

## **IMPRIMINDO IDEIAS: CONSTRUÇÃO DE UMA MÁQUINA DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA COM APLICAÇÕES EDUCACIONAIS**

*Ada Ruth Bertotti – rutbertoti@hotmail.com*

*Instituição Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia*

*Av. Amazonas, 3150, Zabelê*

*45078-900 – Vitória da Conquista – BA*

*Jordean Firmino de Oliveira Amaro – jordeanocara@gmail.com*

*Instituição Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia*

*Av. Amazonas, 3150, Zabelê*

*45078-900 – Vitória da Conquista – BA*

*Polyane Alves Santos - polyttamat@yahoo.com.br*

*Instituição Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia*

*Av. Amazonas, 3150, Zabelê*

*45078-900 – Vitória da Conquista – BA*

**Resumo:** O presente trabalho visa apresentar a utilização de uma Máquina de Prototipagem Rápida (Impressora 3D) como ferramenta principal para auxiliar o processo de aprendizagem, no âmbito acadêmico (principal alvo do Projeto Imprimindo Ideias, desenvolvido no segundo semestre de 2017, no campus IFBA Vitória da Conquista). Para atingir este objetivo, fez-se necessária a construção de tal máquina, baseando-se em modelos existentes de fácil replicação e reprodução nos moldes Open Source (RepRap's), com qualidade e velocidade de impressão melhores e, após escolhido, o modelo KOSSEL teve suas peças estruturais remodeladas, para que, a impressora pudesse ter rigidez e qualidades comparadas a um tipo profissional, com custo de produção menor. Concluído o processo de construção, iniciou-se a etapa de produção de Material para tangibilizar o conhecimento em sala de aula, realizando a Impressão 3D na máquina e, disponibilizando os objetos impressos, para que os alunos pudessem aprender de forma interativa. Este é um fator importante e diferencial do trabalho, cujo objetivo de aplicação em educação é alcançado, atingindo um projeto de Impressora com qualidade além da esperada, concatenando em modelos tridimensionais tangíveis de ótima qualidade, trazendo assim, uma experiência única de aprendizado e trabalho interdisciplinar.

**Palavras-chave:** Impressora 3D. Ferramenta de ensino. Interdisciplinar. Open Source.

## 1 INTRODUÇÃO

O presente artigo é fruto do trabalho desenvolvido pelo projeto intitulado “Imprimindo Ideias” que foi aprovado pelo Programas Universais, promovido pelo IFBA campus Vitória da Conquista e visa construir uma Máquina de Prototipagem Rápida que possa auxiliar os diversos ramos educacionais e de pesquisa. Criada em 1984 pelo Norte Americano Chuck Hull, as impressoras 3D ganharam espaço importante em diversos segmentos sociais, gerando vertentes para criação de diversas matrizes de Impressão 3D, sendo a mais comum e acessível a FDM. Sendo este o método mais comum de impressão tridimensional, a FDM (Fused Deposition Modelling) está presente nas máquinas mais baratas devido a seu funcionamento simples e sem necessidade de cabeças de impressão a laser, ou com luz. Neste sentido, foi realizada uma pesquisa acerca dos modelos de máquinas mais acessíveis e baratas de se construir, finalizando, então, no desenvolvimento e impressão de materiais didáticos para aplicação em sala de aula que possibilitassem maior facilidade na apreensão do conteúdo ministrado pelos docentes.

## 2 CONSTRUÇÃO DA IMPRESSORA 3D

O processo FDM, funciona a partir de um extrusor que libera camadas subsequentes de um material plástico aquecido. Seguindo as orientações do arquivo de impressão, a cabeça extrusora deposita o material camada por camada, dando assim os contornos para o objeto desejado, assim a prototipagem rápida de um objeto é dada em 3 etapas:

1. Pré-processamento: O software de preparação de montagem, divide e posiciona um arquivo de CAD 3D e calcula um caminho para a extrusão do termoplástico e qualquer material de suporte necessário.
2. Produção: A impressora 3D aquece o termoplástico em um estado semilíquido e o deposita na forma de gotículas ultrafinas ao longo do caminho de extrusão. Em locais em que há necessidade de suporte ou buffering, a impressora 3D deposita um material removível que atua como andaime.
3. Pós-processamento: O usuário quebra o material de suporte para separá-lo, deixando a peça pronta para usar.

