

**FAACZ – FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ
ENGENHARIA MECÂNICA**

**ARTHUR SCOPEL FORNACIARI
ELEN FIGUEIREDO DA SILVA
RAFAEL HENRIQUE COSTA DA SILVA
THAINÁ COSME ROCHA**

IMPLEMENTAÇÃO DE IMPRESSÃO 3D NOS CURSOS DE ENGENHARIA

**ARACRUZ
2021**

**ARTHUR SCOPEL FORNACIARI
ELEN FIGUEIREDO DA SILVA
RAFAEL HENRIQUE COSTA DA SILVA
THAINÁ COSME ROCHA**

<https://youtu.be/qVV5csn7KiY>

IMPLEMENTAÇÃO DE IMPRESSÃO 3D NOS CURSOS DE ENGENHARIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenadoria do curso de Engenharia Mecânica das Faculdades Integradas de Aracruz como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Harerton Oliveira Dourado

ARACRUZ

2021

RESUMO

A tecnologia de impressão 3D vem se tornando muito conhecida dentro das indústrias por permitir o desenvolvimento de diversos modelos, sendo eles em plástico ou outros materiais, em um pequeno período de tempo e com uma grande gama de características de detalhes. Se popularizou como indústria de manufatura aditiva, esse setor vem apresentando um crescimento significativo nos últimos anos. Além de proporcionar inúmeros benefícios para as indústrias, essa ferramenta vem se mostrando um forte marco na educação pois ela permite o desenvolvimento de projetos com o intuito de auxiliar os professores com diversas possibilidades de materiais didáticos a serem utilizados em aula, permitindo que os alunos compreendam melhor os assuntos abordados nas aulas.

Com isso, o objetivo deste trabalho de conclusão de curso é analisar as possibilidades de aplicação do recurso dentro das disciplinas ofertadas pelos cursos. Ao final, espera-se contribuir para o processo ensino-aprendizagem dos diversos cursos de Engenharia ofertados em nosso país.

Palavras-chave: Impressão 3D. Manufatura aditiva. Engenharia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquemática geral do processo FDM	11
Figura 2 - Esquemática geral do processo SLS	12
Figura 3 - Esquemática geral do processo SLA	13
Figura 4 - Matriz curricular - Curso de Engenharia Mecânica - Ingressantes 2021	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Matriz Curricular 2021	16
Tabela 2 - Preços orçados na empresa Topink3D	21
Tabela 3 - Preços orçados na empresa Slim3D	21
Tabela 4 - Preços orçados na empresa 3Dlab	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVO	9
	2.1 Objetivo geral	9
	2.2 Objetivos específicos	9
3	REFERENCIAL TEÓRICO	10
	3.1 Impressão 3D	10
	3.2 Engenharia reversa e o processo de prototipagem	11
	3.3 Processo de Fusão e Deposição de Material (FDM)	11
	3.4 Processo de Sinterização Seletiva a Laser (SLS)	12
	3.5 Processo de Stereolitografia (SLA)	13
	3.6 Exemplos de utilização da impressora 3D	14
4	METODOLOGIA	16
	4.1 Etapa 1 – Análise de implementação ao curso	16
	4.2 Levantamento de custos para aquisição das impressoras	16
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
	5.1 Grade curricular FAACZ	18
	5.2 Em quais matérias da grade 2021 aplicar a prototipagem	18
	5.3 Custo total para aquisição	21
6	CONCLUSÃO	24

1 INTRODUÇÃO

O modelo industrial está em constante transformação, com o desenvolvimento e uso de novas tecnologias, tais transformações tem ocasionado uma nova era na indústria, a qual vem sendo chamada de indústria 4.0 (DA COSTA, 2017). Além disso, a indústria 4.0 vem impactando de modo significativo o dia-a-dia da sociedade e seu progresso, visto que, os avanços tecnológicos estão diretamente relacionados ou desenvolvimento humano (AGOSTINI; FILIPPINI et al., 2019). Os processos produtivos estão cada vez mais dinâmicos e inteligentes, mais ágeis e flexíveis, fabricando produtos inteligentes, utilizando equipamentos inteligentes, tornando a produção mais inteligente e autônoma. (HUBA e KOZÁK et al., 2016).

