

PROPOSTAS DE UTILIZAÇÃO DE UMA IMPRESSORA 3D NO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Proposal of 3D printer use in the Mechanical Engineering course

Luiz Henrique de Mello Soares¹; Airton Campanhola Bortoluzzi²;
Alisson Dalsasso Corrêa de Souza³.

¹ Discente do Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio grande do Sul, Campus Erechim (IFRS - Campus Erechim). *E-mail*: l.mello.eng@gmail.com

² Docente do Curso de Engenharia Mecânica (IFRS - Campus Erechim).

³ Docente do Curso de Engenharia Mecânica (IFRS - Campus Erechim).

Data do recebimento: 15/02/2019 - Data do aceite: 24/05/2019

RESUMO: A tecnologia de prototipagem rápida é muito conhecida dentro das indústrias por permitir o desenvolvimento de modelos, em plástico ou outros materiais, em um curto período e com vastas características de detalhes. Nomeada como indústria de manufatura aditiva, esse setor vem apresentando um grande crescimento nos últimos anos. Além de trazer grandes benefícios para as indústrias, essa ferramenta vem se mostrando um marco na educação por permitir o desenvolvimento de projetos com o intuito de auxiliar os professores com uma ampla gama de materiais didáticos a serem utilizados em aula, permitindo que os alunos compreendam melhor os assuntos abordados nas aulas. Nesse sentido, o IFRS - Erechim adquiriu uma impressora 3D em 2018 para emprego didático no curso de Engenharia Mecânica. Assim, o objetivo deste artigo é propor possibilidades de aplicação do recurso dentro das disciplinas ofertadas pelo curso. Ao final, espera-se contribuir para o processo ensino-aprendizagem dos diversos cursos de Engenharia Mecânica ofertados em nosso país.

Palavras-chave: Impressora 3D. Engenharia Mecânica. Educação. Ensino.

ABSTRACT: Rapid prototyping technology is well known within industries because it allows the development of plastic or other material models, in a short period of time and with vast detail characteristics. Named as an additive manufacturing industry, this sector has been showing strong growth in recent years. In addition to bringing great benefits to industries, this tool has been a

milestone in education by allowing the development of projects with the aim of helping teachers with a wide range of teaching materials, allowing students to understand better the topics covered in class. In this sense, IFRS - Erechim acquired a 3D printer in 2018 for teaching use in the mechanical engineering course. Thus, the objective of this article is to propose possibilities of application of the tool within the subjects offered by the course. At the end, it is expected to contribute to the teaching-learning process of various mechanical engineering courses offered in our country.

Keywords: 3D Printer. Mechanical Engineering. Education.

Introdução

O primeiro modelo de impressão e prototipagem 3D foi desenvolvido e patenteado pelo engenheiro norte-americano Chuck Hull durante a década de 80. Essa tecnologia foi desenvolvida inicialmente com o propósito de fabricar lâmpadas para secagem de resinas. Porém, ficou muito conhecida no mercado por permitir a confecção de peças em plástico com elevado grau de detalhamento de uma maneira eficiente e rápida. Bagliotti (2017) e Souza (2018) abordam em suas publicações a respeito da invenção da impressora 3D por Chuck Hull, que fundou a empresa 3D System Corp. logo após o patenteamento de sua tecnologia, prestando serviço para grandes corporações como Mercedes-Benz e General Motors, sendo até hoje uma das empresas líderes no mercado de prototipagem rápida. Durante a década de 90 o custo para obtenção desse equipamento era de aproximadamente 1 milhão de dólares, sendo o auge da popularização do equipamento o ano de 2013 com o surgimento da primeira impressora com preço popular utilizando modelos de código livre (*RepRap*). Bagliotti (2017) aborda modelos *RepRap* como sendo modelos simplificados de impressoras 3D que permitem ao autor replicação do equipamento, barateando a

produção do equipamento e tornando esse um projeto comunitário. Equipamentos de Impressão 3D ficaram conhecidos como equipamentos de prototipagem rápida, sendo que Vianna et al. (2012) definem o processo de prototipar como sendo o ato de tangibilizar uma ideia, buscando a representação da realidade através da passagem do abstrato para o real, a passagem do abstrato para o físico de forma a representar a realidade.

Atualmente existem três tipos de tecnologias para produção em 3D, sendo estas: Estereolitografia (SLA), que realiza a solidificação de uma resina líquida para produção de um produto; Sinterização Seletiva a Laser (SLS), que realiza a solidificação e união controlada de pequenas partículas, areias, de plástico ou metal; e Modelagem por Fusão e Depósito (FDM), uma tecnologia mais simples que realiza a deposição, adição, de filamento plástico para confecção de peças. O processo FDM, modelo a ser utilizado neste trabalho, foi a tecnologia barateada com a criação de modelos *RepRap*, sendo que sua popularização mostrou ser benéfica não apenas para a indústria, com a possibilidade de desenvolver protótipos, para realizar análises antes do lançamento de um produto, e para produção de modelos finais de maneira rápida e eficiente, como também para a educação. Pode-se mencionar diversos casos de aplicação dessa tecnologia dentro do âmbito