Tal tecnologia é limpa, simples de usar e amigável para pequenos ambientes, visto que as estruturas das impressoras são simples comparadas àquelas de outras matrizes. Além disso, esses tipos de impressoras possuem um vasto acervo digital que podem auxiliar na execução do projeto Imprimindo Ideias, além do custo do material de produção da máquina, que é relativamente mais barato, assim como o custo do termoplástico utilizado na impressão.

Em contrapartida, as limitações desse tipo de tecnologia, começam pela baixa resolução que o material impresso pode ter. Em outras palavras, esse tipo de impressão possui pouca riqueza de detalhes visto que o diâmetro do bico de extrusão é o fator determinante da qualidade máxima da impressora, pois, o mesmo possui uma limitação de espessura podendo ser de no mínimo 0.2 mm (a utilizada nesse projeto é de 0.4mm), logo, detalhes inferiores à essa medida terão qualidade comprometida. Outro problema, é que formas geométricas mais

complexas, podem levar um tempo relativamente extenso para serem impressas. Contudo, a matriz satisfaz os requisitos para impressão do material didático, visto que tais objetos não apresentam detalhes sutis.

## 2.1 Tipos de Impressoras FDM

Foi realizada uma pesquisa no site RepRap<sup>1</sup> dos tipos existentes de impressoras 3D que podem ser facilmente produzidas e dentre as mais comuns pode-se citar a Prusa I3, Mendel V2 e Kossel ( a escolhida para ser construída no projeto Imprimindo Ideias, representada na "Figura 1" ).

Figura 1 - RepRap escolhida para produção de materiais no Imprimindo Ideias.



Fonte: <https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1180HKpXXXXaAaXXXq6xXFXXXv/LCD-Diy-Mini-Kits-de- Impressora-3d-Kossel-Delta- Impressora-3d-Com-Cama-Aquecida-e-Interruptor.jpg>

A razão da escolha da impressora 3D Kossel, se deve ao fato da mesma poder atingir altas velocidades de impressão sem perder a qualidade essencial para o objetivo deste trabalho e, ainda possuir baixo custo de produção e área de impressão bem maior que os outros modelos.

De acordo com o Wiki da impressora 3D Kossel<sup>2</sup>, é uma impressora 3D delta paramétrica, baseada nos resultados do Delta Robot da equipe de pesquisa liderada pelo professor Reymond Clavel na École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL, Suíça). O modelo foi adaptado para impressora 3D Delta Linear adicionando um effector com um extrusor para derreter (estado semilíquido) o termoplástico e, então a Kossel foi construída em 2012 por Johann, em Seattle, EUA, com base no seu protótipo anterior, a Rostock. Segundo o site, a impressora é denominada assim em nome de Albrecht Kossel, bioquímico alemão e pioneiro no estudo da genética. Ele recebeu o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina, em 1910, por seu trabalho na determinação da composição química dos ácidos nucleicos, a substância genética das células biológicas.

## 2.2 Objetivos de design e materiais utilizados

O design escolhido para a máquina do Imprimindo Ideias tem como objetivos principais: redução na vibração do sistema, sistema de movimentação Delta, redução nos custos de produção calculado em menos de R\$1700, velocidade padrão em 100 mm/s, resolução de movimentação em 100 passos/mm nos 3 eixos, volume de impressão cilíndrica com 170X200 (mm, diâmetro e altura respectivamente), base de impressão aquecida, utilizando resistência e



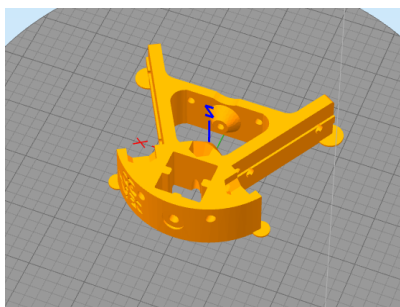
vidro estável e imóvel, menos de 200 partes, micro controlador ATmega2560 e frame todo em alumínio estrutural 2020 v-slot.