A prototipagem rápida permite a elaboração de métodos de desenvolvimento de produtos, sendo este realizado em etapas, permitindo a interação de diversas áreas como: planejamento, desenvolvimento e execução, tendo como principal foco o desenvolvimento de componentes funcionais, protótipos e formas de objetos em um curto período de tempo, e respeitando as especificações exigidas para o produto final (VOLPATO et al., 2007). Segundo Pipes (2010), um dos principais benefícios obtidos com a utilização da prototipagem rápida é a visualização do produto, o que proporciona uma compreensão espacial dos modelos, sendo que estes podem ser produzidos em pequena escala, assim, a impressão 3D está se tornando uma técnica bastante utilizada na fase do processo do projeto, em que os produtos são produzidos diretamente através de um modelo computacional, o que elimina o uso de ferramentas, diminui o tempo e os custos da produção.

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 estudo aqui apresentado tem como objetivo analisar se a implementação da impressão 3D (uma grande aliada da indústria 4.0) em cursos de engenharia terá um

resultado satisfatório para a formação de profissionais ainda mais capacitados para o mercado de trabalho.

Neste projeto busca-se o estudo e a análise de qual tipo de impressão mais se aplicaria em nossa instituição de ensino e qual seria o custo dessa aquisição.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar a importância de um sistema de impressão 3D nos cursos de engenharia mecânica da FAACZ.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a matriz curricular do curso de engenharia mecânica da FAACZ a fim de se identificar em quais as disciplinas se poderiam aplicar os conceitos de prototipagem 3D.
- Entender qual dos processos de manufatura aditiva serão mais relevantes para a ementa do aluno.
- Estimar o custo total para aquisição de um sistema de impressão 3D que atenda às necessidades do curso de engenharia mecânica da FAACZ.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Impressão 3D

A impressão 3D pertence a uma classe de técnicas conhecidas como fabricação de aditivos (manufatura aditiva), os processos aditivos criam objetos camada por camada ao invés de moldar ou técnicas subtrativas (como usinagem), atualmente, a impressão 3D pode criar objetos de uma variedade de materiais, incluindo plástico, metal, cerâmica, vidro, papel e até células vivas; estes materiais podem vir na forma de pós, filamentos, líquidos ou folhas - com algumas técnicas, um único objeto pode ser impresso em vários materiais e cores, e um único trabalho de impressão pode até produzir peças móveis interligadas (como dobradiças, links de corrente ou malha) (MANYIKA et al., 2013).

A impressão em 3D apresenta várias vantagens em relação aos métodos convencionais de construção; com esta técnica, uma ideia pode ir diretamente de um arquivo no computador de um designer para uma parte ou produto finalizado, potencialmente ignorando muitas etapas tradicionais de fabricação, incluindo aquisição de peças individuais, criação de peças usando moldes, usinagem para esculpir peças a partir de blocos de material, soldagem de peças metálicas juntas e montagem (MANYIKA et al., 2013).

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 atividades práticas (LUIZ et al., 2015).

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:

1. 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.

2. 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.
3. Estereolitografia (SLA), processo patenteado 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.

3.2 Engenharia reversa e o processo de prototipagem

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. (JUNIOR, 2005).

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 - 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” (VIANNA, 2012).

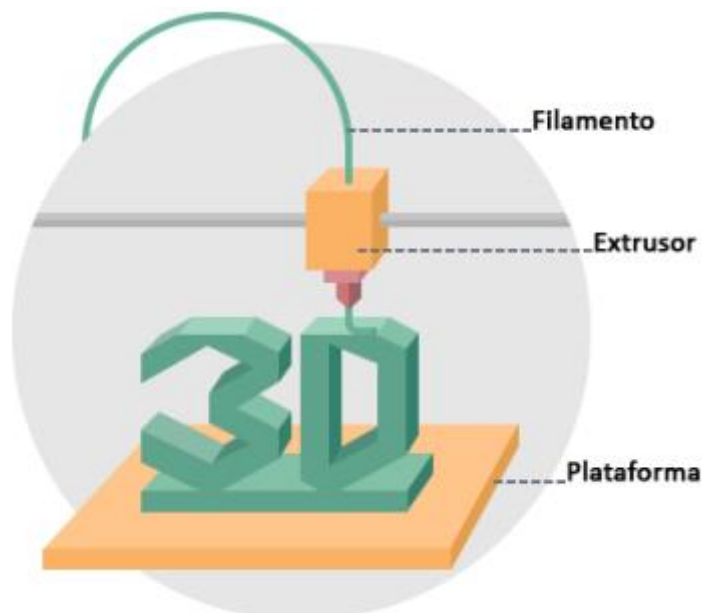
3.3 Processo de Fusão e Deposição de Material (FDM)