estudantil. Dentro dessas aplicações podemos mencionar: Segundo Wen (2016), o projeto homem virtual, desenvolvido pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), que se trata do desenvolvimento de modelos em 3D de todo o corpo humano, auxiliando os estudantes em modelos ampliados de estruturas mais complexas e delicadas como o tímpano humano; no ano de 2014 essa tecnologia se tornou comum em universidades de países desenvolvidos como Inglaterra, Austrália e Estados Unidos da América, sendo que ao passo que os compartilhamentos de projetos, ensinando a fabricar uma impressora 3D, se tornavam mais frequentes na internet em plataformas como o YouTube. Como apresentado por Medeiros (2016), projetos com ideias de implementação de atividades dinâmicas em disciplinas com o objetivo de estimular o desenvolvimento de conhecimento em alunos, como *Lite Maker* se tornam frequentes no Brasil; e, por fim no ano de 2018, o projeto “Disseminação do conhecimento sobre prototipagem 3D” permitiu a aquisição de uma impressora 3D dedicada ao curso de engenharia mecânica no Instituto Federal de Ciências e Tecnologias do Rio Grande do Sul - Campus Erechim (IFRS-Erechim), sendo sua utilização dentro das disciplinas do curso de extrema importância para um bom desenvolvimento e conhecimento a respeito dessa tecnologia.

Com a utilização da impressora 3D dentro do mercado industrial, a indústria de manufatura aditiva, processo utilizado na impressão, ganha força dentro e fora do país. Em sua publicação, Motti (2018) apresenta pesquisas que apontam um possível crescimento no mercado de impressão 3D para o próximo ano, mostrando a versatilidade com que esse equipamento pode ser utilizado na indústria e o porquê dele ser considerado como uma vantagem competitiva pelas empresas. Essa tecnologia ganhou força no mercado devido

sua versatilidade no desenvolvimento de protótipos com elevado grau de detalhamento e de produtos finais refinados em um curto período de tempo e com pouco desperdício de material, sendo o Poliláctico (PLA), apontado por Finotti (2014), como sendo um filamento biodegradável, que pode ser feito de cana-de-açúcar e beterraba, uma opção de matéria-prima biodegradável aceita por essa tecnologia para o desenvolvimento de modelos.

A divulgação do conhecimento a respeito dessa tecnologia possibilitou um grande desenvolvimento da mesma e o desenvolvimento de novas tecnologias, o desenvolvimento da tecnologia existente permitiu a utilização de diferentes matérias-primas, como metal e concreto, e permitiu o desenvolvimento de maquinário com elevadas dimensões de impressão, permitindo até mesmo a impressão da estrutura de uma casa de 60 m² em menos de 24 horas.

O histórico com a prototipagem 3D no IFRS - Campus Erechim tem início no segundo semestre do ano letivo de 2018, com a aquisição da impressora GTMax3D modelo Core A2 pelo projeto de extensão “Disseminação de Conhecimento Sobre Prototipagem 3D”. Durante o projeto foram realizadas pesquisas de impressões para entender seu funcionamento e realizadas atividades externas com o objetivo de disseminar conhecimento a respeito dessa tecnologia para nossa comunidade acadêmica e sociedade.

Nesse cenário, o intuito deste artigo é identificar possíveis aplicações desta ferramenta dentro do curso de engenharia mecânica, oferecido por nossa instituição, sendo essa uma tentativa de divulgação dessa tecnologia para docentes, discentes e demais públicos interessados em se aprimorar no mercado de prototipagem 3D. Para realização deste trabalho é analisada a grade curricular do curso de engenharia mecânica ofertado pelo IFRS - Campus Erechim, tomando como base as

ementas apresentadas no Projeto Pedagógico do curso e realizando pesquisas voltadas a identificar possíveis práticas que utilizem o equipamento de prototipagem rápida 3D nas disciplinas da grade curricular.

Desenvolvimento

Para entender o mercado e a tecnologia referentes à prototipagem 3D, primeiro é necessário entender alguns aspectos de nossa indústria atual. De acordo com Abreu (2017), as revoluções industriais que se passam são motivadas e ocorrem devido ao surgimento e utilização de novas tecnologias, sempre promovidas pela necessidade de tornar meios de produção mais eficientes e com menor custo, existindo um consenso a respeito de três revoluções industriais ocorridas, sendo a primeira entre os anos de 1760 e 1840, gerada pela aplicação de tecnologias ligadas a máquinas a vapor; a segunda revolução, dada entre os séculos XIX e XX, tendo como guia a aplicação da eletricidade nas indústrias existentes; e, por fim, a terceira revolução, com início no ano de 1960, movida pela aplicação de materiais semicondutores para fabricação de computadores de uso pessoal e com a popularização da internet, nos anos 90. Atualmente, os meios de produção estão passando por uma nova revolução industrial, também conhecida como indústria 4.0. Esse termo surge no ano de 2011 no evento Hannover Messe, normalmente realizado na Alemanha, caracterizando essa revolução como a busca pelo desenvolvimento de tecnologias de ponta para indústria de manufatura com objetivo de integrar mundos físicos e virtuais para uma maior integração e dinamização das linhas de produção. Tendo como base o Relatório da Boston Consulting Group – BCC desenvolvido por Rusman (2015) et al., uma empresa de consultoria industrial focada na otimização do meio produtivo, a indústria

4.0 se sustenta em nove pilares principais, sendo que a tecnologia de prototipagem 3D se encaixa diretamente em dois deles, a manufatura aditiva e a simulação.

