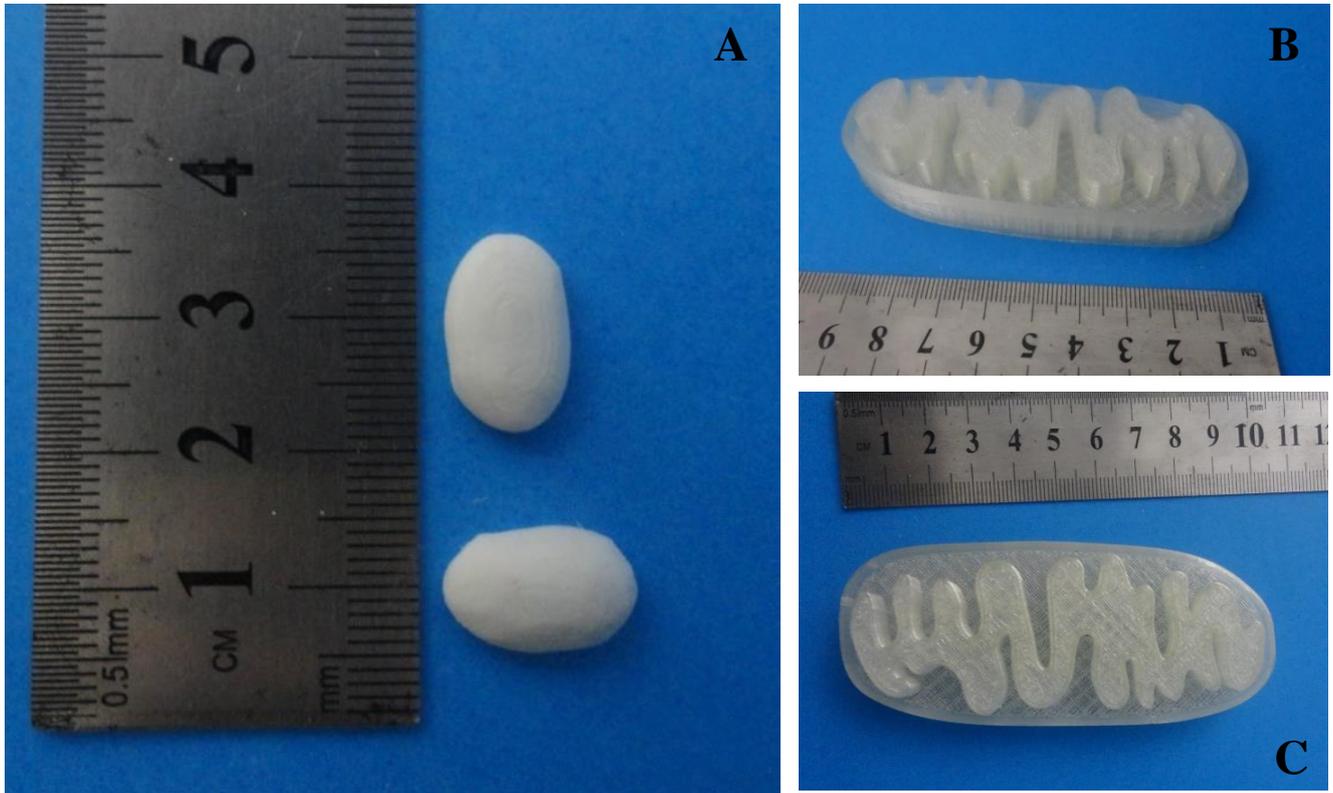
Fonte: Foto da autora.

Figura 14 – Em A as duas partes do núcleo e em B o complexo de Golgi.



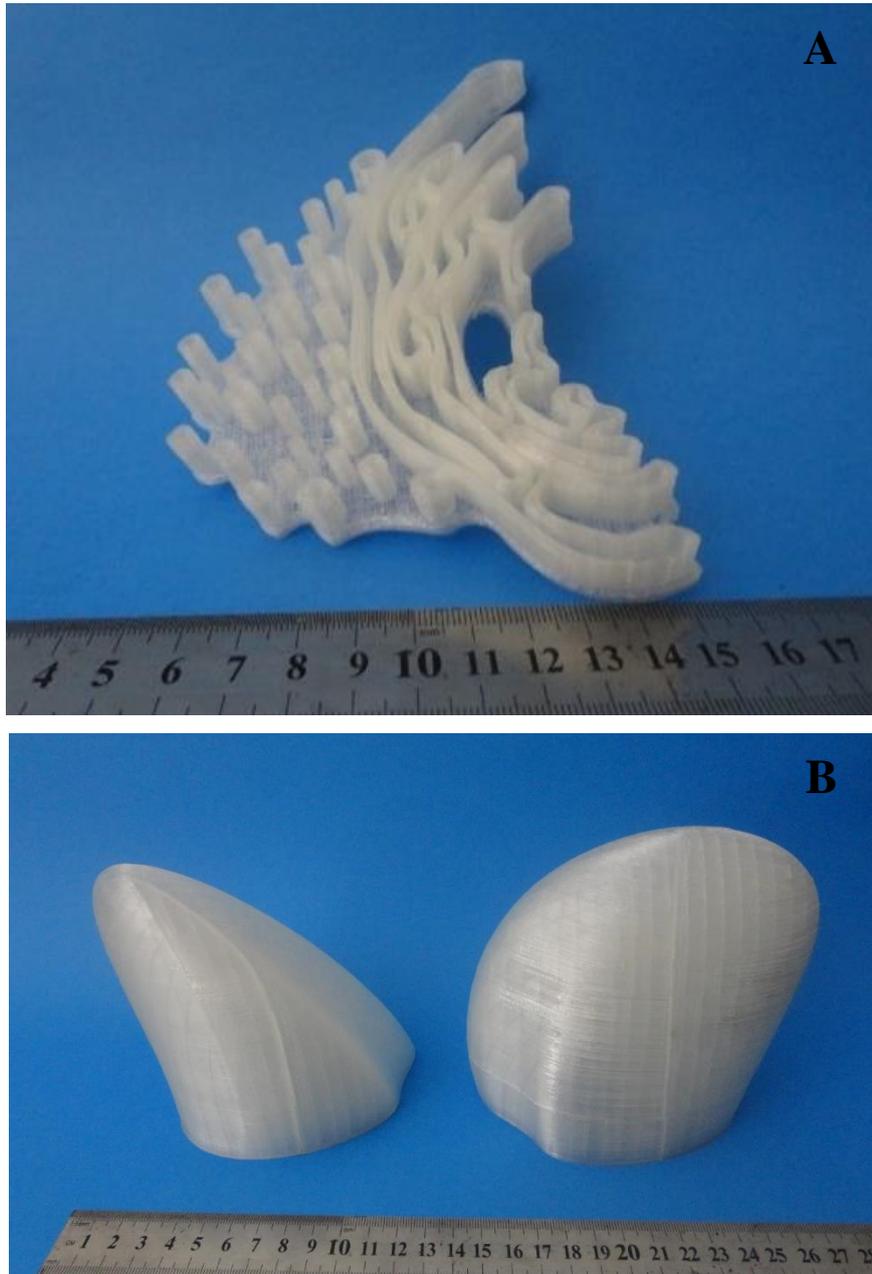
Fonte: Foto da autora.