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 (BAGLIOTTI et al., 2017).

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.

Figura 1 – Esquemática geral do processo FDM



Fonte: THRE3D, 2014

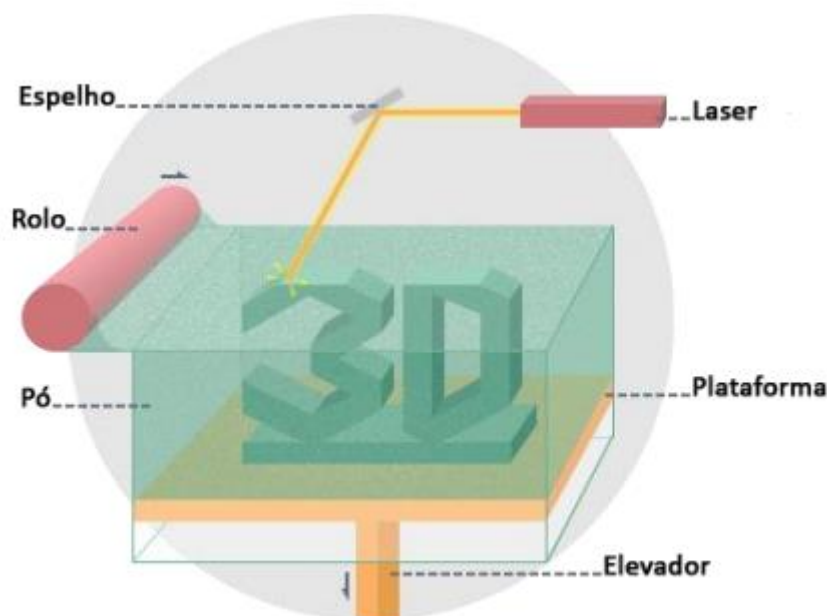
Para o desenvolvimento do processo primeiramente deve-se obter um modelo virtual da peça a ser fabricada, após desenvolver o modelo virtual, o arquivo deve ser enviado, geralmente na extensão. STL, para um software de fatiamento que realiza a divisão da peça em camadas, desenvolvendo um arquivo Gcode 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.

3.4 Processo de Sinterização Seletiva a Laser (SLS)

Tecnologia inventada em 1980 por pesquisadores da universidade o Texas, ela direciona um feixe de laser de alta potência sobre uma superfície depositada com um pó, que é sinterizado formando uma camada sólida, após a confecção de uma camada, um rolo com o material deposita uma nova camada de pó e assim sucessivamente até que a peça esteja terminada (BAGLIOTTI et al., 2017).

A Figura 2 representa o esquema para a produção de um produto com a utilização do processo SLS, onde um laser funde as partículas de um pó de polímero, construindo a peça camada por camada.

