



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO TECNOLÓGICO**

DENYS SANTOS DA CRUZ

**IMPRESSÃO 3D COMO RECURSO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE
CITOLOGIA**

**Manaus – Amazonas
2022**

DENYS SANTOS DA CRUZ

**IMPRESSÃO 3D COMO RECURSO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE
CITOLOGIA**

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino Tecnológico, sob orientação do Prof. Dr. Vitor Bremgartner da Frota.

Manaus - Amazonas

2022

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

C957i Cruz, Denys Santos da.

Impressão 3D como recurso para o ensino e aprendizagem de citologia /
Denys Santos da Cruz. – Manaus, 2022.
122 p. : il. color.

Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico). –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas,
Campus Manaus Centro, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Vitor Bremgartner da Frota.

1. Biologia. 2. Citologia. 3. Cultura Maker. 4. Recurso didático. 5.
Ensino tecnológico. I. Frota, Vitor Bremgartner da. (Orient.) II. Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 570

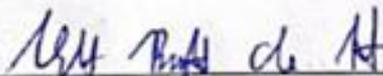
DENYS SANTOS DA CRUZ

IMPRESSÃO 3D COMO RECURSO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CITOLOGIA

Dissertação apresentada ao Mestrado do Programa Profissional de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino Tecnológico. Linha de Pesquisa: Recursos para o Ensino Técnico e Tecnológico.

Aprovada em 13 de maio de 2022.

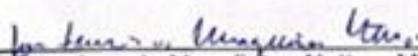
BANCA EXAMINADORA



Dr. Vitor Bremgartner da Frota – Orientador
Instituto Federal do Amazonas (IFAM)



Dra. Lucilene da Silva Paes – Membro Titular Interno
Instituto Federal do Amazonas (IFAM)



Dr. José Francisco de Magalhães Netto – Membro Titular Externo
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me sustentado até aqui! Que faz Justiça e concede Graça aos humanos, quando entrega seu Filho na Cruz. O Filho que é a mais exata expressão do Seu Amor. Que Ele continue me ajudando nessa contínua caminhada de crescimento!

Agradeço a Deus novamente pela minha esposa Angela Fernandes, porque sem ela eu jamais conseguiria me inscrever, me manter no mestrado e tão pouco finalizá-lo. Sim, porque nesse mais de 2 anos e meio, ela não somente me compreendeu mas também me ajudou e me deu uma mentoria das mais nobres. Por isso, meu eterno agradecimento porque jamais conseguiu compensá-la!

Agradeço também aos meus pais e irmãos, que mesmo distante sempre fizeram o possível para acompanhar essa minha trajetória, e principalmente a minha mãe, que orou sempre por mim nos variados momentos da minha vida, obrigado!

Quero deixar aqui um agradecimento especial:

À prof.^a Dra. Anne Karine (IFAM/CMC), que me avisou quando abriram as inscrições para o mestrado do IFAM, meu muito obrigado também pelo período de estágio supervisionado realizado na sua turma.

Ao prof. Dr. Vitor Bremgartner, orientador desta pesquisa, que durante o percurso do mestrado permitiu que eu mudasse o foco da mesma e pela parceria em publicações.

Ao amigo Efraim, pelas parcerias de coautoria na elaboração de artigos, livro, e participação em anais de Evento, aqui faço agradecimento de novo a minha esposa, que também foi coautora nessas obras e fez sempre a ponte com o Efraim. Valeu Efra!

Aos parceiros e amigos, Carlos Júnior e Aldo Evangelista, que sempre toparam participar dos projetos que desenvolvi usando o tema da minha pesquisa.

À prof.^a de Biologia Ana Machado (IFAM/CMDI), que me permitiu validar o produto da pesquisa com suas turmas, separando um tempo especial para esses momentos e preparando os materiais necessários para a execução das validações.