Figura 15 – Em A as duas partes da mitocôndria em escala que são utilizadas dentro do modelo e em B e C a mitocôndria em escala maior dando ênfase a dupla membrana e as cristas mitocôndrias.



Fonte: Foto da autora.

Figura 16 – Em A o retículo endoplasmático liso e rugoso e em B as duas partes do vacúolo.

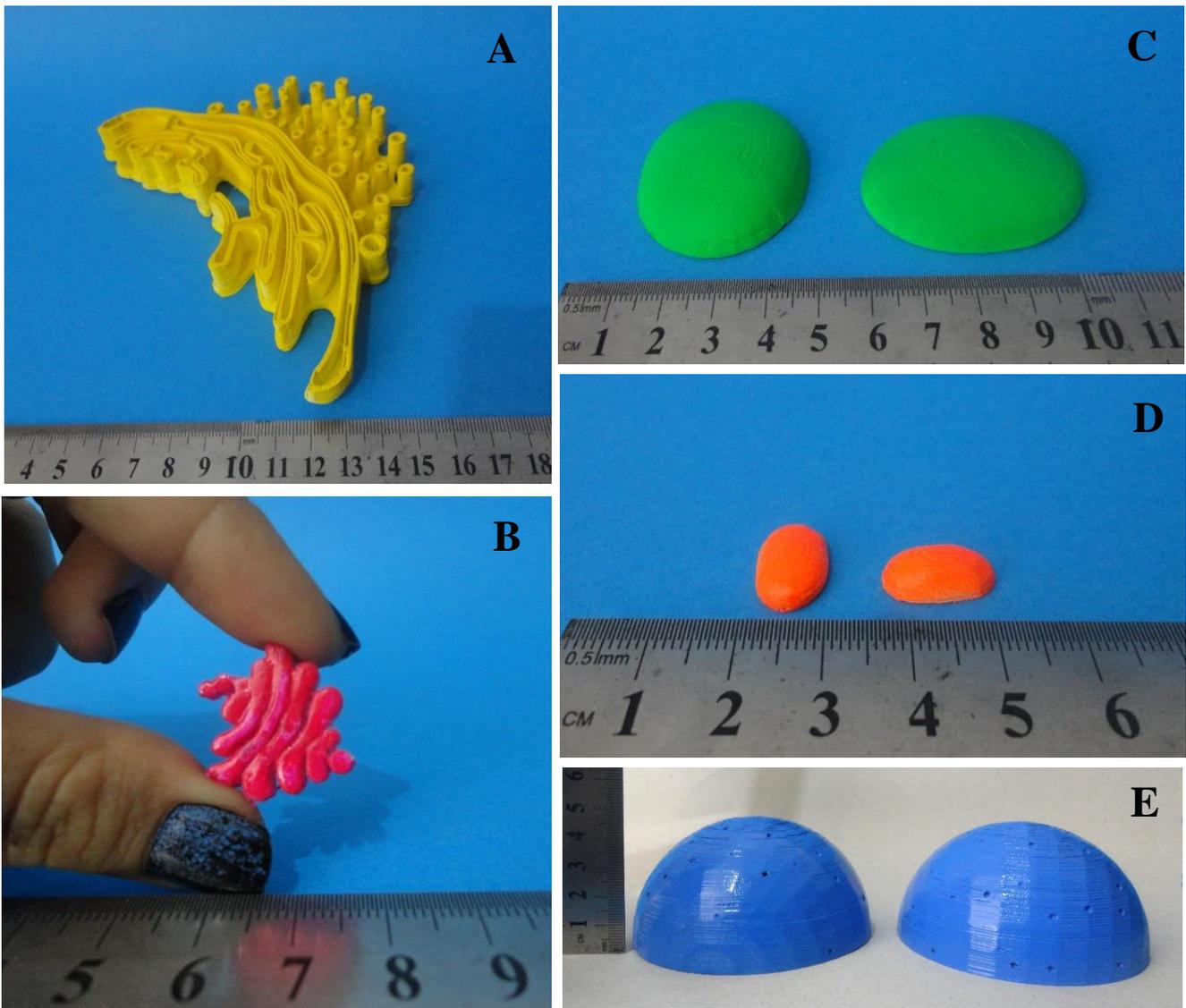


Fonte: Foto da autora.

ACABAMENTO FINAL E PINTURA

Todas as peças com exceção do vacúolo foram lixadas e pintadas, como na figura na figura 17 podemos observar as peças pintadas.

Figura 17 - Em A o retículo endoplasmático pintado de amarelo, em B o complexo de Golgi pintado de rosa, em C cloroplastos pintados de verde e em D mitocôndrias pintadas de laranja e em E o núcleo pintado de azul.



Fonte: Foto da autora.

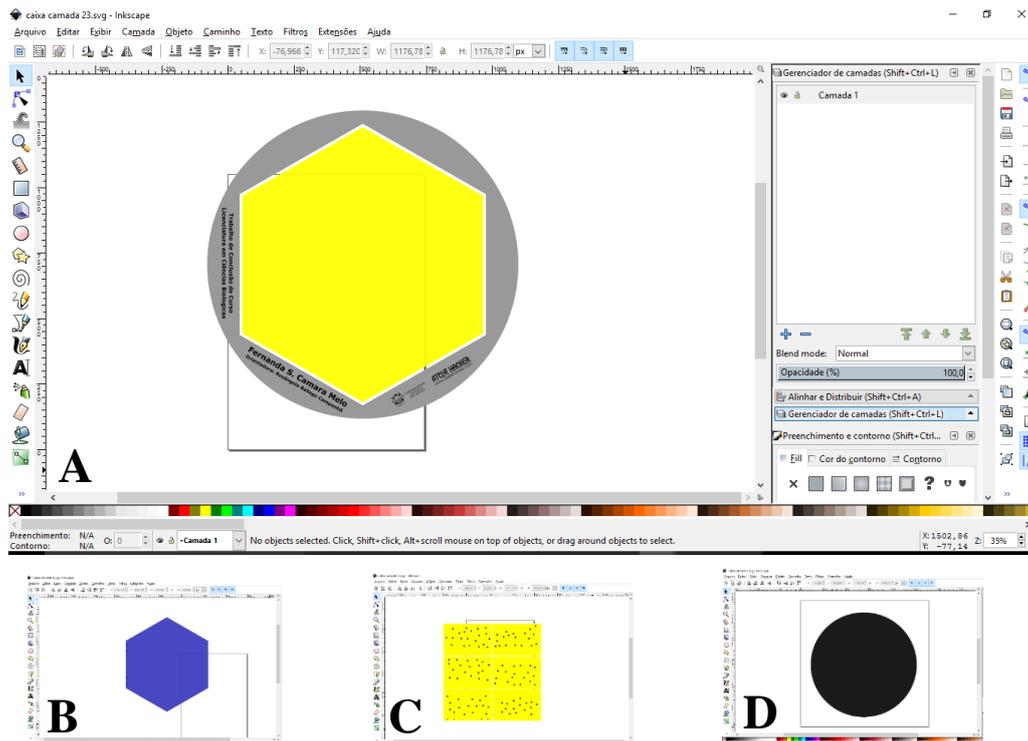
CORTE A LASER

A técnica de corte a laser foi utilizada para construção da estrutura como base e paredes da célula e para a construção de parte da estrutura do microscópio, este processo gerou dois tipos de resultados que podemos utilizar de diferentes formas e estão disponíveis sob licença Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0). no [link < http://www.ateliehacker.com/br/fabricacao-digital-no-ensino-de-biologia-celular >](http://www.ateliehacker.com/br/fabricacao-digital-no-ensino-de-biologia-celular)

- DESENHO DIGITAL VETORIAL

Os desenhos vetoriais da Figura 18 foram desenvolvidos inicialmente para corte a laser, porém podem ser utilizados como alternativa para cortar a estrutura tanto da célula como do microscópio, em outros materiais e utilizando outros tipos de ferramentas como por exemplo da manufatura artesanal com papel como sugere o plano de aula 2 em anexo no caso da célula ou madeira e acrílico no caso do microscópio.