Figura 2 – Esquemática geral do processo SLS



Fonte: THRE3D, 2014

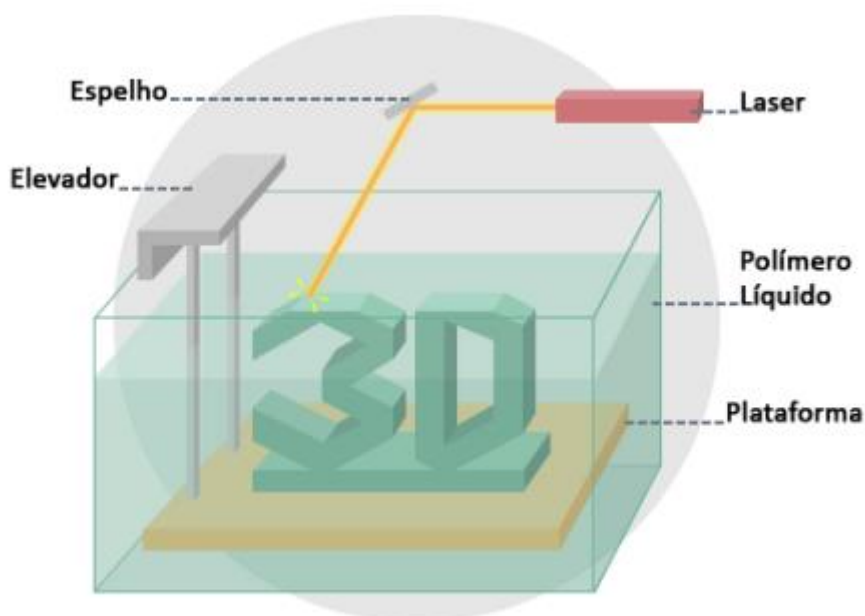
Muitas das máquinas SLS para metais ainda não são adequadas para o uso doméstico, pois precisam de uma câmara selada e preenchida com nitrogênio para que o oxigênio não reaja na fusão do material. Como este é um processo quente, na fabricação peças grandes pode ser necessário esperar até um dia para que se resfrie e possa ser retirada do seu interior e, além disso, alguns materiais oferecem o risco de explodir se trabalhados incorretamente (LIPSON e KURMAN, 2013).

3.5 Processo de Stereolitografia (SLA)

Neste sistema um feixe de laser passa sobre a superfície de um foto-polímero líquido que é sensível à luz ultravioleta e endurece quando exposto a ela, conforme, o feixe de laser vai percorrendo um caminho determinado e endurecendo a polímero. Após terminar uma camada, uma plataforma que suporta a peça, desce alguns décimos de milímetro para que o líquido do tanque cubra toda superfície recém criada, então o processo recomeça (MANYIKA et al., 2013).

A Figura 3 demonstra a esquemática para a produção de um produto com a utilização do processo SLA, no qual, basicamente, ocorre a movimentação do laser nos eixos x e y e da mesa no eixo z, que, através de um controlador, solidificando o material nas regiões demandadas.

Figura 3 – Esquemática geral do processo SLA



Fonte: THRE3D, 2014

Contudo, esta tecnologia só pode imprimir com um único tipo de material por peça, e os polímeros fotossensíveis utilizados ainda não são tão resistentes quanto aqueles usados industrialmente na injeção de plásticos. Também os custos e a complexidade na manutenção deste tipo de máquina ainda são muito expressivos para usuários domésticos, fator que está abrindo oportunidades no desenvolvimento de um mercado de modelos de baixo custo que utilizam lasers UV (LIPSON e KURMAN, 2013).

3.6 Exemplos de utilização da impressora 3D

Criar um ambiente de ensino estimulante onde os alunos se sintam motivados e interessados é um desafio de professores e instituições de ensino. A tecnologia é uma grande aliada no desenvolvimento de conteúdos didáticos, com isso, a impressora 3D tem sido utilizada como uma poderosa ferramenta na educação para um aprendizado especializado.

No âmbito estudantil podemos mencionar o projeto homem virtual, desenvolvido pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – FMUSP, que utiliza a prototipagem de modelos 3D de todo o corpo humano como auxílio e complemento no ensino de anatomia, fisiologia e fisiopatologia dos cursos de medicina da universidade. **(Telemedicina USP, [s.d.]**). A utilização desta tecnologia permite a impressão 3D com alta qualidade científica em modelos ampliados de estruturas complexas e delicadas como o tímpano humano, as peças em resina ou filamentos plásticos melhoram a experiência educacional e podem ser utilizadas na prática nas clínicas dos profissionais.

