

INFLUÊNCIA DA PROTOTIPAGEM 3D NO ENSINO DE CIÊNCIAS DOS MATERIAIS

Gustavo Dinis Viana - gustavo.dinis@aluno.ifsp.edu.br

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Cubatão
Rua Maria Cristina, 50
11533-160 – Cubatão – SP

Paulo Eduardo Santos Nedochetko - paulo.nedochetko@aluno.ufabc.edu.br

UFABC
Av. dos Estados 5001
09210-580 - Santo André – SP

Ana Paula Fonseca dos Santos Nedochetko - anapsn@ifsp.edu.br

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Cubatão

Resumo: Este artigo trata da obtenção de estruturas cristalinas por impressão 3D, que podem ser desmontadas, facilitando a visualização por parte do estudante. Nesse trabalho procuramos mostrar o passo a passo do método utilizado para desenvolver a estrutura cristalina de um composto do tipo NaCl ou CaO, onde o diferencial apresentado é a produção de peças independentes que podem ser montadas através de encaixes, originando o composto desejado. A possibilidade de montar e desmontar as estruturas leva ao entendimento de assuntos importantes como propriedades, planos cristalinos, densidade planar, formação de ligas e compostos, auxiliando o professor a se aproximar do aluno, culminando com o êxito no processo ensino-aprendizagem. A descrição feita visa possibilitar ao professor que tem acesso a uma impressora 3D que desenvolva suas próprias estruturas, utilizando-as como mais um recurso no ensino das disciplinas que envolvam a Ciências dos Materiais

Palavras-chave: Impressão 3D, estruturas cristalinas, processo ensino-aprendizagem.

1 INTRODUÇÃO

A impressão 3D teve início em 1980, no Japão, em que Hideo Kodama fez a primeira publicação de prototipagem tridimensional, baseando-se na solidificação de um fotopolímero através de raios ultravioleta (KODAMA, 1981). Três anos depois, Charles Chuck Hull cria a primeira patente de uma máquina capaz de criar objetos tridimensionais a partir da estereolitografia (AGUIAR, 2016). Alguns anos depois, devido a necessidade do aprimoramento tecnológico, Carl Deckard (Universidade do Texas) desenvolveu a Sinterização Seletiva a Laser. Sucedido por Scott Crump, em 1989, que criou o Fused Deposition Modelling que é baseado na deposição de filamento plástico fundido. Este por sua vez, devido à sua simplicidade e baixo custo, tornou-se o método mais popular de impressão 3D (AGUIAR, 2016).

Desde a ideia de sua concepção até os dias atuais passaram-se mais de três décadas em que a evolução das impressões 3D impulsionou uma completa transformação na maneira de enxergar até onde a ciência, tecnologia e engenharia podem chegar. Em meio a um contexto global cada vez mais tomado e influenciado pelo dinheiro e pela produção lucrativa, o conceito

de impressão 3D aplicado em diversas áreas da indústria cresce gradativamente, possibilitando que a otimização de processos seja conseqüentemente mais eficiente, melhorando os níveis de produção, a qualidade e durabilidade do produto, a preservação ambiental e o custo benefício.

Diversas áreas utilizam e podem utilizar os benefícios trazidos pelas impressões 3D. Uma das grandes e inovadoras aplicações é no setor de saúde, sendo importantes para criação de implantes e moldes dentários, além de próteses de baixo custo e alta durabilidade e resistência. Além disso, são muito utilizadas no setor de decoração, design e arquitetura, formando joias, miniaturas, brinquedos infantis, móveis, maquetes e esculturas. O nível de criatividade e aplicação é tão vasto que se torna impossível limitar o uso dessas impressões somente para essas áreas, tendo em vista que até carros foram desenvolvidos utilizando peças produzidas exclusivamente por impressoras 3D. (PINHEIRO & MOTA & STEINHAUS & SOUZA, 2018)

Desta maneira busca-se aproveitar ao máximo as inúmeras vantagens trazidas por esse meio inovador. Um importante conceito criado é a utilização da impressão 3D como ferramenta didática, produzindo peças que venham a facilitar a compreensão do aluno, auxiliando no processo ensino-aprendizagem. A interatividade obtida pelas peças produzidas em 3D, levam os estudantes à visualização de estruturas que deveriam ser compreendidas virtualmente, facilitando o entendimento sobre o assunto, além de promover uma maior aproximação entre os alunos e o professor quando as mesmas são manuseadas em sala de aula. Sendo assim, a impressão 3D, está sendo cada vez mais utilizada, em diversas áreas, principalmente por sua relação custo-benefício, podendo ser utilizada como uma excelente ferramenta didática, auxiliando na produção da maior riqueza que existe: o conhecimento. (AGUIAR & YONEZAWA, 2014).