A manufatura aditiva, também conhecida como rápida, é definida por Gibson et al. (2010) como sendo um processo de fabricação que se utiliza de um modelo tridimensional, do objeto que deseja ser fabricado, produzido em computador, para guiar um mecanismo de adição, geralmente em camadas de material, sendo essa uma tecnologia inovadora por dispensar a remoção de grandes quantidades de materiais que ocorrem nos processos de usinagem, desperdiçando uma menor quantidade de matéria-prima. Abreu et al. (2017) definem que a simulação se trata de uma técnica baseada no desenvolvimento de um modelo de objeto ou processo. A realização de uma simulação permite uma visão mais ampla do objeto em estudo, tornando mais eficiente a análise de custo-benefício e tempo de produção.

Além do âmbito industrial, a impressora 3D vem se mostrando uma forte aliada no processo educacional. Em um *workshop* realizado no ano de 2003 na St. Louis Community College, no Florissant Valley, Missouri, EUA, Sparks et al. (2004), apresentaram a tecnologia de prototipagem rápida e analisaram o impacto da implementação dessa tecnologia naquela comunidade. Professores de disciplinas como álgebra, matemática e desenho apresentaram grande interesse na tecnologia com o intuito de elaborar atividades práticas para tornar as aulas mais dinâmicas. No ano de 2013 foi divulgado, pelo Reino Unido, o relatório de utilização de impressora 3D em escolas, que confirmou um maior envolvimento dos alunos e uma maior motivação na realização de projetos práticos. Processos de simulação unidos à tecnologia de manufatura aditiva podem ajudar no desenvolvimento do processo educacional, trazendo um maior dinamismo com ativi-

dades práticas. Sócrates foi um dos grandes filósofos que utilizavam da dialética como ferramenta para construção do conhecimento, através de uma análise mais profunda do objeto a ser estudado em um diálogo baseado em questionamento. Urbanetz e Mello (2008) definem o método dialético no ensino como o diálogo entre professor e aluno, sendo o professor um mediador do conhecimento, apresentando o seguinte ciclo:

- Prática Social, consistindo no processo de ensinar e incentivar o aluno a buscar informações;
- Problematização, sendo essa etapa o levantamento de questões a respeito das informações obtidas em pesquisa;
- Instrumentalização, decorrente da disponibilização de instrumentos, pelo professor, com o objetivo de auxiliar o aluno no desenvolvimento do problema analisado;
- Catarse, é caracterizada pelo momento em que o aluno alcança o entendimento;
- Prática Social, marcando a repetição do processo e apresentando ao aluno o motivo e aplicação do conhecimento adquirido.

As diretrizes curriculares, apresentadas pelo Ministério da Educação (MEC), definem como papel da escola a seleção e transformação dos conhecimentos escolares com intuito de desenvolver uma formação ética, estética e política do aluno, tornando esses conhecimentos mais acessíveis aos alunos, articulando componentes curriculares e áreas de conhecimento através de temas contemporâneos que causem impacto global regional ou local. Nesse contexto, o equipamento de prototipagem rápida é um potencial aliado para a transposição de ideias com elevado grau de detalhamento, permitindo que o

aluno visualize, manuseie e construa seu conhecimento com base na assimilação de conceitos importantes em atividades práticas e didáticas.

Dentre os trabalhos já realizados utilizando tecnologia de prototipagem, focado em auxiliar o processo educacional com a utilização de ferramentas de simulação, pode-se mencionar o projeto realizado iniciado por Wen (2016) na faculdade de medicina da Universidade de São Paulo, que consiste no catálogo de diversos órgãos do corpo humano, em tamanho real ou em escala, para realização de um estudo mais aprofundado por parte dos alunos. Além desse, em uma rápida olhada no Google pode-se encontrar a utilização da impressora 3D em cursos de engenharia civil e arquitetura para o desenvolvimento de maquetes, mapeamento de relevos pelos cursos de geografia e geologia, fabricação de próteses articuladas de baixo custo em cursos de engenharia mecânica e automação, entre outras possíveis aplicações.

Engenharia Reversa e o Processo de Prototipagem

Júnior (2005) define que a engenharia reversa se trata da tentativa de entender o funcionamento de um produto, possibilitando o desenvolvimento de um produto similar com dimensões aproximadas, apontando algumas empresas, como a IBM-PC, que utilizam dessa técnica de engenharia em seus meios de produção.

O processo de engenharia reversa está ligado a diversas áreas da engenharia como, projetos de máquinas e prototipagem apresentando uma ligação muito forte com a tecnologia de prototipagem rápida. Segundo Vianna *et al.* (2012), no livro *Design Thinking* - inovações em negócios, define a prototipagem como sendo:

“Prototipar é tangibilizar uma ideia, a passagem do abstrato para o físico de forma a representar a realidade – mesmo que simplificada – proporcionar validações.”