Todos os arquivos para impressão, provêm do repositório Kossel de Johann<sup>3</sup>, porém algumas modificações foram feitas visando aprimorar o modelo.

Para produzir a RepRap do Projeto Imprimindo Ideias, fez-se necessário a impressão da seguinte relação de peças:

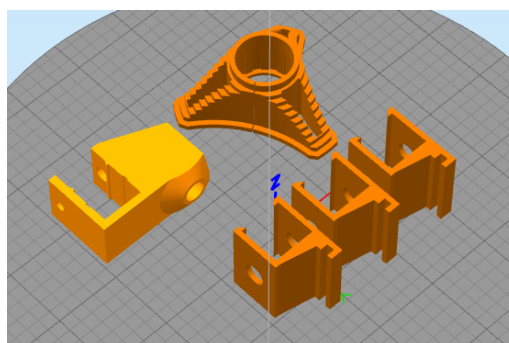
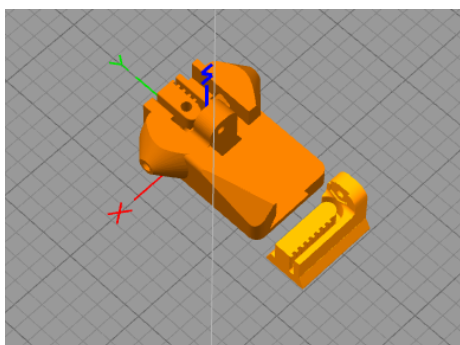
1. Frame vertex 9 unidades ( "Figura 2" );
2. Carriage\_v3 3 unidades ( "Figura 3" );
3. Endstop Holder 3 unidades ;
4. LCD holder 2 unidades;
5. Bed holder 1 unidade ( "Figura 3" );
6. Spool holder ( dois componentes representados na "Figura 3" );
7. Extrusor 1 unidade
8. Effector 1 unidade

Figura 2 - Visualização 3D da peça Frame Vertex.



Fonte: Autoria própria.

Figura 3 - Visualização 3D da peça Carriage\_v3, ao lado direito visualização 3D dos componentes Bed holder (3 componentes ao canto inferior da figura) e Spool holder ( 2 componentes ao topo esquerdo da figura).



Fonte: Autoria própria.

Finalmente, para garantir o controle adequado da impressora escolhemos o Marlin Firmware, devido a sua simplicidade, facilidade de edição na programação e caráter OpenSource.

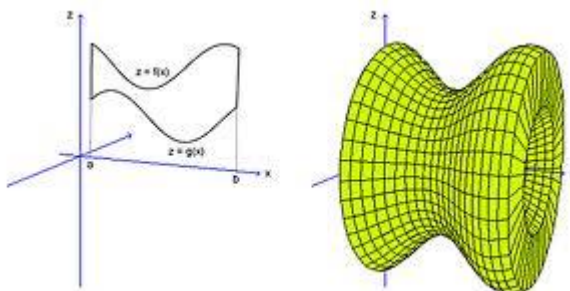
### 3 IMPRESSÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS

Após o processo de construção da ferramenta de produção do projeto, alguns materiais didáticos foram confeccionados utilizando um software de design de modelos tridimensionais, objetivando abordar áreas abstratas do ensino, trazendo assim uma nova abordagem temática para sala de aula, tendo como consequências diretas o aprimoramento das técnicas de ensino e maior aproximação entre aluno e conteúdo ministrado em sala de aula.

#### 3.1 SÓLIDOS DE REVOLUÇÃO

Em matemática, especificamente no estudo do Cálculo Diferencial e Integral, um sólido de revolução é um objeto sólido, obtido pela rotação de uma função (curva) em torno de um eixo, que se situa no mesmo plano, como na "Figura 4".