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

Diversos modelos vêm sendo utilizados para auxiliar o processo de ensino e formação conceitual de alunos. Alguns deles são representações de moléculas químicas com bolas de isopor e palitos de churrasco (BARBOSA, 2015); biscoito (MATOS et al., 2009), gessos (FREITAS et al., 2008), resinas (BRENDLER et al., 2014) e plásticos (SCHELBEL, 2015). A utilização desses métodos foi comprovada de maneira prática com experimentos realizados em turmas regulares de ensino de Ciências dos Materiais para alunos de cursos de Engenharia e Tecnologia em Automação Industrial (NEDOCHETKO & VIANA & NEDOCHETKO, 2018). Mais recentemente, tem se utilizado modelos produzidos em impressoras 3D a partir do desenvolvimento de modelagem.

Neste artigo será descrita a evolução da obtenção de peças produzidas em impressora 3D, onde um composto cristalino pôde ser formado a partir de peças encaixadas, o que facilitou o aprendizado dos alunos da disciplina Ciências dos Materiais, ministrada nos cursos de Engenharia de Controle e Automação e Tecnologia em Automação Industrial do *campus* Cubatão do Instituto Federal de São Paulo. A inovação produzida nessa pesquisa foi o desenvolvimento de peças que se encaixam e permitem ao estudante a visualização tridimensional das estruturas que estão sendo ensinadas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A obtenção de estruturas cristalinas de compostos cristalinos por impressão 3D vem auxiliar o processo ensino-aprendizagem, garantindo a visualização tridimensional das mesmas.

2.1 Materiais

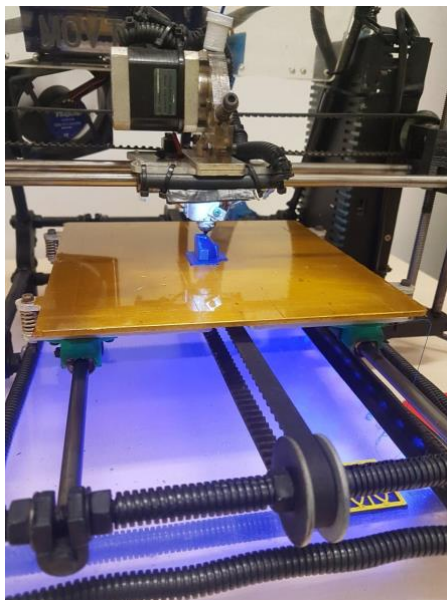
Para a produção da estrutura cristalina de um composto CFC (cúbico de face centrada), como o NaCl, foi utilizado um polímero biodegradável baseado na fermentação do amido PLA (Figura 1), softwares de licenças gratuitas para a construção e fatiamento da estrutura (FreeCAD - <https://www.freecadweb.org/index.php> e Cura - <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software>), uma extrusora orientada por vetores (Impressora 3D - Figura 2), supercola genérica e tinta em spray.

Figura 1 – Filamento PLA.



Fonte: Autores, 2018

Figura 2 – Impressora 3D.

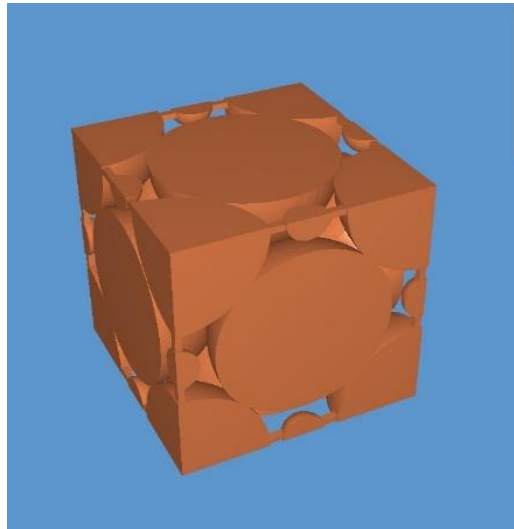


Fonte: Autores, 2018

2.2 Métodos utilizados

Para produção das peças foram realizados diversos testes, sendo que, inicialmente, a impressão seria realizada numa única vez, dando origem à peça inteira (Figura 3). Porém, com o surgimento de dificuldades relacionadas à programação do software para impressões com inclinação superior a 60°, foram gerados suportes que acabavam dificultando o trabalho com a estrutura.