A Impressão 3D

Tomando como base os estudos de Bagliotti (2017) e Giordano (2016), atualmente, existem basicamente três tipos de tecnologia relacionadas a manufatura aditiva e impressão 3D, sendo elas:

Sinterização Seletiva a Laser (SLS), é o processo que se baseia na deposição de finas camadas da matéria-prima em formato de pó, utilizando um *laser* para fazer a sinterização, tornando o modelo final sólido e com elevada resistência.

Estereolitografia (SLA): processo patentado por Chuck Hall que consiste na utilização de uma luz ultravioleta para solidificar uma resina depositada em camadas, sendo o produto final desse processo caracterizado pelo elevado grau de detalhamento e acabamento.

Fusão e Deposição de Material (FDM): tecnologia utilizada nas impressoras 3D convencionais, consiste em uma deposição controlada de filamento plástico para desenvolvimento de um modelo real.

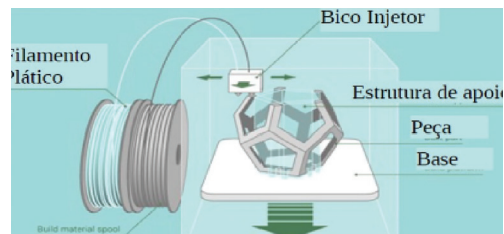
Todas as tecnologias apresentadas permitem a simulação de modelo tridimensional desenvolvido com auxílio de um computador e *softwares* específicos para desenvolvimento de um modelo virtual igual, ou similar ao modelo que deseja ser fabricado. Segundo o tutorial oferecido pelo *software* REPETIER (2018), o equipamento de prototipagem rápida FDM realiza a divisão do modelo virtual em camadas, enviando para a máquina um código que direciona a movimentação do equipamento de injeção ou de solidificação da matéria-prima.

O Processo FDM

Com base em Bagliotti (2017) e Giordani (2016), o processo FDM é o mais popular entre os processos de impressão, sendo utilizado em diversos setores econômicos e educacionais devido a sua versatilidade e praticidade. Como mencionado anteriormente, esse processo permite a produção de produtos de plástico através da deposição, camada por camada, de um filamento plástico que é fundido, pelo bico injetor, e depositado em uma superfície plana. A Figura 1 representa o esquema para a produção de um produto com a utilização do processo FDM, no qual, basicamente, ocorre a movimentação do bico injetor nos eixos x e y e da mesa no eixo z , que, através de um controlador, deposita material nas regiões demandadas.

Para o desenvolvimento do processo primeiramente deve-se obter um modelo virtual da peça a ser fabricada, após desenvolver o modelo virtual, o arquivo deve ser enviado, geralmente na extensão. STL, para um *software* de fatiamento que realiza a divisão da peça em camadas, desenvolvendo um arquivo Gcode a ser transferido para a impressora, em que o arquivo apresenta os comandos necessários para o bico injetor se movimentar pela superfície de trabalho realizando a fabricação do modelo camada por camada.

Figura 1 - Processo Fdm



Fonte: Do autor

Modelagem

O processo de modelagem consiste na confecção de um modelo virtual, com auxílio

de computador, em 3 dimensões. Programas de fatiamento como Repetier-Host e Slicer3D são empregados para gerar um modelo virtual em fatias de impressão no formato .STL, sendo que o código contém os comandos que a máquina deve executar para realizar a impressão, direcionando o bico injetor nos eixos x e y . Ferramentas como Autodesk Inventor e SolidWork são muito utilizadas em cursos de engenharia e Designer e nas indústrias para desenvolvimento de protótipo é comum encontrar licenças estudantis para utilização livre dessas ferramentas.

Ainda, é possível encontrar alguns *softwares* que apresentam a ideia de *open source*, *software* de código aberto, entre eles o Blender, disponível no link: <https://www.blender.org>, uma ferramenta complexa de modelagem muito utilizada para desenvolver modelos com altas qualidades de detalhes e texturas, tratando-se de uma ferramenta versátil e muito utilizada para criar animações.

Outra ferramenta, de fácil utilização, é o Tinkercad, ferramenta gratuita desenvolvida pela Autodesk que pode ser utilizada, no seu navegador, através do link: <https://www.tinkercad.com>. O Tinkercad é uma ferramenta intuitiva e de fácil utilização que permite desenvolver modelos 3D, ou realizar alterações em arquivos desenvolvidos em outras ferramentas ou disponibilizados por uma biblioteca. O programa funciona através da sobreposição e união de blocos com geometrias diferentes, disponibilizando encaixes e engates para o desenvolvimento de bonecos articulados e diversas ferramentas de edição. Essa ferramenta também possibilita enviar o arquivo diretamente para uma empresa especializada em impressão 3D, que realiza a fabricação e envia o produto até sua casa.

Bibliotecas de Modelos

Alguns *sites* na internet foram criados com o objetivo de agrupar diversos modelos

3D, gratuitos para *download*, disponibilizados pelo seu criador. Essas bibliotecas oferecem diversos arquivos, desde engrenagens a porta-lápis e objetos decorativos, já em arquivo .stl, o mesmo utilizado pelos de fatiamento, imagens, referentes ao modelo virtual e impresso, e algumas configurações utilizadas para fabricação do modelo e vídeos mostrando os processos de fabricação.