Aos professores que participaram da minhas bancas de qualificações e defesa:

Prof. do Programa de Pós-Graduação em Informática, Dr. José Francisco Netto (UFAM/): que tanto na qualificação como na defesa, fez pontuais contribuições de maneira gentil e pelo seu reconhecimento em me dizer que o que eu produzi neste mestrado, foi muito mais do que se faz tradicionalmente na maioria deles e por confirmar que a pesquisa é extremamente relevante para o ensino:

Prof.^a de Biologia, Lucilene Paes (IFAM/CMC): que me pediu impresso o meu trabalho e generosamente leu página por página, fazendo diversas sugestões para ajuste e melhoria do trabalho. Inclusive me repassou livros de Biologia. E sem dizer, que foi gratificante, ouvir dela que na verdade o meu trabalho com pequenos ajustes, já estava pronto para um doutorado.

Ambos professores consideraram que tudo que eu produzi nesse período, muitos estudantes de doutorado não fazem, que é contribuir e envolver parte da sociedade. Por tudo isso: Muito obrigado aos dois.

Não poderia deixar de agradecer a Dr^a. Adriane Gonçalves (Diretora Técnica do Sebrae Amazonas), que nesse período de mestrado foi compreensível e autorizou que eu tivesse liberação parcial para o mestrado, a partir de compensações futuras.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma interagiram comigo nesse período no IFAM/CMC e IFAMCMDI.

Aos colegas de turma (PPGET/2020), em especial à Rebeca e Luciana pela parceria.

RESUMO

A utilização de instrumentos didáticos digitais ou materiais nas escolas, sempre despertou na maioria dos alunos, interesse e curiosidade, porém, sabemos que em alguns ambientes escolares há falta de recursos materiais que dificultam a execução de atividades experimentais. Para sanar esse problema, os professores improvisam materiais de modo a aplicarem uma aula prática. Nesse contexto de ausência de material, a tecnologia de impressão 3D possibilita uma relevante contribuição para minimizá-lo, porque é um recurso que permite a impressão de materiais pedagógicos, que podem auxiliar o ensino de diferentes áreas, onde ainda os conteúdos são apresentados abstratamente, como as células que são invisíveis a olho nu. Além disso, a impressão 3D contribui para a construção de materiais concretos em formato tridimensional que anteriormente eram acessíveis apenas virtualmente, deixando as aulas muito abstratas para o aluno, como as células que são invisíveis a olho nu. Contudo, essa tecnologia ainda não é amplamente usada pelos professores, talvez pela falta de uma preparação adequada para eles. Por isso, esta pesquisa teve como objetivo contribuir com o ensino de Biologia, para a subárea da Citologia, com um curso virtual de impressão 3D. A abordagem desta pesquisa foi de caráter qualitativa e quantitativa e o método foi pesquisa exploratória. Os sujeitos da pesquisa são os professores e alunos de Biologia do Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Amazonas — Campus Manaus Distrito Industrial (IFAM/CMDI). Para a coleta de dados foram utilizados questionários digitais, disponibilizados através de um link do formulário do Google, contendo perguntas abertas e fechadas, para posterior análise e interpretação dos dados. Por fim, esta pesquisa além de contribuir com a produção de um curso virtual sobre como usar a impressora 3D para melhorar a aprendizagem nas aulas de Citologia, também contém: repositório digital de arquivo de células para impressão e um projeto com base na metodologia ativa de aprendizagem em projeto que envolve Impressão 3D e Citologia, para ser aplicado com os alunos. O curso está disponível na plataforma digital de aprendizado Moodle, pertencente ao IFAM.

Palavras-chave: Citologia; Cultura Maker; Impressão 3D; Aprendizagem baseada em Projeto.