Figura 3 – Estrutura Cristalina do tipo NaCl.



Fonte: Autores, 2018

A fim de solucionar essa questão foi tomada a decisão de trabalhar em blocos encaixáveis, como aqueles encontrados em brinquedos infantis, tornando o objeto mais interativo e atrativo aos alunos dos cursos de Engenharia e Tecnologia. Apesar da tentativa, essa não foi suficiente, devido ao posicionamento dos furos na estrutura tridimensional. Alguns deles estavam sendo impressos de forma sólida, o que não permitiria o encaixe posterior, conforme mostra a Figura 4.

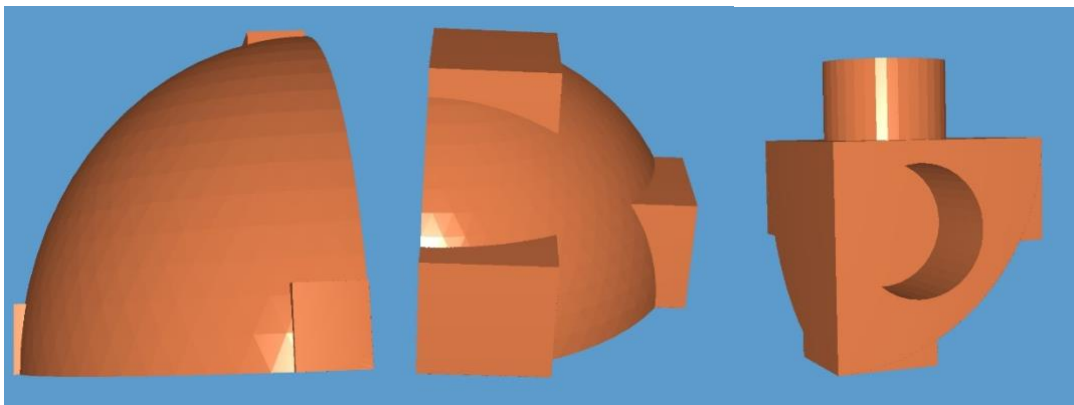


Figura 4 – Peças com os furos preenchidos.

Fonte: Autores, 2018

A solução encontrada foi realizar a impressão de cada bloco da estrutura separadamente, formando conjuntos de peças menores. Esses conjuntos foram montados com o uso de cola de secagem rápida. Assim, três peças menores passariam a constituir o conjunto completo da estrutura cristalina CFC (Figura 5).

Figura 5 – Protótipo das 3 microestruturas.



Fonte: Autores, 2018

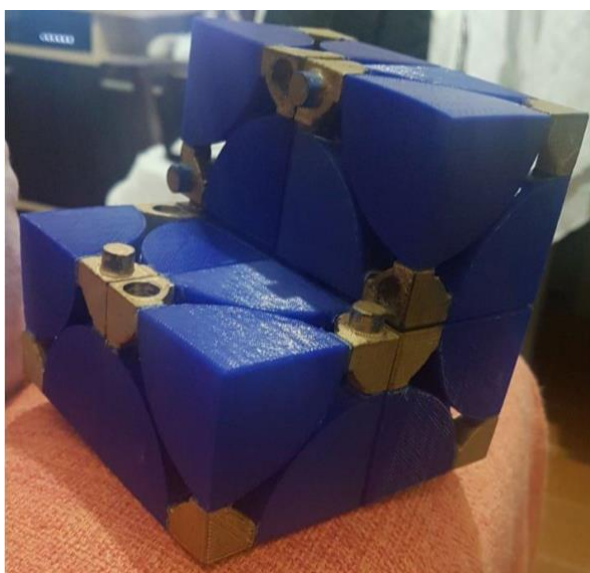
Produção dos conectores

A estrutura sendo desmontável, facilita a visualização tridimensional, de modo que ao desmontá-la, o aluno tem maior nível de interatividade, proporcionando um maior aprendizado e entendimento das estruturas cristalinas que formam os diversos materiais estudados.