Figura 18 – Em A base gravada, em B a base fechada e C a tampa e em D as paredes da célula

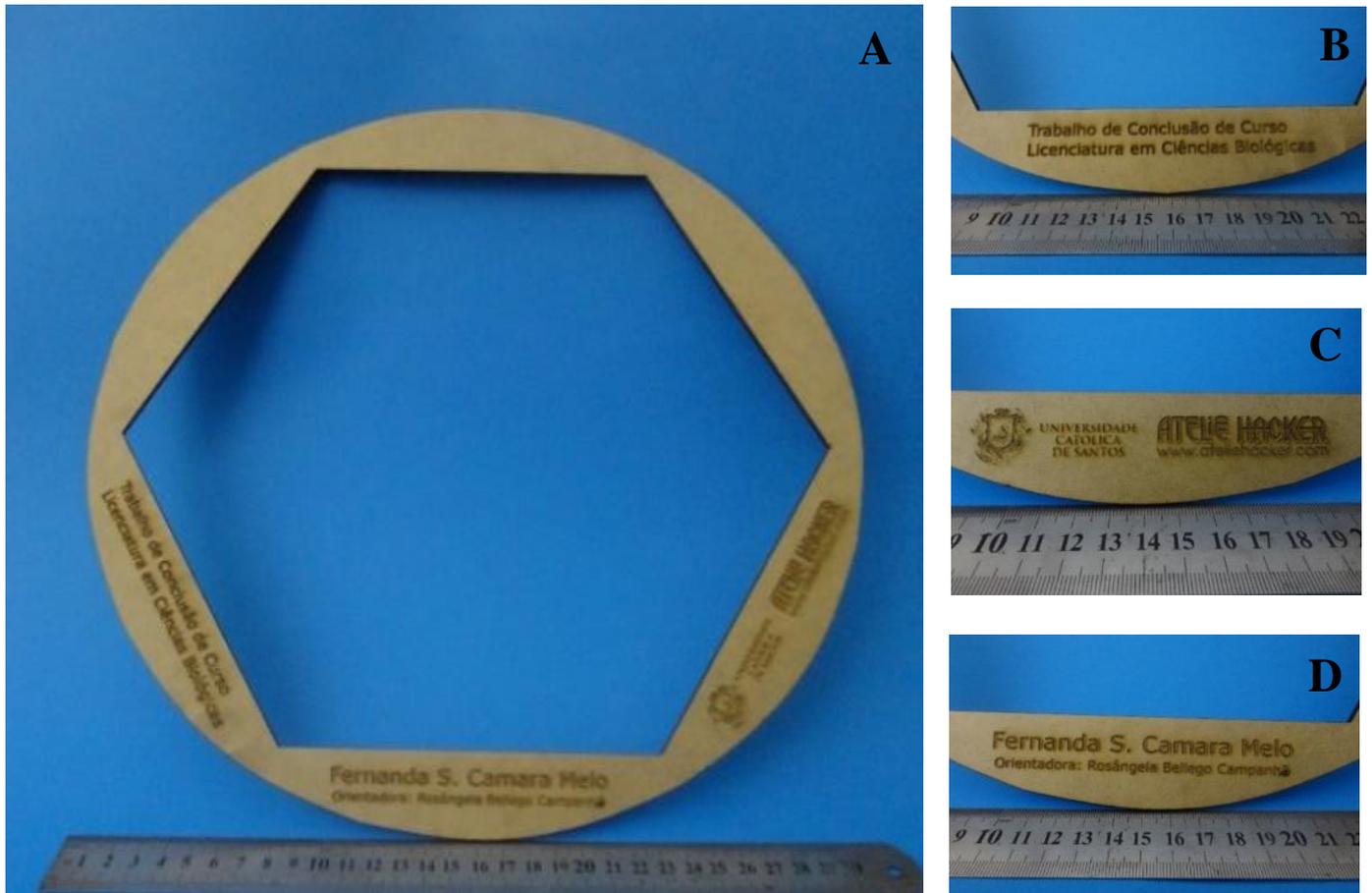


Fonte: Fotos da autora.

- CORTE: CONSTRUÇÃO DO OBJETO FINAL

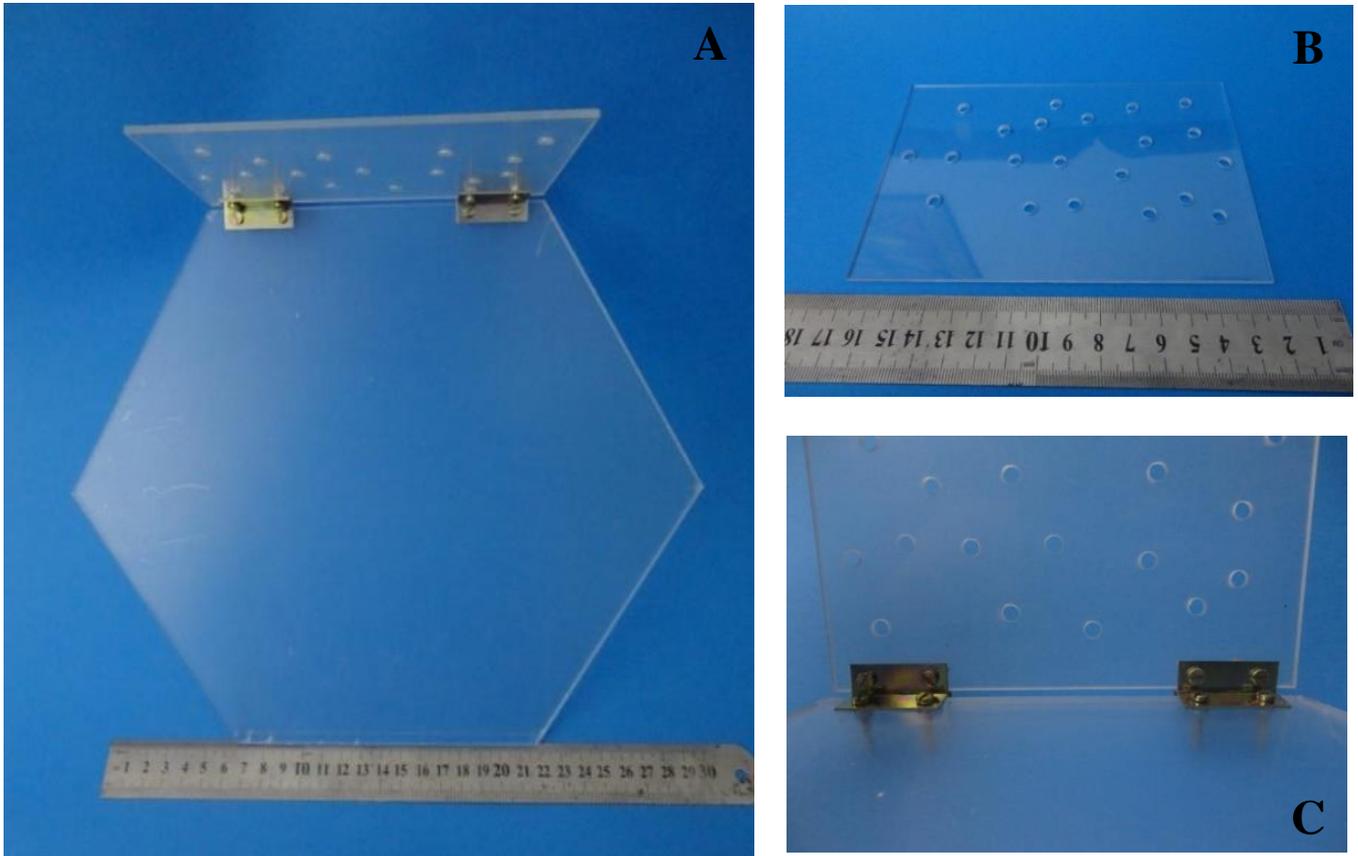
Partes estruturais da célula:

Figura 19 – Em A uma visão geral da base gravada e em B, C e D os detalhes da gravação como nome da autora e orientadora.



Fonte: Fotos da autora.

Figura 20 – Em A tampa e paredes, em B as paredes da célula e em C o detalhe da dobradiça que foi utilizada para fixar a tampa.



Fonte: Fotos da autora.

Figura 21 – O projeto 3D Cell Plant concluído, com as organelas impressas 3D e a caixa feita com corte a laser.



Fonte: Foto da autora.

Figura 22 – Projeto 3D *Cell Plant* em perspectiva.

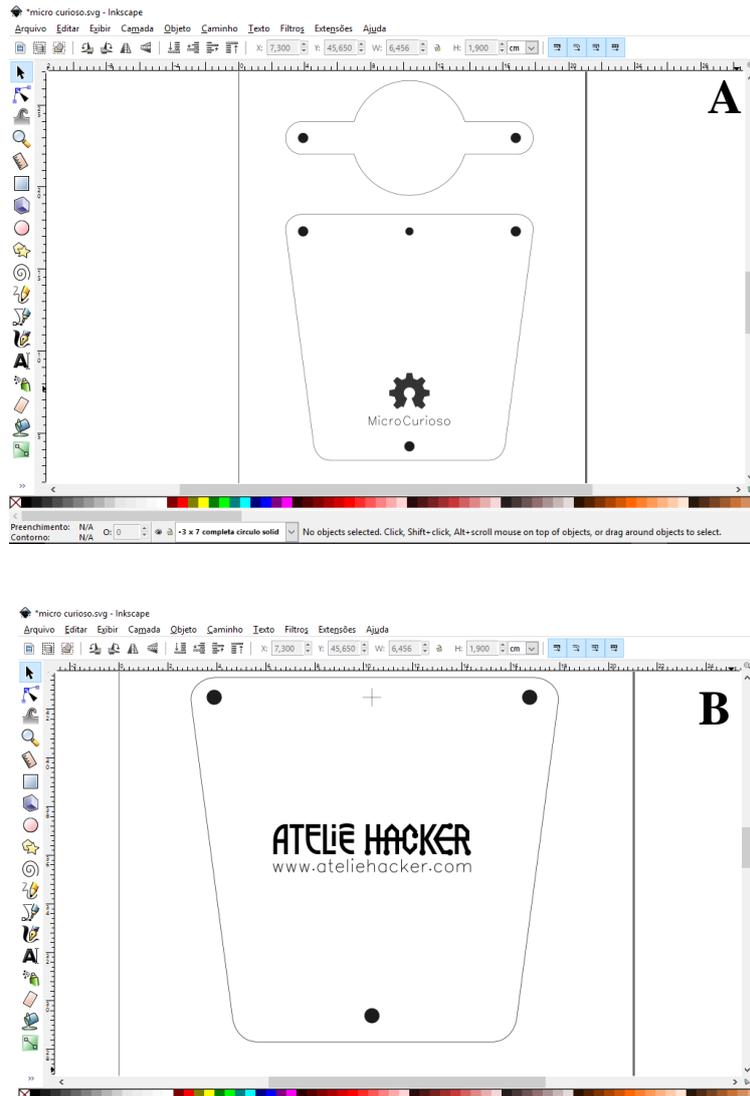


Fonte: Foto da autora

MICROSCÓPIO

- DESENHO DIGITAL VETORIAL

Figura 23 – Em A foto da tela do programa de desenho vetorial com o apoiador de lamina e a base para o celular, em B a base do microscópio e onde se apoia a luz.

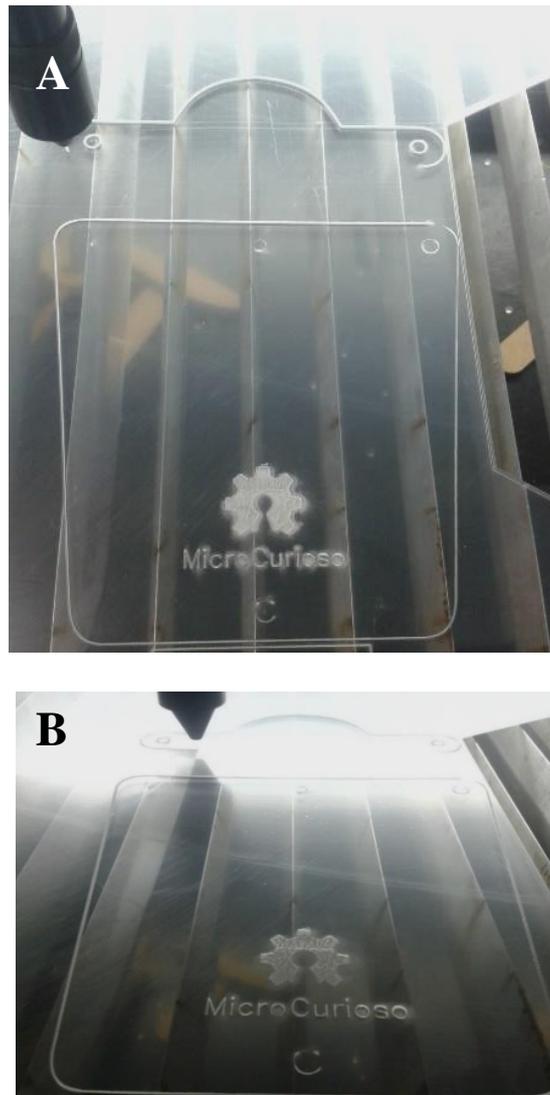


Fonte: Fotos da autora.