ABSTRACT

The use of digital teaching instruments or materials in schools has always aroused interest and curiosity in most students, however, we know that in some school environments there is a lack of material resources that make it difficult to carry out experimental activities. To solve this problem, teachers improvise materials in order to apply a practical class. In this context of absence of material, 3D printing technology makes a relevant contribution to minimize it, because it is a resource that allows the printing of pedagogical materials, which can help the teaching of different areas, where the contents are still abstractly presented, like cells that are invisible to the naked eye. In addition, 3D printing contributes to the construction of concrete materials in a three-dimensional format that were previously only accessible virtually, leaving the classes very abstract for the student, such as cells that are invisible to the naked eye. However, this technology is still not widely used by teachers, perhaps due to the lack of adequate preparation for them. Therefore, this research aimed to contribute to the teaching of Biology, for the subarea of Cytology, with a virtual 3D printing course. The approach of this research was qualitative and quantitative and the method was exploratory research. The research subjects are high school biology teachers and students from the Federal Institute of Education, Science and Technology of Amazonas — Manaus Industrial District Campus (IFAM/CMDI). For data collection, digital questionnaires were used, made available through a link on the Google form, containing open and closed questions, for further analysis and interpretation of the data. Finally, this research, in addition to contributing to the production of a virtual course on how to use the 3D printer to improve learning in Cytology classes, also contains: a digital repository of cell files for printing and a project based on the active methodology of learning in a project involving 3D Printing and Cytology, to be applied with students. The course is available on the digital learning platform Moodle, belonging to IFAM.

Keywords: Cytology; Maker Culture; 3D printing; Project-based learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 — Estrutura celular comum	20
Quadro 2 — Características principais das células eucariontes	21
Figura 1 — Estrutura de célula animal	23
Figura 2 — Estrutura de célula vegetal	23
Quadro 3 — Características células procariontes: bactérias	24
Figura 3 — Estrutura celular procarionte: bactéria	25
Figura 4 — Grade curricular: Nível Médio em Mecatrônica	26
Figura 5 — Grade curricular: Nível Médio em Eletrônica.....	27
Figura 6 — Impressora 3D Ender 3.....	30
Figura 7 — Filamentos de plástico	30
Figura 8 — Principais evoluções da impressão 3D na década de 80	31
Figura 9 — Principais evoluções da impressão 3D na década de 90	31
Figura 10 — Principais evoluções da impressão 3D a partir dos anos 2000	33
Figura 11 — Célula impressa em 3D	35
Figura 12 — Principais termos da ABP	37
Figura 13 — Projeto de ABP sobre o crescimento de plantas	38
Figura 14 — Representação macro do filamento de DNA.....	41
Figura 15 — Representação da ligação química do carbono	41
Figura 16 — Faixa de Möbius e Triângulo de Penrose.....	42
Figura 17 — Imagens dos microrganismos sob microscópio óptico	43
Quadro 4 — Planejamento das atividades desta pesquisa	46
Figura 18 — Ementa: Biologia - 1º ano - Ensino Médio.....	47
Quadro 5 — Questionário para professores.....	49
Figura 19 — Impressora 3D do IFAM/CMDI.....	52
Figura 20 — Montagem da Impressora 3D do IFAM/CMDI	53
Figura 21 — Extensor de máscara de proteção individual	53
Figura 22 — Uso do extensor de máscara de proteção individual.....	54
Figura 23 — Validação inicial.....	54
Figura 24 — Dia 18/09/21 - Turma 1 - Participação da Prof. ^a Ana (em pé)	58
Figura 25 — Dia 18/09/21 - Turma 2 – Laboratório Maker	58
Figura 26 — Dia 25/09/21 - Turma 3 – Laboratório Maker	59
Figura 27 — Dia 25/09 - Turma 4 – Laboratório Maker	59
Figura 28 — Dia 09/10/21 - Turma 5 – Laboratório Maker	60
Figura 29 — Dia 09/10 - Turma 6 – Laboratório Maker	60
Quadro 6 — Questionário - Validação inicial do curso virtual	61
Tabela 1 — Nível de formação e experiência com o tema: impressão 3D.....	62
Tabela 2 — Taxa de acerto e erros do teste (validação inicial do curso).....	63
Tabela 3 — Nível de interesse pelo tema após participação no curso	63
Tabela 4 — Avaliação da estrutura do curso (validação inicial).....	64