No âmbito industrial recentemente, no ano de 2021, foi implementada a primeira impressora 3D a bordo da unidade flutuante de produção, armazenamento e transferência de petróleo e gás (FPSO), P-58, localizada a 85km da costa do Espírito Santo no parque das Baleias. **(Petrobras, c2014)**. A impressora 3D tem sido utilizada para impressão de peças de reposição nas diversas necessidades a bordo. A utilização desta tecnologia gera um ganho de autonomia, agilidade e redução do ciclo logístico e ganho de disponibilidade de máquinas e equipamentos, conforme relato do supervisor Marcos Fabio Rissatto Pereira que vem atuando na operação da impressão 3D a bordo da unidade.

São diversas as possibilidades de aplicação do uso da tecnologia de impressão 3D, desde do âmbito educacional nas universidades, do uso industrial com manufatura aditiva, até do uso doméstico com criação de objetos de decoração e brinquedos.

4 METODOLOGIA

4.1 Etapa 1 – Análise de implementação ao curso

Ao utilizar as tecnologias atuais e didáticas voltadas para atender as dificuldades dos alunos ingressantes isso pode ser um fator que ajude na diminuição do número de evasões e também auxiliar fortemente na formação do aluno. Para identificação de possíveis aplicações da impressora 3D, foram analisadas as ementas das disciplinas do Curso de Engenharia Mecânica da FAACZ (ingressantes a partir de 2021) e verificadas as possibilidades de aplicações. Dessa forma, puderam ser identificadas possibilidades de implementação do equipamento de prototipagem rápida de maneira direta, com envolvimento do aluno em projetos que utilizem o equipamento ou, indireta, que envolve fabricação de material didático a ser empregado em práticas pedagógicas.

4.2 Levantamento de custos para aquisição das impressoras

Foram realizadas buscas na internet e selecionados alguns sites que vendem os modelos de impressoras 3D apresentados anteriormente, e para nível de orçamento e melhores esclarecimentos foi formalizado um e-mail com as seguintes descrições:

Qual é o custo de para cada modelo, considerando os modelos FDM, SLS e SLA, e qual o custo para capacitação de docentes que ficarão responsáveis por aplicar e desenvolver nas práticas em sala de aula.

Tabela 1- Matriz Curricular 2021

Disciplinas	Carga horária (em horas)	Percentual correspon- dente
Desenho técnico básico	40	5%
Fundamentos de cálculo I, II e III	200	25%
Mecânica dos fluídos	80	10%
Transferência de calor e Máquinas térmicas	160	20%
Elementos de máquinas I e II	120	15%
	120	15%
Ciência dos materiais I e II		
Trabalho de conclusão de curso (TCC)	80	10%
TOTAL	800	100%

Fonte: Produzida pelos autores.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Grade curricular FAACZ

Matriz curricular dos cursos de engenharia mecânica, para os ingressantes a partir de 2021, que foi utilizada para análise das possíveis matérias que podem ter a implementação de impressoras 3D.

Figura 4 – Matriz curricular – Curso de Engenharia Mecânica – Ingressantes a partir de 2021