CORTE: CONSTRUÇÃO DO OBJETO FINAL

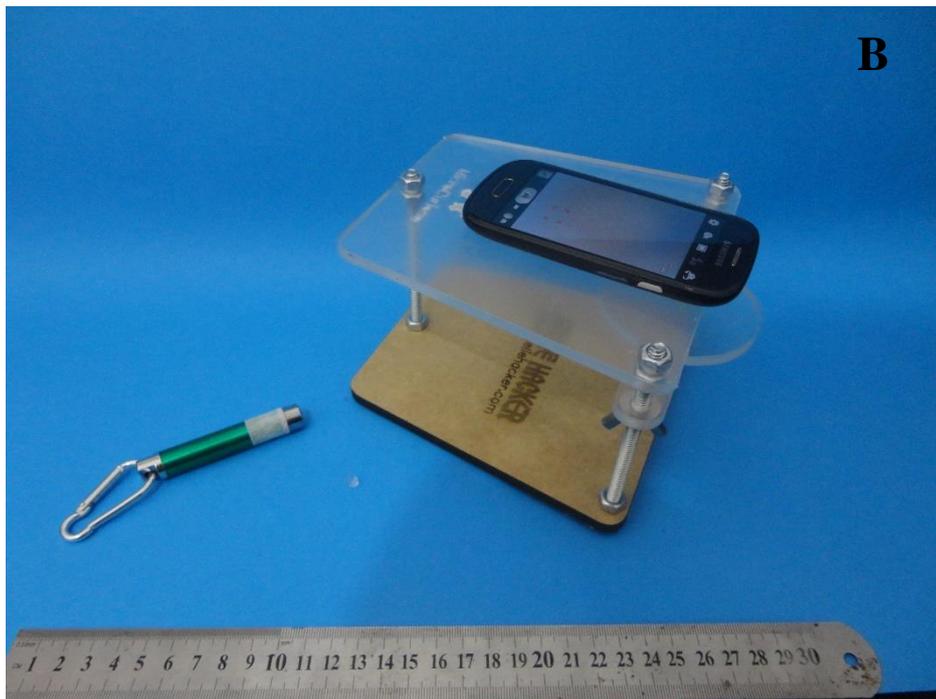
O microscópio digital MicroCurioso sendo cortado pela máquina de corte a laser Figura 24 e o microscópio finalizado na com fotos de uma lamina de *elodia Sp.* na Figura 25.

Figura 24 – Partes do microscópio MicroCurioso sendo cortadas. Em A o apoiador de lamina e a base para o celular e em B detalhe da gravação com o nome do projeto.



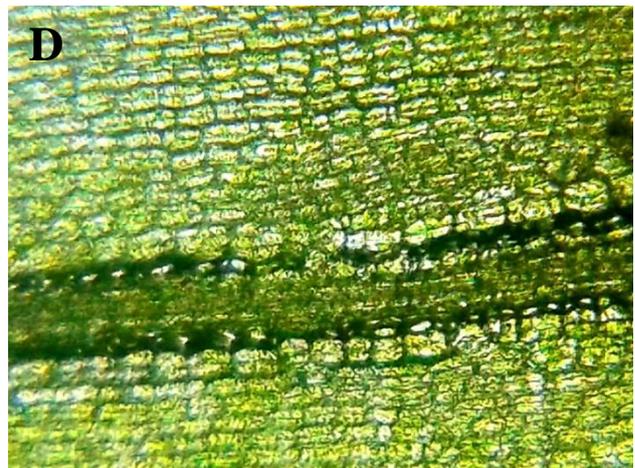
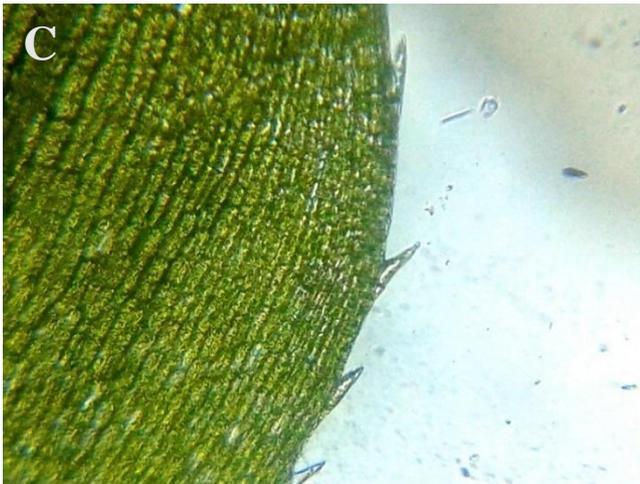
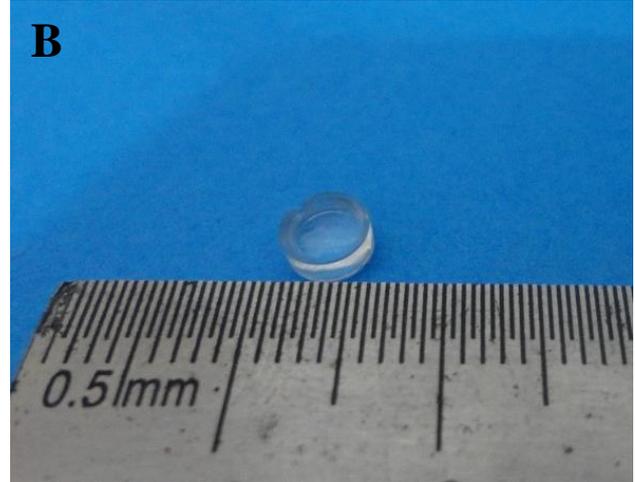
Fonte: Foto da autora

Figura 25 – Em A estrutura projeto MicroCurioso e em B o MicroCurioso com o celular.



Fonte: Foto da autora.

Figura 26 – Em A MicroCurioso visto de lado, em B lente usada no Microcurioso e em C e D fotos de lamina de *Elodea sp* feitas utilizando o MicroCurioso.



Fonte: Fotos da autora.

PLANO DE AULA

Como sugestão para abordagem em sala de aula foi elaborado 4 planos de aula sendo um deles completo abordando o tema célula vegetal com exercícios para os educandos e um arquivo .ppt para uma breve introdução ao tema que poderá servir de apoio ao educador como mostra na Figura 27 . Os outros três contendo atividades separadas como construção de um modelo com massa de modelar, construção de um modelo em papel e um utilizando a célula 3D e o MicroCurioso. Todos os planos de aula juntamente ao arquivo .ppt de apoio ao professor estão disponíveis no link www.ateliehacker.com/fabricacao-digital-no-ensino-de-biologia-celular > sob licença Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

Figura 27 - Páginas de um a quatorze do arquivo .ppt para auxílio do professor, com sugestão exercícios para os educandos.

Fonte: Foto da autora.

V - CONCLUSÃO

O desenvolvimento desta pesquisa visa contribuir para a ciência livre e o Ensino de Ciências através de métodos de Fabricação Digital aplicados para o desenvolvimento de matérias no Ensino de Ciências o processo de desenvolvimento que foi realizado, registrado e disponibilizado através de diversas fontes online, poderão servir de referência para futuros trabalhos, uma vez que essa tecnologia vem sendo claramente uma ferramenta potencializadora para o Ensino de Ciências e em diversas áreas do conhecimento. As tecnologias de Fabricação Digital vêm tendo uma ascendência e adesão cada vez maior no mundo da educação por sua facilidade de prototipagem, e realização dos projetos, porém ainda se faz necessário um processo de aprendizagem para desenvolver as habilidades e competências necessárias para utilização das máquinas, aprender os diferentes processos, software, aplicativos e máquinas são essenciais para desenvolver um material de qualidade. Um estudante que busca por conta própria aprender conteúdos, como os ensinados na escola, de forma a conseguir criar objetos com a impressora 3D, não é apenas um construtor, um maker, ele também é um aprendiz. O ato de construir esses objetos deixa de ser simplesmente uma situação do tipo “Do-It-Yourself” (faça-você-mesmo) para se tornar uma situação “Learn-It-Yourself” (aprenda-você-mesmo) (AGUIAR, 2016).