Entre as bibliotecas existentes podemos indicar:

- Thingiverse: www.thingiverse.com;
- PinShape: www.pinshape.com;
- BLD3R: www.3dagogo.com;
- MyMiniFactory: www.myminifactory.com;
- Cults: www.cult3d.com

Vale ressaltar que a maioria dos modelos disponibilizados são passíveis de personalização em *softwares* de modelagem e fatiamento.

O Curso de Engenharia Mecânica

Segundos dados do IFRS - Erechim, o curso de engenharia mecânica apresenta como objetivo formar profissionais em áreas técnicas e científicas da área, através da estimulação de ações críticas e criativas para a identificação de problemas de uma maneira ética e humanística. O IFRS define o engenheiro mecânico como um profissional generalista com capacidade de desenvolver e gerir projetos, apontando como possibilidade de atuações diversas áreas industriais como indústrias de máquinas, base e de produtos ao consumidor.

Dentre os projetos realizados no ano de 2018, relacionados ao curso de engenharia mecânica, no IFRS - Erechim, pode-se desta-

car o veículo eficiência energética da equipe Drop Team, o qual obteve o título de carro mais eficiente da América Latina ao atingir a marca de 424,9 km/l na Shell Eco-Marathon Brasil no ano de 2019. Dentre outros, também há o projeto de fabricação de um veículo *off road*, Baja, e o projeto de disseminação do conhecimento sobre prototipagem 3D.

Análise do PPC

O Projeto Pedagógico do Curso (PPC) Superior de Engenharia Mecânica aponta a região de Erechim como sendo um potencial para o curso de Engenharia Mecânica. Nesse documento é apresentada a caracterização geral do curso, seus objetivos e sua organização curricular. A organização curricular consiste na divisão adequada de disciplinas básicas, profissionalizantes, específicas e específica dentro da grade curricular oferecida durante 10 semestres, apresentando um total de 3720 horas para graduação do aluno. A Figura 2, apresentada a seguir, é a representação de um quadro disponibilizado pelo IFRS, demonstrando a divisão da grade curricular oferecida pelo IFRS - Campus Erechim atualmente.

Figura 2 - Divisão da carga horária. Fonte: <https://ifrs.edu.br/erechim/wp-content/uploads/sites/3/2018/04/Projeto-Pedag%C3%B3gico-do-Curso-de-Engenharia-Mec%C3%A2nica.pdf>

Disciplinas:	Carga Horária	Percentual
Básicas	1188	31,94%
Profissionalizantes	612	16,45%
Específicas	1188	31,94%
Oplativas	180	4,84%
Trabalho de Conclusão de Curso	72	1,94%
Estágio Curricular Obrigatório	360	9,68%
Atividades Curriculares Complementares	120	13,30%
Total	3720	100%

Propostas Para as Disciplinas

Disciplinas Básicas

Cursos de engenharia, no geral, são conhecidos pelo elevado índice de evasão.

Segundo relatório do MEC (1996), um dos principais motivos de desistências, relacionadas a questões pessoais, está ligado a um descontentamento, em relação ao aluno, devido à convergência entre sua personalidade e características do curso. Essa convergência de perfil, com dificuldades apresentadas nas disciplinas iniciais, ocasionam um elevado grau de evasão, segundo dados, disponibilizados pela secretaria do IFRS-Erechim, aproximadamente 14% dos 208 alunos matriculados no curso de Engenharia Mecânica optaram por trancar suas matrículas.

Aplicações de tecnologias atuais e didáticas voltadas a atender as dificuldades dos alunos ingressantes podem diminuir o número de evasões e auxiliar fortemente na formação do aluno. Para identificação de possíveis aplicações da impressora 3D foram analisadas as ementas apresentadas pelo PPC e pesquisadas possibilidades de aplicações, sendo identificadas possibilidades de implementação do equipamento de prototipagem rápida de maneira direta, levando o aluno a se envolver em projetos que utilizem o equipamento, ou indireta, que envolva fabricação de material didático, nas disciplinas apresentadas a seguir.

Desenho Técnico II

Disciplina voltada à modelagem 3D de montagens e detalhamento, é uma das disciplinas fundamentais para utilização do equipamento de prototipagem rápida, pois está focada em ensinar ao aluno habilidades relacionadas à confecção de protótipos no computador. Dentro da ementa do curso está apresentada a ligação dos desenhos e processos de fabricação, transformando a impressora 3D em uma grande aliada dentro da fabricação de ideias desenvolvidas em sala de aula por permitir, basicamente, a criação de qualquer elemento desenvolvido em computador.

Introdução à Engenharia Mecânica

Um dos objetivos dessa disciplina é a introdução dos campos de trabalho do engenheiro mecânico e introdução a práticas de laboratório. O mercado de impressão 3D, como já mencionado acima, apresenta um crescimento constante, sendo, portanto, uma das grandes possibilidades de atuação dos futuros engenheiros. Questões econômicas e tecnológicas relacionadas a prototipagem rápida podem ser apresentadas aos alunos, incentivando-os a realizar um maior aprofundamento nessa área e possibilitando o desenvolvimento de novas tecnologias, como desenvolvimento de máquinas com maiores áreas de impressão, realização de impressões utilizando outros materiais, como metais e concretos, e desenvolvimentos de equipamentos de escaneamento 3D pelos alunos durante a graduação.