Figura 30 — Uso de recurso impresso em 3D nas aulas de Biologia	65
Figura 31 — Você sabe como usar uma Impressora.....	66
Figura 32 — Como gostaria de usar uma impressora 3D.....	66
Figura 33 — Quantidade de participantes por sexo masculino e feminino	67
Figura 34 — Recursos didáticos utilizados pelo professor(a) de Biologia.....	68
Figura 35 — Já utilizou recursos de Impressora 3D	69
Figura 36 — Como usar a Impressão 3D na aula de Biologia	69
Figura 37 — Você sabe usar uma Impressora 3D.....	70
Figura 38 — Aprendendo Citologia usando itens impressos em 3D.....	70
Figura 39 — Que área da Biologia a Citologia estuda?	71
Figura 40 — Uso da Impressora 3D em Citologia?	71
Figura 41 — Citologia: qual conteúdo é mais difícil	72
Figura 42 — Dificuldade (geral) no aprendizado de Citologia.....	73
Figura 43 — Afinidade com o conteúdo de Citologia.....	73
Figura 44 — Importância de estudar Citologia	74
Figura 45 — Laboratório de Ciências : materiais preparados pela prof. ^a Ana	75
Figura 46 — Dia 14/10 – Equipe 1 e 2 com Prof. ^a Ana Machado	78
Figura 47 — Dia 14/10 – Laboratório de Ciências e Maker – Equipe 3 e 4	78
Figura 48 — Dia 14/10 - Laboratório de Ciências e Maker - Equipe 5.....	79
Figura 49 — Dia 14/10 – Captura de tela do vídeo da Equipe 1	79
Figura 50 — Dia 14/10 – Captura de tela do vídeo da Equipe 2.....	80
Figura 51 — Dia 14/10 – Captura de tela do vídeo da Equipe 3.....	80
Figura 52 — Dia 14/10 – Captura de tela do vídeo da Equipe 4.....	80
Figura 53 — Dia 14/10 – Captura de tela do vídeo da Equipe 5.....	81
Figura 54 — Vídeos gravados.....	83
Figura 55 — Apostilas complementares aos vídeos.....	84
Figura 56 — Arte de capa do curso.....	85
Figura 57 — Tela inicial do curso	85
Figura 58 — Aula introdutória: mundo das células e Aula 1	86
Figura 59 — Módulo 3 e 4.....	86
Figura 60 — Vídeo sobre como imprimir uma célula	87
Figura 61 — Tela do site Thingiverse, aberto na categoria “Learning”	88
Figura 62 — Representação de uma célula impressa em 3D.....	89
Figura 63 — Escopo do projeto: Bactérias na Escola.....	90
Figura 64 — Fase 1 do projeto: Bactérias na escola	90
Figura 65 — Fase 2 do projeto: Bactérias na escola	91
Figura 66 — Fase 3 e 4 do projeto: Bactérias na escola	91
Figura 67 — Fases 5, 6 e 7 do projeto: Bactérias na escola	92
Figura 68 — Certificado digital do curso.....	93
Figura 69 — Distintivo digital para os participantes	93