Dessa forma, essa estrutura se tornou única no ensino de Materiais, pois não existem relatos de produção de peças que utilizem essa característica desmontável.

Para a produção do conector foram realizados testes experimentais a fim de observar o comportamento mecânico para que pudesse ser estimado o tamanho ideal para manter a estrutura bem conectada, de forma que permitisse o encaixe e desencaixe da mesma, proporcionando a possibilidade da visão de diversas maneiras diferentes da estrutura inteira (Figura 6).

Figura 6 – Peça encaixada de forma a visualizar seu interior



Fonte: Autores, 2018

Impressão em 3D

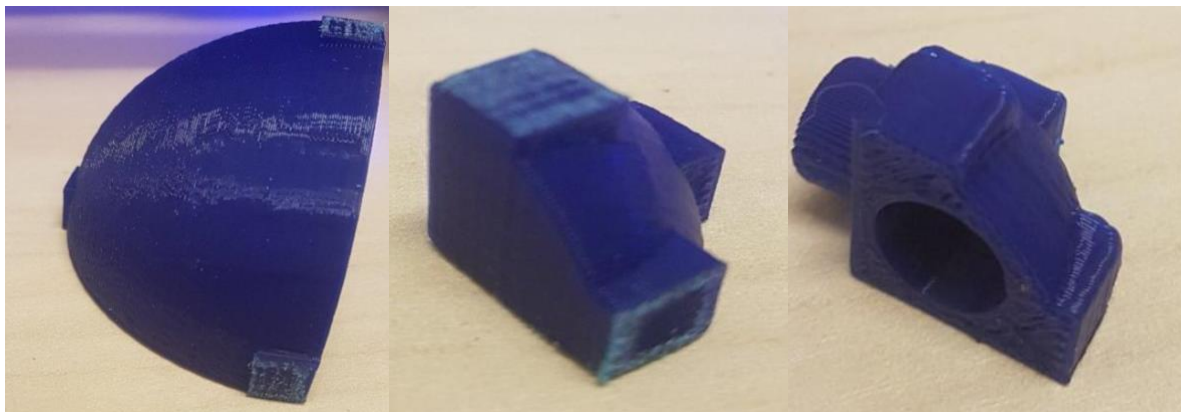
Após algumas tentativas frustradas, deu-se início à produção das peças que seriam usadas na formação da estrutura maior. Para facilitar o processo de colagem das microestruturas

foi projetada uma região plana, nas extremidades de cada uma para que a mesma apresentasse aderência suficiente para manter a estrutura unida.

As microestruturas impressas foram:

- ✓ 32 estruturas maiores correspondentes a 1/8 de esfera de raio 7 cm, cada uma, no seu modelo final, demorando cerca de 30 minutos para impressão (Figura 7),
- ✓ 8 estruturas correspondentes a 1/8 de átomo de raio 3,5 cm que correspondiam as quinas da superestrutura final, demorando cerca de 15 minutos para impressão (Figura 8),
- ✓ 24 estruturas correspondentes a 1/8 de esfera com um conector, e um furo para encaixe que demoravam cerca de 20 minutos (Figura 9).

Figuras 7, 8 e 9 – 3 tipos de microestruturas

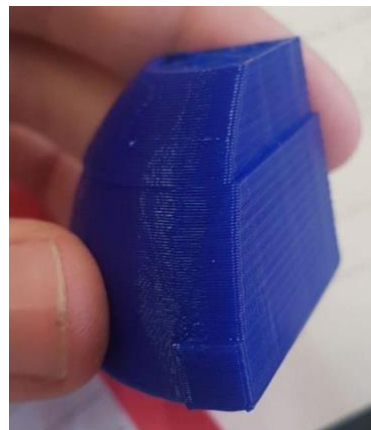


Fonte: Autores, 2018

Assim, o tempo final de impressão totalizou 26 horas, sem contar os intervalos entre as impressões das microestruturas, nem eventuais erros.