Aprender com a ciência livre, e as diversas formas de compartilhamento de conteúdo foram essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa. Como resultado concreto da pesquisa obtivemos o modelo para ensino de biologia celular *3D Plant Cell* e o microscópio digital MicroCurioso os modelos encontram-se disponíveis para réplica sob licença Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) e disponível para reprodução no link < <http://www.atliehacker.com/br/fabricacao-digital-no-ensino-de-biologia-celular> > permissões além do escopo desta licença podem ser consultadas através do e-mail do autor fernanda0840@gmail.com.

VI - REFERÊNCIAS

AGUIAR, Leonardo De Conti Dias. Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de ciências , 2016

AGUIAR, Leonardo de Conti Dias et al. CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DIDÁTICOS COM IMPRESSORAS 3D. Disponível em : <http://sinect.com.br/anais2014/anais2014/artigos/tic-no-ensino-aprendizagem-de-ciencias-e-tecnologia/01409583389.pdf> Acessado em: junho de 2016.

ALBERTS, Bruce. et. al. Tradução Ana Leonor Chies Santiago-Santos... et. al. Fundamentos da biologia celular - Porto Alegre: Artmed, 2006. 866p.

ALBERTS, B.; BRAY, D.; HOPKIN, K.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. 2011. Fundamentos da Biologia Celular. 3ª Edição. Editora Artmed.

ANDERSON, C. Makers. A nova Revolução industrial. Ed. São Paulo: Campus, 2013.

BARGUIL, L. & AMARO, M C. Como incorporar a investigação tecnológica ao ensino fundamental 2?. Disponível em: <http://www.labeleducacao.com/blog/> Acessado em: abril 2016.

DEPARTMENT FOR EDUCATION. 3D printers in schools: uses in the curriculum. Enriching the teaching of STEM and design subjects. United Kingdom. 2013. Disponível em: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/251439/3D_printers_in_schools.pdf .

EYCHENNE, F. & NEVES, H. FAB LAB: A vanguarda da nova revolução industrial, disponível para download em <https://livrofablab.wordpress.com/2013/08/05/pdf-free-download/> Acessado em: junho de 2016.

GREGHI, C M. Biologia Celular Online. Disponível em: <http://greghi.com.br/> Acessado em :abril 2016.

HART-DAVIS. Adam et. Al; ilustração James Graham, Peter Liddiard; tradução Alice Klesck. O Livro da ciência.1. ed. São Paulo: Globo Livros, 2014.

MAGALHÃES, G. Para além de makers, hackers, gadgets e foodtrucks: Por uma educação de código aberto. Disponível em: <http://www.labeleducacao.com/blog/> Acessado em: abril 2016.

MODELOS: UMA ANÁLISE DE SENTIDOS NA LITERATURA DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS (Models: an analysis of meanings in the literature on research in science education) Sonia Krapas ,Glória Queiroz, Dominique Colinvax (UFF) Creso Franco(PUC-RIO)

MALAJOVICH, Maria Antonia Guias de atividades Biotecnologia: ensino e divulgação. Disponível em : [http://www.bteduc.bio.br/guias/62 Modelos celulares 2.pdf](http://www.bteduc.bio.br/guias/62_Modelos_celulares_2.pdf)
Acessado em: julho 2016.

RAVEN, P.H., EVERT, R.F. & EICHHORN, S.E. 1996. Biologia Vegetal, 5a. ed. Coord. Trad. J.E.Kraus. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

YOSHINO,K. 2015 Smartphone Microscope. MAKEZINE. Disponível em:
<http://makezine.com/projects/smartphone-microscope/> . Acessado em novembro de 2016

VII - GLOSSARIO

Maker: um maker é a pessoa que faz ou fabrica os objetos com suas próprias mãos, desenvolvendo todo o processo. Está relacionado com o movimento DIY (*do it yourself* - faça você mesmo). É um conceito antigo, mas que passou a ter grande importância com o surgimento dos novos espaços de produção desencadeados com a revolução digital.

Hacker: é um indivíduo que se dedica, com intensidade incomum, a conhecer e modificar os aspectos mais internos de dispositivos, programas e redes de computadores.

ABS: polímero (plástico), composto pela combinação de acrilonitrila, butadieno e estireno, que apesar de ser reciclável e ter um custo menor em relação ao PLA, seu vapor apresenta toxicidade.

Impressão 3D (3D printing): técnica conhecida, também, como manufatura aditiva, em que objetos tridimensionais são construídos pela adição de material, computacionalmente controlada, camada por camada.

Fatiamento (slicing): processo que prepara um modelo 3D para a impressão, o qual consiste em transformar um modelo 3D em instruções para a impressora 3D construir o objeto por camadas.

FDM (Fused Deposition Modeling) ou FFF (Fused Filament Fabrication): tecnologia que permite a impressão 3D de objetos (ou manufatura aditiva) utilizando filamentos plásticos que são fundidos e depositados pela impressora 3D. O termo FFF é de uso livre.

Modelagem 3D: processo de desenvolver a representação tridimensional digital de um objeto utilizando um software dedicado a esta tarefa.

PLA: polímero (plástico) constituído por moléculas de ácido láctico, proveniente de matérias primas renováveis como a mandioca e o amido de milho. Ele é biodegradável.

Prototipagem rápida: conjunto de técnicas, dentre as quais está a impressão 3D, que possibilitam a construção rápida de objetos tridimensionais para serem testados em situações como o design de produtos.

Stereolithography: tecnologia utilizada para a impressão 3D de objetos que necessitam altos níveis de detalhe. Fotopolímeros são utilizados como matéria prima, o qual é curado (solidificado) utilizando raios ultravioleta. Os custos para construir com essa tecnologia são superiores aos da FDM ou FFF.

RepRap (The Replicating Rapid Prototyper): projeto de impressoras 3D de especificações (arquitetura) aberta, que auxilia pessoas a montarem, por conta própria, impressoras 3D de cunho pessoal a um custo inferior às vendidas prontas.

VIII - ANEXO

Manifesto Maker

Faça - Fazer é a maior característica dos seres humanos. Nós temos que fazer, criar, e expressar nós mesmos, para nos sentirmos completos e felizes. Este sentimento é muito forte quando fazemos coisas materiais. Estas coisas passam a ser pedaços de nós mesmos e parecem incorporar partes do nosso ego.

Compartilhe - Compartilhando o que você faz e o que você aprendeu sobre o que fez é a forma pela qual esta satisfação de fazer é percebida. Você não pode fazer e não compartilhar. Fica sem graça e sem sentido!

Presenteie- Há poucas coisas mais desprendidas e prazerosas do que presentear com coisas que você mesmo fez! O ato de fazer coloca um pouco de você no objeto. Presentear alguém é como dar um pedaço do seu verdadeiro eu. Estes presentes em geral se tornam os bens mais estimados que possuem.

Aprenda -Você deve aprender para fazer o melhor possível. Você deve sempre buscar aprender mais sobre os seus feitos. Mesmo que você já seja um especialista ou um artesão experiente você ainda precisará aprender, querer aprender, e forçar-se a buscar novas técnicas, materiais e processos. Construir um caminho de aprendizagem ao longo da sua vida garante uma existência produtiva, e feliz.