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Célula	18
2.1.1	Classificações das células.....	19
2.1.1.1	Células eucariontes e procariontes.....	19
2.1.1.2	Células eucariontes	20
2.1.1.3	Células procariontes.....	24
2.2	O desafio dos professores no ensino-aprendizagem de Citologia	26
2.3	Cultura <i>Maker</i>	28
2.4	A Impressão 3D.....	29
2.5	Impressão 3D como recurso para o ensino-aprendizagem de Citologia .	33
2.6	Aprendizagem baseada em projetos (ABP).....	35
2.7	Trabalhos relacionados	39
3	METODOLOGIA	45
3.1	Opção pela pesquisa.....	45
3.2	Local da pesquisa	45
3.3	Público-alvo.....	46
3.4	Planejamento da sequência a ser seguida na pesquisa	46
3.5	Análise Documental	47
3.6	Levantamento Bibliográfico	48
3.7	Diagnóstico dos Professores	48
3.8	Diagnóstico dos Alunos	50
3.9	Construção do Recurso Didático: Curso virtual de Impressão 3D	50
3.9.1	Validação inicial do curso	51
3.9.2	Gravação dos vídeos da validação inicial do curso	52
3.9.3	Avaliação inicial.....	55
3.10	Desenvolvimento e aplicação do Curso de Extensão	55
3.10.1	Aplicação e avaliação do curso de extensão	56
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	61
4.1	Análise dos resultados da validação inicial do curso	61
4.2	Análise do diagnóstico dos professores	64
4.3	Análise do diagnóstico dos alunos.....	67
4.4	Validação final (intervenção): aplicação do curso	74
4.5	Reestruturação do curso	81
4.6	Produto educacional.....	82
4.6.1	Curso virtual: Impressão 3D para alunos e professores de Biologia	83
4.6.1.1	Repositório digital de arquivos para impressão em 3D	87
4.6.1.2	Projeto de ABP com Impressão 3D e Citologia.....	89
4.6.1.3	Certificação	92

5	CONCLUSÃO	94
	REFERÊNCIAS	97
	APÊNDICE A — CARTA DE ANUÊNCIA A INSTITUIÇÃO	101
	APÊNDICE B — TERMO DE ASSENTIMENTO DE LIVRE E ESCLARECIDO	102
	APÊNDICE C — TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	103
	APÊNDICE D — TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR	104
	APÊNDICE E — QUESTIONÁRIO AVALIATIVO DE CONHECIMENTO E VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM.....	105
	APÊNDICE F — Lista de Inscrição do Curso de Extensão	107
	APÊNDICE G — Slides de apresentação de aplicação do curso	110
	APÊNDICE H — Formulário do curso de extensão	111
	APÊNDICE I — Projeto de ABP com Impressão 3D e Citologia	112
	APÊNDICE J — Lista de presença (Curso de Extensão)	114

1 INTRODUÇÃO

O estudo da célula é uma subárea da Biologia, conhecida também como Biologia Celular ou Citologia. Ela engloba e se aprofunda nas funções de cada componente e mecanismo que ocorre dentro de uma célula. Por ser este um campo amplo optou-se nesta pesquisa em contribuir com o processo de ensino-aprendizagem da estrutura celular, através do uso da tecnologia de impressão 3D para imprimir modelos de células vegetais e animais.

Nesta subárea da Biologia, bem como na totalidade dessa disciplina, são diversos os desafios de ensino, pois "ensinar Biologia é uma tarefa complexa e exige que professor e o aluno lidem com uma série de palavras diferentes, com pronúncias difíceis e escrita que diverge da linguagem comumente usada pela população" (DURÉ; ANDRADE ; ABÍLIO, 2018, p. 2).

Além disso, estima-se que os estudantes durante o Ensino Médio precisam aprender mais de 300 conceitos somente de Citologia (CARVALHO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2011), no entanto, esse é um conteúdo importante, pois antecede e é "pré-requisito para entendimento de outros conteúdos na disciplina de Biologia, o que proporcionará ao aluno continuação do saber de maneira integrada e não fragmentada" (BARBOSA et al., 2016, p. 1).

Contudo, as escolas públicas, em sua maioria, não contam com recursos pedagógicos suficientes para atender a demanda de todos professores que precisam facilitar o aprendizado dos seus alunos (ZEIDAN, 2016). Para resolver esse problema, muitos professores fabricam manualmente alguns dos recursos pedagógicos que precisam.

É o caso dos professores de Biologia, pois quando vão ensinar Citologia, precisam construir manualmente células, utilizando materiais tais como: cartolina, pincéis, isopor, massinha, gel e tintas. Essa necessidade que os professores têm em oferecer aos alunos a visualização e a materialização tridimensional da célula, tem o objetivo principal de evitar uma aprendizagem apenas descritiva e abstrata, possibilitando assim maior retenção de conhecimento pelos alunos (FREITAS et al., 2008).