Matemática e Física

As disciplinas relacionadas a Matemática e Física englobam Cálculo I, Cálculo II, Cálculo III, Física I, II e II e Álgebra Linear. Segundo Aguiar (2016), a utilização de equipamentos de prototipagem rápida pode auxiliar no processo de ensino da Matemática, sendo a geometria analítica e álgebra linear disciplinas que se beneficiam com sua utilização devido a sua possibilidade de dar vida aos conteúdos de Matemática. Dentro dos conteúdos abordados nessa disciplina, a utilização de matrizes e suas rotações podem auxiliar na utilização de programas de impressão 3D, pois permitem um melhor posicionamento, do objeto a ser impresso, ocasionando em uma menor utilização de suportes para o apoio da estrutura.

As disciplinas de cálculo e álgebra apresentam a possibilidade de se beneficiarem com a utilização de gráficos e programas de modelagem 3D que permitem ao aluno visualizar a aplicação básica da matéria na

montagem dos códigos. Disciplinas de Física podem se beneficiar com a utilização da ferramenta para produção de didáticas que expliquem conceitos apresentados em sala, desde conceitos fundamentais como quantidade de movimento até os que envolvem o entendimento do funcionamento de uma turbina eólica.

Uma inovação que essa tecnologia oferece para esse mercado é a pesquisa em escaneamento 3D, uma ferramenta que permite a aplicação de engenharia reversa na reprodução de modelos já em escala real com elevado grau de detalhamento. O desenvolvimento de uma ferramenta de escaneamento 3D necessita de uma elevada aplicação de conhecimentos em álgebra, com a aplicação de vetores e matrizes, cálculo e engenharia de *software*.

Mecânica dos Fluidos

Um dos objetivos da mecânica dos fluidos é abordar o escoamento de fluidos e sua dinâmica. Dentro deste tema pode ser feita a análise, através de um túnel de vento, de como ocorre o deslocamento de elementos, em escala, e quais os valores das forças de arrasto e sustentação que surgem a partir da interação desse elemento com o ar, chegando a parâmetros de perdas próximos aos reais, sendo essa análise comum em projetos de carros e aviões, procurando gerar um deslocamento mais eficiente devido à utilização de uma geometria mais adequada à aplicação. No caso, os mais diversos modelos a serem estudados podem ser fabricados por uma impressora 3D.

Mecânica dos Sólidos I e II

Por tratar, muitas vezes, de conceitos abstratos as disciplinas de Mecânica dos Sólidos I e II apresenta um elevado nível de reprovação entre os alunos de Engenharia Mecânica. Um equipamento de prototipa-

gem rápida poderia auxiliar indiretamente com a produção de materiais didáticos que facilitem na visualização de conceitos como cisalhamento em vigas, torção, flambagem de colunas entre outros conteúdos abordados pela disciplina.

Disciplinas Profissionalizantes

Ciência dos Materiais I e II

Dentro das disciplinas de Ciências dos Materiais I e II o equipamento de prototipagem rápida pode auxiliar indiretamente com a produção de material didático de estruturas cristalinas, representações de defeitos e com desenvolvimento de material que auxilie na explicação de alguns conceitos mais complexos como difusão, transformando os temas abordados mais dinâmicos e visíveis, auxiliando assim no processo educacional. Pode ser mencionado também a possibilidade de estudos em cima dos materiais utilizados pelo equipamento, permitindo a realização de ensaios nos diferentes materiais utilizados pela impressora, identificando, assim, suas diferenças e mensurando suas qualidades e defeitos.

Máquinas de Fluidos

Pode se beneficiar com o desenvolvimento de modelos reduzidos de rotores utilizados em turbinas e bombas, auxiliando na visualização de suas características e na análise do funcionamento desses equipamentos.

Disciplinas Específicas

Transferência de Calor e Máquinas Térmicas I e II

Em *softwares* de impressão é comum a utilização de gráficos que indicam o funcio-

namento do bico injetor e da mesa aquecida, geralmente os gráficos indicam a variação da temperatura desses objetos com relação ao tempo. É fundamental para um bom funcionamento da impressora uma transferência de calor adequada entre bico injetor e filamento plástico, garantindo uma fluidez necessária para seu funcionamento, e entre mesa aquecida e a base da peça a ser reproduzida, garantindo uma boa fixação da peça na mesa. Abrindo, portanto, a oportunidade de realização de estudos e análises que busquem entender o seu funcionamento e que procurem tornar esse processo mais eficiente.

Dentro das disciplinas de Máquinas Térmicas I e II podem ser reproduzidos que simulem em escala modelos de máquina de combustão ou de modelos em maior escala de mecânicos de difícil visualização, possibilitando aulas mais dinâmicas.

Elementos de Máquinas I e II

Ambas as disciplinas trabalham com o dimensionamento adequado de elementos fundamentais para o funcionamento de máquinas. A utilização de uma impressora 3D nessas disciplinas permite que o aluno visualize, através de protótipos, os elementos dimensionados e seu funcionamento dentro do sistema, facilitando a compreensão de conceitos e fórmulas estudados em sala de aula.