Figura 4 - Exemplo de um sólido de Revolução, acionado por uma função em torno do eixo das abscissas.

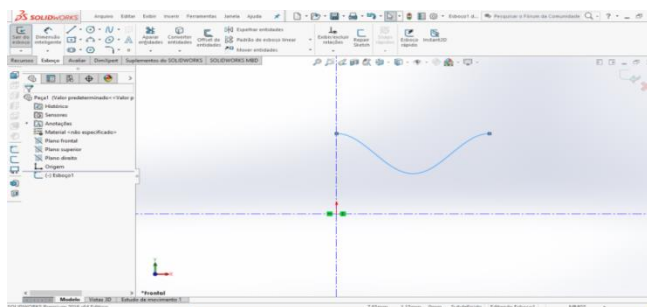


Fonte: <http://www.uff.br/cdme/ssr/ssr-html/ssr-x-figura-02.jpg>.

Na modelagem computacional do Sólido, utilizou-se o software SolidWorks criando inicialmente o esboço da curva, representado na "Figura 5", que neste exemplo, é a Equação (1) limitada pelo intervalo  $(0, \pi/2)$  no eixo X.

$$f(x) = \cos(x) + 3 \quad (1)$$

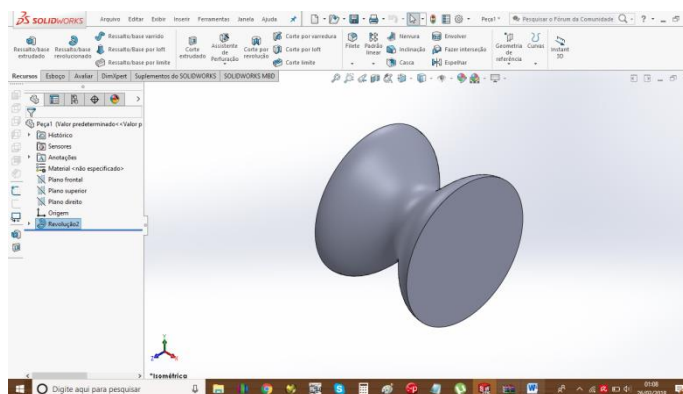
Figura 5 - Curva gerada pela "Equação 1", limitada no intervalo  $(0, \pi/2)$  no eixo X.



Fonte: Autoria própria

A partir do esboço bidimensional da “Equação 1”, foi possível realizar a rotação em torno do eixo X, para então gerar o sólido de revolução com características tridimensionais, que por meio das técnicas do Cálculo Diferencial e Integral é possível estimar o volume do objeto formado, o resultado da modelagem pode ser visto na “Figura 6”.

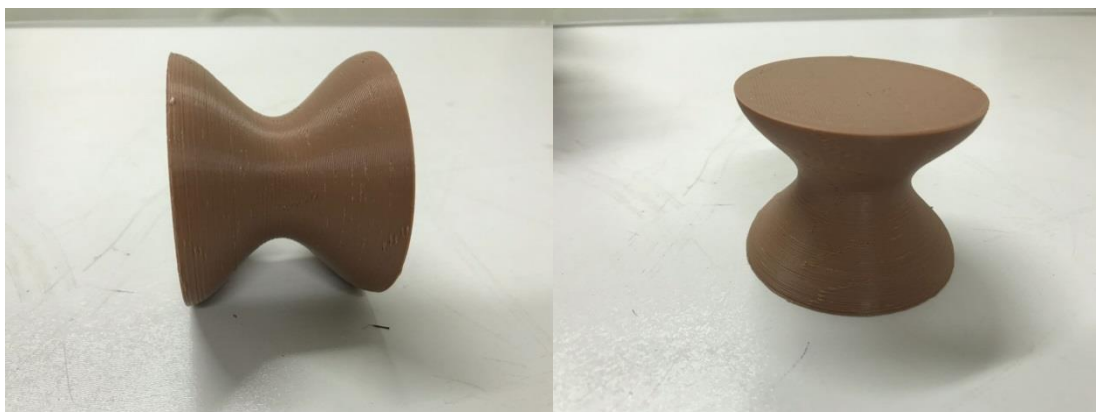
Figura 6 - Resultado da revolução ao longo do eixo X da “Equação 1”.