Equipe-se -Você deve ter acesso às ferramentas adequadas para os seus projetos. Investir e desenvolver acesso local a todas as ferramentas que você precisa para fazer o que você deseja fazer. As ferramentas nunca foram tão baratas, acessíveis, fáceis de usar e poderosas.

Divirta-se - Divirta-se com o que você estiver fazendo, e você vai se surpreender, e se orgulhar com o que vai descobrir.

Participe - Junte-se ao Movimento Maker e espalhe para todos a sua volta, o prazer de fazer. Participe de seminários, festas, eventos, feiras, exposições, aulas e encontros com outros makers e participe de grupos de discussão.

Apoie - Este é um movimento que exige apoio emocional, intelectual, financeiro, político e institucional. A melhor esperança de mudar o mundo somos nós, e nós somos os únicos responsáveis por fazer um futuro melhor .

Mude -Aceite as mudanças que naturalmente vão ocorrer enquanto você for avançando nesta missão. Uma vez que fazer é a principal característica dos humanos, você começará a estar cada vez mais parecido e conectado às coisas que você faz.

Permita-se errar - Seja tolerante com os seus erros, aprenda com eles, recomece! Atinja o grau de perfeição que você quiser, mas não deixe de fazer e refazer por medo de errar.A única coisa que exige sua perfeição é a sua segurança e dos demais à sua volta.

Texto traduzido por Design Echos retirado do livro The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers.

Disponível em: <http://escoladesignthinking.echos.cc/blog/2015/11/manifesto-movimento-maker/> Acessado em 17 de outubro de 2016

Fab Charter

Os FabLabs possuem uma carta de princípios denominada Fab Charter (<http://fab.cba.mit.edu/about/charter/>) que deve ser seguida por todos os laboratórios da rede.

O Fab Charter especifica:

O que é um FAB LAB?

FAB LABS são uma rede global de laboratórios locais, permitindo a invenção e fornecendo acesso a ferramentas de fabricação digital.

O que contém um FAB LAB?

FAB LABS compartilham um inventário de máquinas e componentes em evolução que auxilia na capacidade básica de fazer (quase) qualquer coisa, permitindo também o compartilhamento de projetos desenvolvidos ali pelas pessoas.

O que fornece a rede FAB LAB?

Assistência operacional, educacional, técnica, financeira e logística, além do que está disponível dentro dos laboratório.

Quem pode usar um FAB LAB?

FAB LABS estão disponíveis como um recurso da comunidade, oferecendo acesso livre para os indivíduos, bem como o acesso programado para programas específicos.

Quais são as suas responsabilidades?

segurança: não ferir as pessoas ou danar as máquinas

operações: ajudar com a limpeza, manutenção e melhoria do laboratório

conhecimento: contribuir para a documentação e instrução

Quem é o dono das invenções realizadas dentro do FAB LAB?

Projetos e processos desenvolvidos no FAB LAB podem ser protegidos e vendidos. O inventor escolhe a maneira como seu projeto será realizado, porém, a documentação do projeto contendo os processos e as técnicas envolvidas deve permanecer disponível

para que os outros usuários possam aprender com ela.

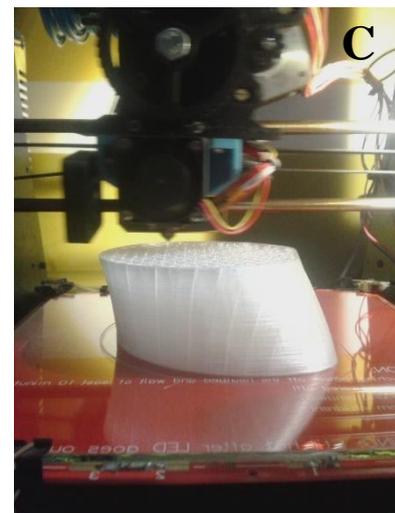
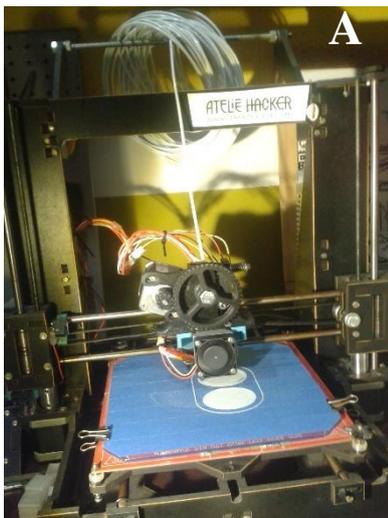
Como as empresas podem utilizar um FAB LAB?

As atividades comerciais podem ser prototipadas e incubadas em um FAB LAB, mas não devem entrar em conflito com outros usos. Elas devem crescer além do laboratório e beneficiar os inventores, os próprios laboratórios que lhes deram suporte e as redes que contribuíram para o seu sucesso.

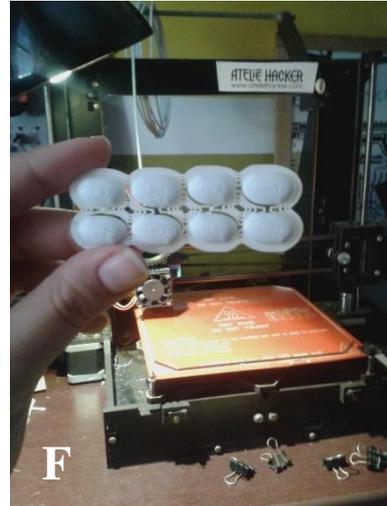
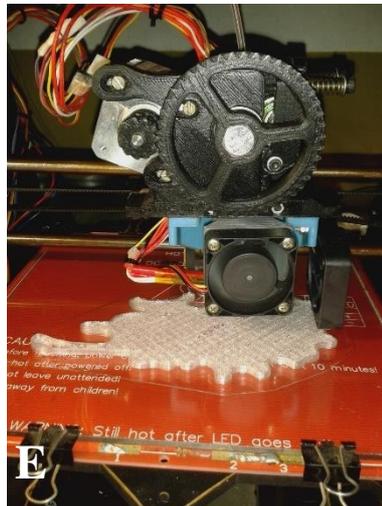
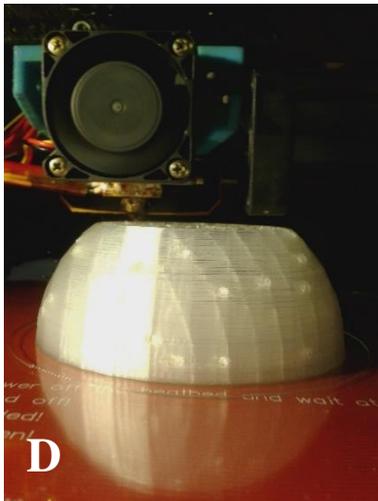
A tradução para português foi retirada do livro FAB LAB: A vanguarda da nova revolução industrial, de Fabien Eycheenne e Heloisa Neves, disponível para download em <https://livrofablab.wordpress.com/2013/08/05/pdf-free-download/>

IX - APÊNDICE

Fotos da manufatura das organelas. Em A os cloroplastos; em B e C o vacúolo; em D o núcleo; em E o retículo; e em F as mitocôndrias .



Fonte: Fotos da autora.