Sistemas de Qualidade

Indiretamente a disciplina de Sistemas de Qualidade pode se beneficiar com o equipamento de prototipagem rápida através de um estudo mais aprofundado do conceito de prototipagem, sendo abordadas as importâncias de analisar detalhes antes da produção, permitindo uma maior visualização do projeto como um todo e permitindo a análise de falhas antes da produção.

Projeto de Máquinas

A impressora 3D pode ser utilizada nessa disciplina com a fabricação de protótipos de projetos realizados pelos alunos, permitindo uma a realização de testes e análise de possíveis falhas existentes no projeto, tornando, assim, o projeto mais confiável e com menores custos durante sua produção.

Disciplinas Optativas

Instrumentação Industrial

Dentro da disciplina de instrumentação industrial podemos mencionar a possibilidade de desenvolvimento de equipamentos que tornem o processo de prototipagem rápida mais eficiente e com um menor desperdício de material. Dentro dessa proposta existem as possibilidades de sensores que, atuando em conjunto com a impressora, forneçam uma maior confiabilidade do equipamento, além de permitir o desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas à impressora 3D, como, por exemplo, o desenvolvimento de aparelhos de escaneamento em 3D.

Métodos e Processos

Devido à grande utilização de equipamentos de prototipagem rápida no mercado industrial, o estudo dessa ferramenta se torna cada vez mais importante, por se tratar de um dos métodos de fabricação utilizados atualmente e devido à sua vasta gama de aplicações no desenvolvimento de protótipos e produtos.

Mecanismos

A disciplina de Mecanismos apresenta como foco o estudo de mecanismos como biela manivela, engrenagens e outros mecanismos clássicos comumente utilizados no desenvolvimento de máquinas. O equipamento de prototipagem rápida permite o de-

envolvimento de protótipos dos mecanismos estudados e projetados em sala de aula, tornando seus conceitos e funcionamento mais visuais, facilitando, assim, o entendimento dos estudantes.

Trabalho de Conclusão de Curso

O Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) permite a utilização de conceitos abordados durante o curso para o desenvolvimento de equipamentos e projetos. Com a utilização da impressora 3D nessa disciplina os alunos que optem pela produção de um equipamento ou a realização de um projeto poderão confeccionar, com mais facilidade, protótipos e equipamentos desenvolvidos durante o trabalho, permitindo um estudo mais amplo do seu funcionamento e a realização de análises das possíveis falhas encontradas no projeto, além de fornecer ao aluno a possibilidade de estudar e desenvolver novas tecnologias relacionadas ao mercado de prototipagem rápida.

Conclusão

Dentre os motivos da grande evasão de estudantes de engenharia, além da falta de formação básica em Ciências e Matemática na maioria dos egressos do ensino médio, há carência de motivação da maioria dos professores em lidar com alunos com deficiências de formação.

Neste cenário, incentivar a utilização de uma impressora 3D no meio acadêmico é de grande importância, já que pode tornar as aulas mais dinâmicas, contribuir no processo de formação de alunos, bem como auxiliar os professores em projetos de pesquisa, ensino e extensão.

Com relação às propostas de aplicação desta tecnologia em diferentes componentes curriculares, podemos identificar a possibi-

lidade de aplicação do recurso, direta e/ou indiretamente, em um total de 1728 horas das 3720 horas necessárias para se completar a grade curricular. Ou seja, pode-se empregar a impressora 3D em 69,69 % das disciplinas básicas, 41,17 % das disciplinas profissionalizantes, 39,66 % das disciplinas específicas e 100% das disciplinas optativas.

Por fim, vale ressaltar que a implementação de tecnologia de prototipagem rápida

na graduação em Engenharia Mecânica pode estimular a produção acadêmica por parte de discentes e docentes determinados a conhecer melhor a tecnologia, permitindo um amplo desenvolvimento da prototipagem rápida e suas tecnologias na instituição, abrindo a possibilidade de realização de parcerias com o setor industrial da região a fim de instigar a cultura de prototipagem na região.

Agradecimentos

Um agradecimento aos envolvidos no projeto “Disseminação de conhecimento sobre prototipagem 3D” por permitir difundir o conhecimento a respeito da prototipagem rápida, uma temática que se mostrou fundamental para o desenvolvimento de profissionais atualizados nas tecnologias utilizadas pelo mercado de trabalho e suas possíveis aplicações. Além de auxiliar na formação de profissionais, promover a utilização dessa tecnologia pode servir como incentivo para o desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas a prototipagem e na melhoria de tecnologias já existentes, tornando os processos cada vez mais eficientes.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. et al. **Indústria 4.0**: Como as empresas estão utilizando a simulação para se preparar para o futuro. Revista de Ciências Exatas e Tecnologia, n.12, v. 12, p.49-53, 2017. Disponível em: <http://revista.pgskroton.com.br/index.php/rcext/article/view/5444>. Acesso em: 25 dez. 2018.

AHRENS, C. H. et al. Engenharia Reversa por Meio de Fotogrametria: estudo comparativo da técnica de digitalização tridimensional visando aplicação na manufatura aditiva. In: VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Penedo, Itatiaia – RJ – Brasil. **Anais [...]**. Penedo 2013. Disponível em: <http://www.swge.inf.br/siteCOBEF2013/anais/PDFS/COBEF2013-0256.PDF>. Brasil, 2013. Acesso em 10 jan. 2019.