Fonte: Autoria própria

É possível perceber, que a geometria do sólido formado, apesar de ser visualmente simples é complicada para ser representada em um desenho bidimensional, feito em sala de aula, portanto, o modelo virtual foi exportado em um arquivo STL (stereolithography ou também Standard Triangle Language, arquivo de fácil visualização para objetos 3D virtuais), que foi importado em um programa fatiador para “traduzir” o modelo em um arquivo GCODE (arquivo para impressão 3D). O arquivo GCODE do sólido, foi impresso na máquina do Imprimindo Ideias e, o resultado “Figura 7” foi aplicado em sala de aula para auxiliar o estudo esse conteúdo e, facilitar o trabalho do docente e a compreensão dos discentes.

Figura 7 - Impressão 3D do sólido de revolução da Equação(1).



Fonte: Autoria própria

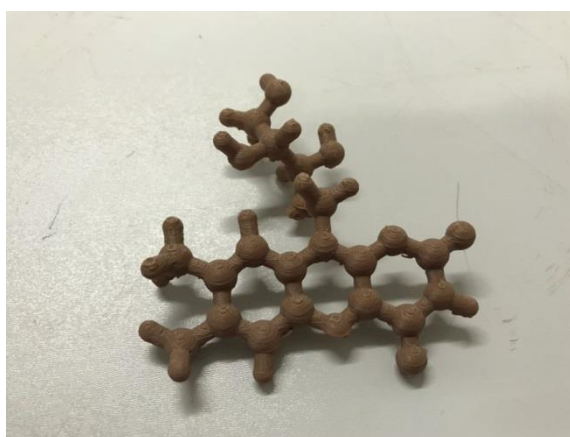


### 3.2 MOLÉCULAS

As moléculas são agrupamentos de átomos, iguais ou diferentes, que se mantêm unidos e que não podem ser separados sem afetar ou destruir as propriedades das substâncias. Elas são componentes fundamentais para o estudo de química e, assim como os sólidos de revolução no estudo do cálculo, essas moléculas são relativamente complicadas de serem representadas em um desenho bidimensional, principalmente para análise espacial da disposição dos átomos.

Visando tornar o ensino de Química molecular mais dinâmico, a Impressão 3D pode realizar a impressão 3D de moléculas com todas as disposições e interações entre átomos. A exemplo, temos a molécula da riboflavina (um composto orgânico da classe das vitaminas que no organismo humano, favorece o metabolismo das gorduras, açúcares, impresso em 3D demonstrado na "Figura 8") e, a molécula do DNA (molécula responsável pelo carregamento da informação genética nos seres vivos, demonstrado, impresso, na "Figura 9"). Os resultados mostram ser satisfatórios trazendo uma nova dinâmica no âmbito acadêmico, facilitando o processo de aprendizagem de forma simples e objetiva.

Figura 8 - Resultado da Impressão 3D da molécula da Riboflavina.



Fonte: Autoria própria

Figura 9 - Resultado da Impressão 3D da molécula do DNA didático, mostrando a dupla hélice com componentes coloridos para facilitar a didática em sala de aula.



Fonte: [https://cdn.thingiverse.com/renders/eb/de/ce/61/56/63b9bbd08737f20bd6ad7675d05bed77\\_preview\\_featured.jpg](https://cdn.thingiverse.com/renders/eb/de/ce/61/56/63b9bbd08737f20bd6ad7675d05bed77_preview_featured.jpg)

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo como principal objetivo, o auxílio na educação, o projeto Imprimindo Ideias, teve a iniciativa de trazer ao IFBA, Campus Vitória da Conquista, uma ferramenta tecnológica essencial nos tempos atuais, que é a Impressora 3D, com aplicação direta na Educação.