Alguns dos recursos didáticos mais utilizados em Citologia para se trabalhar estrutura celular são os livros e os microscópios. O microscópio, diferentemente do

livro, não está disponível de forma igualitária e suficiente nas escolas públicas. Quando se trata de estrutura celular, nem mesmo o microscópio tradicional permite a visualização tridimensional da célula pelos alunos, a não ser o digital, sendo este ainda mais raro de ser encontrado nos laboratórios de ciências das escolas públicas brasileiras.

O problema da indisponibilidade ou a disponibilidade parcial de recursos pedagógicos para professores de Biologia, quanto à visualização tridimensional de uma célula, pode ser amenizado usando a tecnologia de impressão 3D. Ela pode ser uma fabricante de recursos didáticos eficientes porque possibilita a "construção e impressão automatizada de objetos sólidos, camada por camada, a partir de um arquivo digital com a imagem 3D do objeto" (AGUIAR, 2016, p. 20), materializando imagens que eram vistas apenas no computador, em projetores, em livros didáticos e microscópios. Possibilitando que professores possam apresentar aos alunos esses materiais impressos proporcionando uma compreensão prática de um conteúdo específico.

No entanto, a maioria dos professores deixa de usar algumas tecnologias como a Impressão 3D, "por falta de familiarização, que se origina por não terem uma preparação adequada para usar esses equipamentos ou ainda desconhecer esses recursos" (BASNIAK; LIZIERO, 2017, p. 14).

Apesar de algumas tecnologias digitais não serem usadas em sala de aula, desde a década de 80, elas estão inseridas no ambiente escolar e têm se demonstrado, nas escolas públicas e privadas, como importantes aliadas na educação e estão causando mudanças nesse ambiente.

A grande mudança nos ambientes escolares se iniciou com o aumento do uso da internet nos anos 90 (PALÚ, SCHÜT, MAYER, 2020). Graças a este aumento e também com a possibilidade de utilização de recursos audiovisuais, as instituições de ensino tiveram um ambiente com constantes transformações tecnológicas, onde são constantes os desafios na educação. Assim, um dos desafios da escola contemporânea é aprender a lidar com a tecnologia e transformá-la em aliada da educação (SILVA; BLIKSTEIN, 2020).

O papel tradicional da escola caracterizado por planejamento da aula, repasse de conteúdo para os alunos, avaliações e atribuição de notas, está paulatinamente se transformando (BACICH; MORAN, 2018). Essa transformação consiste na adoção de

novas metodologias de ensino e aprendizagem que propõem a descentralização do professor como agente de ensino e a possibilidade de o aluno ser protagonista do seu conhecimento.

A teoria da Pirâmide de Aprendizagem do psiquiatra americano William Glasser confirma que as pessoas geralmente aprendem mais por método de aprendizagem ativa, ou seja, quando discutem, praticam ou ensinam (GLASSER, 2001). Portanto, é importante a aplicação de metodologias de ensino que proporcionam ao aluno a prática do que ele está aprendendo, pois provam ser mais efetivas para o aprendizado, de acordo com teoria de Glasser.

Essa categoria de metodologia que propõe a prática de conteúdo, são conhecidas como metodologias ativas, são estratégias de ensino que focam na participação efetiva do estudante, na construção do processo de aprendizagem, de forma flexível, interligada e híbrida (BACICH; MORAN, 2018).

Entre as metodologias ativas de aprendizagem, há a aprendizagem baseada em projetos (ABP), que “consiste em permitir que os alunos confrontem as questões e os problemas do mundo real que considerem significativos, determinando como abordá-los e, então, agindo cooperativamente em busca de soluções” (BENDER, 2014, p. 9).

Um movimento que utiliza a ABP e tem ganhado espaço no cenário escolar internacional e brasileiro é o movimento conhecido como *Cultura Maker*, “faça você mesmo” (*do-it-yourself* ou apenas *DIY*, na sigla em inglês) ou “educação mão na massa”. A *Cultura Maker* consiste em criar, modificar objetos ou projetos. Seu principal pilar é a ideia de qualquer pessoa pode fabricar, construir, reparar e alterar objetos dos mais variados tipos e funções com as próprias mãos, com colaboração e transmissão de informações entre grupos e pessoas usando um ou diversos recursos (MARINI, 2019).