BAGLIOTTI, I. R.; GASPAROTTO, A. **O processo de produção de uma impressora 3D de baixo custo reppap com tecnologia fused filament fabrication**. Revista Interface Tecnológica, n.1, v.14, p. 169-183. 2017. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/132>. Acesso em: 29 dez. 2018.

DEPARTMENT FOR EDUCATION. **3D printers in schools: uses in the curriculum**. United Kingdom. 2013. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/251439/3D_printers_in_schools.pdf. Acesso em: 11 dez. 2018.

FINOTTI, P. F. M. **Estudo do comportamento mecânico e biocompatibilidade de blendas pla/pl compatibilizada e não-compatibilizada**. 2014. 207f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais) - USP, SP, 2024

GIORDANO, C. M.; ZANCUL, E. de S.; RODRIGUES, V. P. Análise dos custos da produção por manufatura aditiva em comparação a métodos convencionais. **Revista científica eletrônica de engenharia de produção**, v. 16, n. 2, p.499-523, 2016. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1963>. Acesso em: 25 dez. 2018.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. **Projeto pedagógico do curso de engenharia mecânica**. IFRS Erechim. Disponível em: <https://ifrs.edu.br/erechim/wp-content/uploads/sites/3/2018/04/Projeto-Pedag%C3%B3gico-do-Curso-de-Engenharia-Mec%C3%A2nica.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2019.

JÚNIOR, A. C. **Engenharia Reversa**. 2005. 14f. Dissertação (Graduação de Ciências da Computação) – UFF, RJ, 2005.

MOTTI, V. **7 estatísticas de impressora 3D que você precisa saber**. Produteca. Disponível em: <https://www.produtecalab.com.br/7-estatisticas-de-impressao-3d/>. Acesso em: 10 jan. 2019

OLIVEIRA, M. S. A. de. **Didática no Ensino Superior: Uma reflexão sobre teoria e prática**. Revellin. n.2 v.4, p.11-25, 2012. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/revelli/issue/view/150>. Acesso em: 29 dez. 2018.

PINHEIRO, I. P.; OLIVEIRA, N. H. Evasão nos Cursos de Engenharia do CEFET-MG e mobilidade entre as instituições de ensino superior. XLII COBENGE, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. **Anais [...]** Juiz de Fora 2014. Disponível em <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/5/Artigos/129254.pdf>. Brasil, 2014. Acesso em: 12 jan. 2019.

REPETIER. **Tutorials**. Disponível em: <https://www.repetier.com/tutorials>. Acesso em: 12 dez. 2018.

REPRAP.ORG. **RepRap**. 2019. Disponível em: <https://reprap.org/wiki/RepRap>. Acesso em: 12 jan. 2019.

RUSMAN, M. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. BCG. Disponível em: https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx. Acesso em: 10 jan. 2019.

SANTANA, A. L. M. et al. Lite Maker: Um Fab Lab Móvel para Aplicação de Atividades Mão na Massa com Estudantes de Ensino Básico. V Congresso Brasileiro de Informática na Educação, Itajaí, Santa Catarina, Brasil. **Anais [...]**. XXII Workshop de Informática na Escola. Itajaí 2016. Disponível em <http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/6639>. Brasil 2016. Acesso em: 13 jan. 2019.

SILVA, S. M.; SIPLE, I. Z.; FIGUEIREDO, E. B. de. Uso da Impressora 3D no Ensino da Matemática. XXVII Seminário de Iniciação Científica Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. **Anais [...]**. Florianópolis 2017. Disponível em https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/6221/113_15035724780688_6221.pdf. Brasil 2017. Acesso em: 12 jan. 2019.

SOUZA, E. de. **Impressora 3D: confirma a evolução do dispositivo desde a sua concepção**. 2014. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/11/impressora-3d-confirma-evolucao-do-dispositivo-desde-sua-concepcao.html>. Acesso em: 14 dez. 2018.

TOSTA, M. de C. R.; FOMACIARI, J. R.; ABREU, L. C. Por que eles Desistem?: Análise da evasão no curso de engenharia de produção, UFES, campus São Mateus. **Revista científica eletrônica de engenharia de produção**, n. 3 , v. 17, p.1020-1044, 2017. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/2760>. Acesso em: 29 dez. 2018.

VIANNA, M. et al. **Design Thinking**: inovação em negócios. Rio de Janeiro/RJ: MJV Press, 2012.

VOLPATO, N.; COSTA, C. A. Competência da rede de manufatura aditiva (RMA) no Brasil. In: VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Penedo, Itatiaia – RJ – Brasil. **Anais [...]** Penedo 2013. Disponível em: <http://www.swge.inf.br/siteCOBEF2013/anais/PDFS/COBEF2013-0287.PDF>. Brasil, 2013. Acesso em: 10 jan. 2019.

WEN, C. L. Homem virtual (ser humano virtual 3D): A integração da computação gráfica, impressão 3D e realidade virtual para aprendizado de anatomia, fisiologia e fisiopatologia. **Grad**, n.1, v.1, p.7-15, 2016. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gradmais/article/view/117669>. Acesso em: 29 dez. 2018.