As impressões dos Sólidos de revolução e das moléculas são um passo inicial importante para a difusão da ferramenta como objeto de auxílio na formação acadêmica, visto que, o potencial de tal ferramenta foi apresentada e os objetivos de demonstrar a aplicação no processo de aprendizado com a impressão de materiais para Cálculo e Química foi realizado com sucesso. Apesar da apresentação, neste documento, de apenas duas aplicações, o projeto ainda auxiliou o ensino de Mecânica (aplicações vetoriais) com a criação de uma ferramenta simples para visualização de vetores no espaço, auxiliou a Feira de Ciências e Inovação (iniciativa das professoras Msc. Ada Ruth Bertotti e Msc. Polyane Alves Santos), com a impressão de peças essenciais para funcionamento de projetos robóticos, auxiliou o ensino médio (também do campus IFBA Vitória da Conquista) para apresentação de um trabalho relacionado a esferas e suas relações geométricas e auxiliou um trabalho de odontologia da Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR) com a impressão de um realístico crânio humano.

O projeto pretende continuar durante o 2º semestre de 2018, visando difundir a tecnologia e, ampliar ainda mais a área de aplicação na educação e em toda área que necessite de tal ferramenta, abrangendo assim todos os ramos acadêmicos, disponibilizando o acesso de forma controlada, à tecnologia por todos no campus.

#### *Agradecimentos*

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado vigor para prosseguir no projeto, agradeço especialmente às professoras Dr<sup>a</sup>. Ada Ruth Bertotti e MSc Polyane Alves Santos por me introduzir no ramo de projeto e pesquisa dando vida ao Projeto Imprimindo Ideias. Agradeço também aos meus pais Adriana Alex Firmino da Silva e Mactuzael de Oliveira



Amaro assim como a minha namorada, Luisa Sousa Pinchemel Cardoso, por me apoiarem continuamente na minha jornada acadêmica.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, F. M. (2013). **Estudo e projeto de melhoria em máquina de impressão 3D**. São Carlos, São Paulo: USP - S.Carlos.

Clavel, R.: (1988), **DELTA, A fast robot with parallel geometry**, in: 18th Internat. Symposium on Industrial Robot, Lausanne, pp. 91-100.

DEVOE, H. - **Thermodynamics and Chemistry** 2nd ed. Howard DeVoe Copyrighted - 2014

<sup>3</sup>JCROCHOLL. **Kossel printer repository**. Disponível em: <https://github.com/jcrocholl/kossel> . Acesso em: 25 de Nov. de 2017.

<sup>2</sup>Kossel. Disponível em: <http://reprap.org/wiki/Kossel>, acesso em 23 de Nov. de 2017

<sup>1</sup>RepRap Options Models Disponível em: [http://reprap.org/wiki/RepRap\\_Options#Models](http://reprap.org/wiki/RepRap_Options#Models), acesso em 23 de Nov. de 2017

STEWART, J.: **Cálculo - Vol. 2**, 6ª edição. Editora Pioneira Thomson Learning, 2009.

## PRINTING IDEAS: BUILDING A RAPID PROTOTYPE MACHINE WITH EDUCATIONAL APPLICATIONS

**Abstract:** *This document aims to present the use of a Rapid Prototyping Machine (3D Printer) as a main tool to help the learning process in the academic field (main target of the Project Printing ideas, developed in the second semester of 2017 in the campus IFBA Vitória da Conquista). To achieve this goal, it was necessary to build a machine based on existing easy replication and reproduction models in the Open Source (RepRap's) molds, with better quality and speed of printing, and after choosing, the KOSSEL model had its parts remodeled so that the printer could have rigidity and qualities compared to a professional type, with lower production costs. Once the construction process was completed, the material production stage was started to tangibilize the knowledge in the classroom, performing 3D printing on the machine, and making the printed objects available so that the students could learn in an interactive way. This is an important and differential factor of this project, which is reached, reaching a final Project of Printer model, concatenating in three-dimensional tangible models of great quality, thus bringing a unique experience of learning and interdisciplinary work.*

**Key-words:** 3D Pnter. Teaching tool. Interdisciplinary, Open Source.