Dentre os erros mais comuns cabe citar aquele em que a estrutura se soltava de sua base e entortava a impressão, impossibilitando a obtenção de uma peça aproveitável; outro problema que se tornou comum foi o deslocamento de uma fatia da impressão (Figura 10), ocasionando a perda de muitas outras peças. Desta forma, tornou-se difícil estimar o tempo final da impressão.

Figura 10 – Peça com deslocamento na fatia



Fonte: Autores, 2018

Pintura

Pensando na estética das peças que serão usadas para fins didáticos, as mesmas foram pintadas de forma que cada elemento que compõe a estrutura teria cor diferenciada. No caso citado no artigo, as esferas menores, representando o sódio (Figura 11), componente da estrutura do NaCl, foram pintadas de dourado, enquanto o elemento cloro foi sinalizado na cor azul, auxiliando na percepção da diferença entre os dois átomos que formam o composto estudado.

Figura 11 – Conector Pintado - Fonte (Autores)



Fonte: Autores, 2018

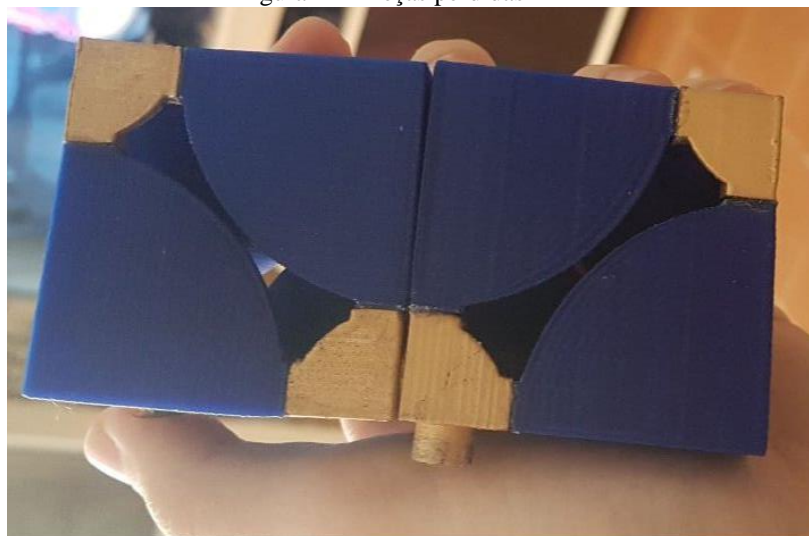
Colagem

Finalizadas as impressões, foi utilizada uma lixa visando aumentar a aderência nos conectores nas áreas de colagem para que não houvesse problema de desconexão quando um esforço mecânico fosse utilizado no uso didático da estrutura.

Nesse processo de colagem, houve a constatação de pequenos erros de impressão que tornavam as estruturas ligeiramente tortas, prejudicando o seu funcionamento final.

Nessa etapa foram perdidas 2 das 8 estruturas que compõe a peça final, fazendo o tempo de impressão novamente aumentar (Figura 12).