Planos de aula

Modelos de Massinha

Objetivos

Fornecer ao aluno conhecimentos básicos sobre a estrutura e o funcionamento da célula vegetal numa visão teórica e prática.

- Reconhecer a célula vegetal, identificando suas características.
- Compreender os aspectos da interação e da comunicação entre as células
- Conhecer as organelas celulares e suas respectivas funções;
- Elaborar um modelo de célula vegetal com massa de modelar e uma exposição de arte e ciência, reconhecendo a célula.
- Empoderamento do conteúdo através aprender fazendo e estímulo a criatividade e curiosidade.

Estratégias

- 1) Uma prévia explicação sobre células vegetais, utilizando o projetor e livro de apoio.
- 2) Depois, os alunos devem pesquisar em livros e na internet as funções de cada organela.
- 3) Dividir a classe em grupos de alunos, os quais deverão decidir que organelas cada grupo irá construir.
- 4) Cada grupo de alunos deverá construir duas organelas, uma delas com legenda contendo nome e função.
- 4) O educador pode orientar o trabalho durante a aula e pedir para que o grupo execute sua obra em casa e a traga na aula posterior. Se a escola apresentar um espaço adequado, o trabalho pode ser executado durante a aula.
- 5) Com todas as organelas prontas o educador deverá junto com a sala realizar a montagem de um modelo de célula contendo uma organela de cada grupo e uma exposição com organelas que tem legenda.

6) Ao final da atividade a sala obterá como resultado do trabalho uma réplica do modelo didático feita pelos próprios alunos e com auxílio do educador montar uma exposição de arte e ciência utilizando os modelo de célula e as organelas com legenda que serão expostas a escola.

Materiais

Para orientação do educador: projetor, computador.

Para pesquisa dos alunos: livros e acesso a internet.

Massa de modelar infantil em diversas cores

Materiais de papelaria para a legenda: papel, canetas, tesoura e régua.

Sugestões e dicas

1) Utilize cores variadas de massa de modelar, as cores facilitam a didática e a compreensão no ensino aprendizagem. Eventualmente as cores podem ser discutidas em grupo com os alunos baseando-se em alguma substância abundante na organela como por exemplo fazer a mitocôndria avermelhada ou marrom por conta da abundância de ferro nesta organela.

2) Utilize matérias vernaculares para auxílio na modelagem com massa infantil, procure por rolo de esticar massas, palitos de dente, objetos redondos existem várias coisas no entorno que podem facilitar a modelagem e acrescentar detalhes ao modelo.

3) Durante ou após a modelagem o educador pode trazer eventuais dicas e tirar curiosidades sobre as formas e funções das organelas.

4) Receita de Massinha para modelar:

- 1 xícara de sal;
- 4 xícaras de farinha de trigo;
- 1 xícara e meia de água;
- 3 colheres de sopa de óleo; e
- Corante alimentício.

Em uma vasilha grande misture a farinha e o sal em seguida adicione a água e o óleo. Misture até que todo o conteúdo forme uma massa homogênea. Se ficar muito mole você pode adicionar mais farinha, e se ainda estiver seca e quebradiça adicione mais água.

O último ingrediente é o corante, você pode usar um corante natural como o colorau. A quantidade de colorau que você colocar é que vai dar o tom mais avermelhado ou mais alaranjado da massinha. Você também pode fazer massinhas roxas e vermelhas utilizando sucos em pó de uva e frutas vermelhas ou corantes alimentícios.

Célula Vegetal - Modelos em Papel

Objetivos

Fornecer ao aluno conhecimentos básicos sobre a estrutura e o funcionamento da célula vegetal numa visão teórica e prática.

- Reconhecer a célula vegetal, identificando suas características.
- Conhecer as organelas celulares e suas respectivas funções;
- Elaborar um modelo de célula vegetal em papel, reconhecendo sua organização e organelas.
- Empoderamento do conteúdo através aprender fazendo e estímulo a criatividade e curiosidade.

Estratégias

- 1) Uma prévia explicação sobre células vegetais, o projetor e livro de apoio para os alunos.
- 2) Depois, os alunos devem realizar uma pesquisa sobre as funções de cada organela.
- 3) Cada aluno receberá seu kit célula papel e deverá pintar, cortar, montar e realizar uma legenda com nome das células.
- 4) Após o término da montagem da célula os alunos deverão fazer um relatório contendo a pesquisa sobre funções da célula.

Materiais

Mídias para orientação do educador: computador, projetor, impressora.

Mídias para pesquisa dos alunos: livros e internet.

Materiais de papelaria: papel, lápis de colorir, cola, tesoura.

Sugestões e dicas

- 1) Recomende aos alunos que utilizem diferentes cores para as organelas, as cores facilitam a didática, a compreensão no ensino aprendizagem e facilitam a legenda.
- 2) Utilize matérias vernaculares para auxílio personalizar os modelos, procure por canetas coloridas, glitter, cola, giz de cera, tinta, use a criatividade.
- 3) Durante ou após a atividade é interessante que o educador trazer eventuais dicas, provoque discussões construtivas, e falar sobre curiosidades.

Micro Curioso – Observação de Cloroplastos

Objetivos

Fornecer ao aluno conhecimentos básicos sobre a estrutura e o funcionamento da célula vegetal numa visão teórica e prática.

- Reconhecer a célula vegetal, identificando suas características.
- Compreender os aspectos da interação e da comunicação entre as células
- Conhecer as organelas celulares e suas respectivas funções através do uso do modelo didático;
- Observação de cloroplastos em microscópio MicroCurioso.
- Introdução a conceitos de ótica e relações de tamanho e espacialidade.
- Empoderamento do conteúdo através aprender fazendo e estímulo a criatividade e curiosidade.

Estratégias

1) Uma prévia explicação sobre células vegetais, utilizando projetor, o modelo 3D da célula vegetal e um livro de apoio para os alunos.

2) Dividir a classe em grupos de alunos, os grupos deveram relizar em casa um pesquisa e com base nela construir um modelo de célula vegetal em massa de modelar ou em papel para exposição.

3) Os alunos deveram com auxílio do educado deveram montar suas laminas e realizar a observação de cloroplastos na folha de *elodea. Sp.*

4) Durante a montagem e observação o educador deverá utilizar o microscópio e o modelo 3D da célula vegetal como exemplos práticos para introduzir os conceitos de ótica e as relações de tamanho e espacialidade.

5) Após a observação os alunos deveram realizar um relatório individual com um breve texto descrevendo o que foi observado em aula e contendo desenhos das observações e um relato da experiência.

Materiais

Projektor

Modelo didático.

Livro de apoio para os alunos.

Kits de Microscópios F.D. com as instruções para os grupos.

Materiais para montagem de lamina: amostra, lamina, lamínula, lamina de corte, isopor, agua destilada.

Relatório para os alunos

Sugestões e dicas

1) O educador pode utilizar o modelo tridimensional em vários momentos, como na apresentação das organelas, explicação das relações de tamanhos e proporções da célula, na explicação das relações forma e função das organelas.

2) É recomendado que o educador realize a montagem do microscópio como exemplo para toda a sala e depois somente auxilie os grupos na montagem das laminas, afim de proporcionar uma experiência mais livre do aprender fazendo.

4) É recomendado que o relatório dos alunos contenha uma descrição do que foi observado, desenho das observações e uma questão de feedback da aula.