Aquelas pessoas que sempre estão dispostas a trabalhar colaborativamente, que reaproveitam objetos e criam outros, se utilizando de materiais recicláveis ou de baixo custo, são chamadas pelo termo *Makers*, essa é uma palavra em inglês, que em tradução livre significa criador, fazedor ou realizador (AZEVEDO, 2019).

Pode se dizer que a maioria dos professores brasileiros de escolas públicas, de certa forma, já são *Makers* em virtude do esforço criativo deles em desenvolver

manualmente diversos recursos pedagógicos, diante da escassez destes em sala de aula (PALÚ, SCHÜT, MAYER, 2020).

Vale ressaltar que o uso desses recursos para auxiliar o ensino-aprendizagem não é suficiente para resolver os problemas da educação brasileira. É altamente conhecido que fatores como: valorização do ofício de professor em diversos aspectos; melhora da estrutura escolar; alunos bem alimentados e com acompanhamento familiar; entre outros fatores, são decisivos para diminuição dos problemas educacionais, mas só se concretizam com vontade política (ZEIDAN, 2016).

Diante da ressalva apresentada no parágrafo anterior é ainda mais importante se utilizar no ambiente escolar todos os recursos pedagógicos disponíveis que auxiliem no ensino-aprendizagem. Pois, "quando o recurso é devidamente aplicado demonstrando resultados positivos, o aluno torna-se mais confiante, capaz de se interessar por novas situações de aprendizagem e de construir conhecimentos mais complexos" (NICOLA; PANIZ, 2016, p. 3).

A Cultura *Maker* se utiliza de diversos recursos como o óculos de realidade virtual, fresadoras¹CNC (Controle Numérico Computadorizado) e a impressora 3D. Este último, como já apresentado, trata-se de uma máquina tecnológica de baixo custo e extremamente útil que possibilita a impressão de objetos que muitas vezes não estão disponíveis para compra. No entanto, os professores para usufruírem dos benefícios de uma impressora 3D, precisam aprender antes como usá-la para que ela seja útil em suas aulas, inclusive no ensino-aprendizagem de Biologia (AGUIAR, 2016).

Diante do contexto apresentado, surgiu a seguinte problemática: como a impressão 3D pode auxiliar o processo de ensino-aprendizagem de Citologia para os alunos do 1º ano dos cursos Técnicos Integrados do IFAM/CMDI?

A pesquisa teve como objetivo geral elaborar um curso virtual de impressão 3D como ferramenta de ensino-aprendizagem de Citologia, especificamente de estruturas celulares para os alunos do 1º ano dos cursos Técnicos de Nível Médio em Mecatrônica e Eletrônica na Forma Integrada do IFAM/CMDI.

Os objetivos específicos estabelecidos foram: a) preparar e oferecer um curso virtual de impressão 3D para professores e alunos de Biologia; b) preparar e

¹Fresadoras CNC são máquinas de corte de moldes controladas por computador.

realizar um curso de extensão no formato presencial para professores de Biologia, alunos e interessados em aprender como usar uma impressora 3D; c) realizar análise da ementa dos cursos Técnicos Integrados em Mecatrônica e Eletrônica do 1º ano do Ensino Médio; d) identificar quais recursos didáticos são utilizados na disciplina de Biologia, na subárea da Citologia; e) identificar as dificuldades dos professores quanto ao ensino da temática e quanto ao tema de Impressão 3D; f) planejar e realizar a validação inicial e validação final (aplicação) do produto educacional com o público-alvo desta pesquisa; g) desenvolver e disponibilizar a versão final do produto desta pesquisa: curso virtual de impressão 3D para alunos e professores de Biologia, com a finalidade de auxiliar no ensino-aprendizagem de estruturas celulares; h) preparar e disponibilizar no curso um repositório digital com arquivos de células para serem impressas em 3D; i) criar e disponibilizar no curso um projeto de ABP que envolva impressão 3D e Citologia.