Figura 12 – Peças perdidas

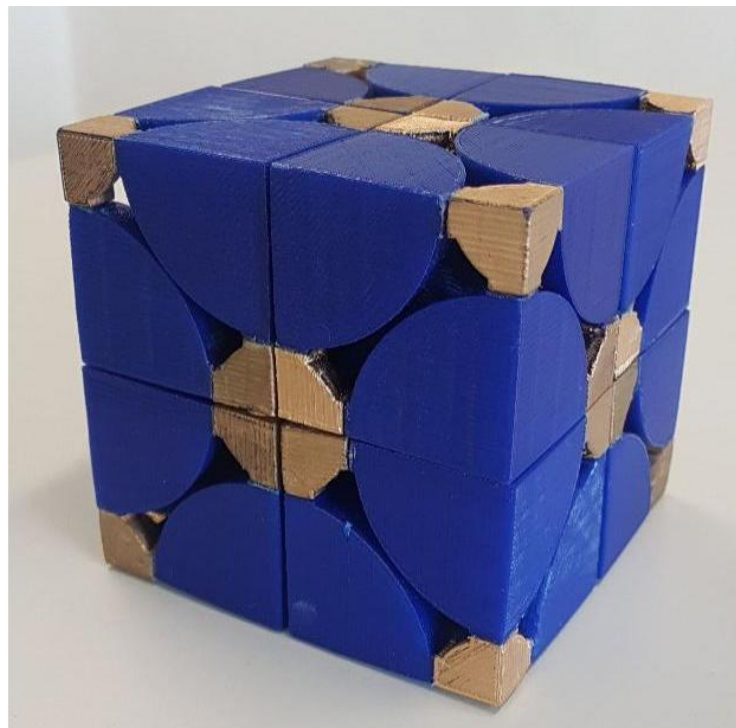


Fonte: Autores, 2018

3 RESULTADOS

Após longos testes e adaptações, a estrutura obtida apresentou-se bem satisfatória (Figura 13). O manuseio da mesma em sala de aula levou ao entendimento de assuntos como densidade planar, planos e direções cristalinas, formação de compostos iônico e ligas metálicas, propriedades dos materiais, dentre outras. Em conjunto com estruturas de outros tipos, que estão em desenvolvimento, servirão como facilitador no ensino de Ciências dos Materiais, aumentando o grau de aprendizagem dos alunos, culminando com o êxito dos mesmos.

Figura 13 – Estrutura Finalizada



Fonte: Autores, 2018

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eficácia do processo e o resultado apresentado em sala de aula, levaram à continuidade do projeto com a produção de novas estruturas em tamanho grande, além de peças menores que serão utilizadas para estudo de caso, onde o professor oferta a escala a ser utilizada e o aluno deverá desenvolver trabalho de pesquisa, cálculo de densidade e estimar propriedades da estrutura que lhe foi fornecida. Esse tipo de desenvolvimento enriquece o processo ensino-aprendizagem, que aliado aos tradicionais exercícios de cálculos, permitirão ao estudante um maior domínio sobre o tema.

Agradecimentos

Agradecimento especial ao LABMAX, grupo de pesquisa do IFSP, que possibilitou o uso de sua impressora 3D.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Leonardo De Conti; YONEZAWA, Wilson Massashiro. Construção de instrumentos didáticos com impressoras 3D. In: **IV Simpósio Nacional de Ensino e Ciência e Tecnologia**. 2014.

AGUIAR, L. C. D. Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de ciências. 2016, 226 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016.

BRENDLER, C. F.; VIARO, F. S.; BRUNO, F. B.; TEIXEIRA, F. G.; SILVA, R. P. Recursos didáticos táteis para auxiliar a aprendizagem de deficientes visuais. *Educação gráfica*, Rio Grande do Sul, v.18, n.03, p. 141-157, 2014.

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

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

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

NEDOCHEKTO, Ana Paula F. Santos; VIANA, Gustavo Dinis; NEDOCHEKTO, Paulo Eduardo Santos. Como a utilização de uma prática simples trouxe resultados surpreendentes no processo ensino-aprendizagem – um caso prático. **Qualif - Revista Acadêmica - Ensino de Ciências e Tecnologias – IFSP Campus Cubatão**, volume 2 – número 2 – março/julho 2018.

PINHEIRO, Cristiano Max Pereira; MOTA, Gabriela Ehlers; STEINHAUS, Camilla; SOUZA, Mikaela. Impressoras 3D: uma mudança na dinâmica do consumo. In: **Signos do Consumo**. 2018.

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

<http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/destaque/12708-impressao-3d-uma-aliada-na-inovacao>. Acesso em abril/maio 2018

FreeCAD. Disponível em <https://www.freecadweb.org/index.php>. Acesso em: abril/maio 2018.

Cura. Disponível em <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software>. Acesso em: abril/maio 2018.

3D PROTOTYPING INFLUENCE IN THE TEACHING OF MATERIALS SCIENCE

Abstract: *This article deals with the obtaining of crystalline structures by 3D printing, which can be disassembled, facilitating visualization by the student. In this work we attempt to show the step by step method used to develop the crystalline structure of a NaCl or CaO type compound, where the differential presented is the production of independent parts that can be assembled through fittings, giving the desired compound. The possibility of assembling and dismantling the structures leads to the understanding of important subjects such as properties, crystalline planes, planar density, formation of alloys and compounds, helping the teacher to approach the student, culminating with the success in the teaching-learning process. The description is intended to enable the teacher who has access to a 3D printer to develop their own structures, using them as a further resource in teaching the disciplines that involve Materials Science.*

Key-words: *3D printing, crystal structures, teaching-learning process*