FAACZ											
MATRIZ CURRICULAR - CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA - INGRESSANTES A PARTIR DE 2021											
Módulo I - Princípios da Engenharia			Módulo II - Fundamentos da Engenharia			Módulo III - Ferramentas da Engenharia					
1º CICLO	2º CICLO	3º CICLO	1º CICLO	2º CICLO	3º CICLO	1º CICLO	2º CICLO	3º CICLO	4º CICLO	5º CICLO	6º CICLO
300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Desenho Técnico Básico	Fundamentos de Física para a engenharia I	Fundamentos de Física para a engenharia II	Resistência dos materiais I	Mecânica dos fluidos	Transferência de calor	Máquinas térmicas	Processos de usinagem	Refrigeração e ar condicionado	Projeto de sistemas mecânicos		
40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3
Fundamentos de cálculo para a engenharia I	Fundamentos de cálculo para a engenharia II	Fundamentos de cálculo para a engenharia III	Cálculo computacional	Termodinâmica	Materiais de engenharia	Processos de fabricação	Vibrações mecânicas	Automação, instrumentação e controle	OPTATIVA		
40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3
Introdução à engenharia	Computação Gráfica	Mecânica - estática	Mecânica - Dinâmica	Resistência dos materiais II	Eletrotécnica aplicada	Estatística	Sistemas hidráulicos e pneumáticos	Tópicos especiais em engenharia I	Planejamento e controle da produção		
40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3
Química tecnológica	Laboratório de Química e Física	Fundamentos de Física para a engenharia III			Máquinas de fluxo						
40 13,3	40 13,3	40 13,3			40 13,3						
Paralelos instrumentais	Tecnologia e Sustentabilidade	Ciência e Gestão Ambiental	Inovação científica e tecnológica	Ciência dos materiais	Ergonomia e Segurança no Trabalho	Engenharia e gestão de manutenção	Elementos de máquina II	Gestão de Projetos	Filosofia e Ética Profissional		
40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0
Álgebra linear e geometria analítica	Programação de computadores	PROJETO INTEGRADOR I	Introdução à ciência dos materiais	Empreendedorismo, Administração e Finanças	PROJETO INTEGRADOR II	Elementos de máquina I	FGG I	FGG II	Tópicos especiais em engenharia II		
40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0	40 0,0
Extensão Interdisciplinar I	Extensão Interdisciplinar II	Extensão Interdisciplinar III	Extensão Interdisciplinar IV	Extensão Interdisciplinar V	Extensão Interdisciplinar VI	Extensão Interdisciplinar VII	Extensão Interdisciplinar VIII	Extensão Interdisciplinar IX			
40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3	40 13,3
Extensão Interdisciplinar	360	h	10,00	%							
Comuns	C	1920	h	53,33	%						
Específicas	F	1120	h	31,11	%						
Temas	h	320	h	8,88	%						
Atividade Complementar	h	40	h	1,11	%						
Total		3600	h								
						CH Disciplinas EAD	1040	h			
						CH Complementação EAD	333	h			
						CH total EAD	1373	h			
						Carga Total do curso	3600	h			
						% EAD	38,15	%			

Fonte: FAACZ, 2021

5.2 Em quais matérias da grade 2021 aplicar a prototipagem

5.2.1 Desenho técnico básico

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.

5.2.2 Cálculo I, II e III

As disciplinas relacionadas a Matemática e Física englobam Cálculo I, Cálculo II, Cálculo III, Física I, II e III 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.

5.2.3 Mecânica dos fluídos

Um dos objetivos da mecânica dos fluídos 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.

5.2.4 Ciência dos materiais

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.

5.2.5 Transferência de calor e máquinas térmicas

Em softwares de impressão é comum a utilização de gráficos que indicam o funcionamento 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.

5.2.6 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.

5.2.7 Trabalho de conclusão de curso (TCC)

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.

5.3 Custo total para aquisição

Para o desenvolvimento do trabalho foi necessário entrar em contato com fornecedores de impressoras 3D, solicitando orçamento dos modelos FDM, SLS e SLA, que são os três processos mais utilizados atualmente.

Foram contatadas seis empresas, mas obtivemos o retorno de apenas três, que é a Topink3D conforme a Tabela 2, a Slim3D conforme a Tabela 3 e a empresa 3Dlab conforme a Tabela 4. E em nenhuma das citadas anteriormente possuem o modelo de impressora de Sinterização Seletiva a Laser (SLS).

Tabela 2 - Preços orçados na empresa Topink3D

Materiais	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Impressora 3d Creality Ender 3 V2+Kit Up (FDM)	1	2.420,10	2.420,10
Impressora 3d Creality Ld-002h lcd M (SLA)	1	2.519,10	2.519,10
CUSTO TOTTALL	-	-	4.939,20

Fonte: Produzida pelos autores.

Tabela 3 - Preços orçados na empresa Slim3D

Materiais	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Impressora 3D Two Trees Sapphire PRO (FDM)	1	3.849,00	3.849,00
Impressora 3D Resina UV / SLA - Anycubic Photon Mono (SLA)	1	3.299,00	3.299,00
CUSTO TOTAL	-	-	7.148,00

Fonte: Produzida pelos autores.

Tabela 4 - Preços orçados na empresa 3Dlab

 Materiais	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Impressora 3D Ender 3 V2 (FDM)	1	2.699,00	2.699,00
Creality LD002H – Impressora 3D (SLA)	1	2.949,00	2.949,00
CUSTO TOTAL	-	-	5.648,00

Fonte: Produzida pelos autores.

6 CONCLUSÃO

No decorrer do desenvolvimento do presente trabalho foi possível avaliar que a utilização da impressora 3D nos cursos de engenharia seria totalmente válida, uma vez que poderia contribuir com a diminuição da evasão estudantil no referido curso. A utilização de recursos que promovam a interação entre o estudante e as matérias do curso podendo aumentar o estímulo ao estudo e, conseqüentemente, possibilitar um melhor desenvolvimento do aluno. As disciplinas que mais teriam possibilidade de implementação da impressora 3D seriam desenho técnico, cálculos I, II e III e TCC, classificadas como matérias básicas da grade de engenharia e mecânica dos fluidos, transferência de calor, máquinas térmicas, elementos de máquinas I e II e ciências dos materiais que seriam caracterizadas como matérias profissionalizantes do curso de Engenharia Mecânica.

Dentre os 14 tipos de prototipagem 3D existentes atualmente, 3 destes são mais acessíveis, práticos, viáveis e de melhor resultado, que são eles o FDM, SLS e SLA. Após o estudo aprofundado destes processos foi concluído que o melhor que se aplicaria na ementa dos alunos seria o processo FDM, devido a sua praticidade na utilização, fácil manipulação, melhor custo benefício, sendo que a aquisição da mesma pode ser em média até 30% mais econômica financeiramente se comparada aos outros 2 processos tanto na compra do equipamento quanto da matéria prima utilizada para a produção das peças.

O custo para aquisição e implementação do sistema de impressoras 3D, incluindo a matéria prima utilizada no processo FDM, pode variar entre R\$2.455,10 a R\$3.984,00 por máquina adquirida.

Como sugestão para trabalhos futuros, buscar e entender como é passo a passo para realizar uma prototipagem rápida, quais são os programas que devem ser utilizados para construir geometrias e qual é o formato do arquivo que as impressoras 3D aceitam.

REFERÊNCIAS

BAGLIOTTI, I. R.; GASPAROTTO, A. **O processo de produção de uma impressora 3D de baixo custo reprop com tecnologia fused filament fabrication**. Revista Interface Tecnológica, n.1, v.14, p. 169-183. 2017. Disponível em: <<https://revista.factectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/132>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

FERREIRA, Géssica *et al.* **UTILIZAÇÃO DA IMPRESSÃO 3D NA MANUFATURA PARA A OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS: UM ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIAS AUTOMOBILÍSTICAS**. [S. l.], 27 out. 2021. Disponível em: <<https://memorialtcccadernograduacao.fae.edu/cadernotcc/article/download/148/49>>. Acesso em: 27 out. 2021.

SOARES, Luiz *et al.* **PROPOSTAS DE UTILIZAÇÃO DE UMA IMPRESSORA 3D NO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**. In: SOARES, Luiz *et al.* **PROPOSTAS DE UTILIZAÇÃO DE UMA IMPRESSORA 3D NO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**. Rio grande do Sul, Campus Erechim, 24 maio 2019. Disponível em: <https://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/162_759.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2021.

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

WEN, Chao. **Homem Virtual - Inovando a educação em saúde para o Brasil desde 2003: PROJETO - HOMEM VIRTUAL**. Cerqueira César, São Paulo, SP, 2003. Disponível em: <<https://homemvirtual.org.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

**ARTHUR SCOPEL FORNACIARI
ÉLEN FIGUEIREDO DA SILVA
RAFAEL HENRIQUE COSTA DA SILVA
THAINÁ COSME ROCHA**

IMPLEMENTAÇÃO DE IMPRESSÃO 3D NOS CURSOS DE ENGENHARIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenadoria do curso de Engenharia Mecânica das Faculdades Integradas de Aracruz, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em 17 de dezembro de 2021

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Harerton Oliveira Dourado
Faculdades Integradas de Aracruz
Orientador



Prof. Dr. Marcos Roberto Teixeira Halasz
Faculdades Integradas de Aracruz
(Examinador interno)



Prof. Me. Vital Pereira Baptista Júnior
Faculdades Integradas de Aracruz
(Examinador interno)