Desta forma estruturou-se a pesquisa em três momentos: No primeiro é apresentado o embasamento teórico, onde se aborda: conceitos básicos de Citologia; os desafios do professor no ensino-aprendizagem de Citologia; Cultura Maker; história da Impressão 3D e como ela pode ser usada como recurso didático para o ensino de Citologia; aprendizagem baseada em projetos e trabalhos relacionados à temática desta pesquisa. No segundo, apresenta-se a metodologia da pesquisa realizada através da pesquisa ação e da abordagem quantitativa e qualitativa, é composto também pelo desenvolvimento da primeira validação do produto educacional e o desenvolvimento e aplicação do curso de extensão no formato presencial, sobre impressão 3D. No terceiro, apresentam-se os resultados e análises obtidos na validação inicial e na validação final (aplicação) do produto desta pesquisa, com sua respectivas análises de resultados.

Ainda no terceiro momento desta pesquisa apresenta-se o produto educacional, exigência desta pós-graduação por se tratar de um mestrado profissional. O produto é um curso virtual de Impressão 3D para auxiliar o ensino-aprendizagem de Citologia, especificamente o conteúdo de estrutura celular, voltado para professores e alunos de Biologia.

Além disso, o curso oferece um repositório digital com arquivos de células para serem impressos em 3D e um projeto de ABP que envolve Citologia e Impressão 3D, elaborados durante esta pesquisa.

Apesar de o curso ser voltado para professores e alunos de Biologia, ele pode ser usado por outros professores de disciplina diferentes, como de Física e Matemática. Pois, durante o curso são apresentados os endereços eletrônicos voltados para a área educacional, onde constam modelos prontos e também software livre onde os professores poderão desenvolver seus próprios modelos. Assim, espera-se que o produto educacional possa auxiliar no ensino-aprendizagem para além do público alvo desta pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Célula

Os estudos sobre células não são recentes, pois já contam com mais de 200 anos de história. O conceito de célula é apresentado nos livros didáticos de Biologia que compõem o Programa Nacional do Livro Didático de 2015 (BRASIL, 2014).

A maioria desses livros didáticos destaca que o início da Citologia aconteceu graças as observações do cientista inglês Robert Hooke (1635 – 1703) e teve seu apogeu com a Teoria Celular, decorrente das descobertas após vários estudos de outros dois cientistas: Matthias Schleiden (1804 – 1881) e Theodor Schwann (1810-1882). Pinheiro , Echalar e Queiroz (2021, p. 6) concluíram que "todo ser vivo é formado por células"

Desde então, diversos pesquisadores se interessaram pelo estudo da célula e contribuíram diretamente para a criação da Citologia como uma subárea de estudo da Biologia (COSTA , 2019). O objeto de estudo principal da Citologia são as células. Elas são conceituadas como

a unidade básica de organização dos seres vivos e a menor parte deles, sendo composta essencialmente por uma fronteira (denominada de membrana plasmática), um sistema metabólico e o material genético. Essas partes fundamentais da célula atuam de maneira autônoma, dinâmica, e acopladas estruturalmente para o funcionamento do ser vivo como um todo. Além disso, sabemos que o avanço da tecnologia e a invenção do microscópio proporcionaram saltos nos estudos da célula, pois possibilitaram compreender que elas se originam de outras células preexistentes, e que os vírus são uma exceção nos modos de organização celular; que a dinâmica das células é fundamental para o entendimento de conceitos da Biologia Molecular e da Genética, bem como que pode contribuir para o diagnóstico de doenças; que o avanço na compreensão da célula transformou os estudos da vida e permitiu o entendimento da natureza (PINHEIRO ; ECHALAR; QUEIROZ, 2021, p. 13).

Portanto, é importante não somente o entendimento e o estudo da célula para compreensão de temas e outras ciências com os quais ela se relaciona, mas também é essencial para o diagnóstico e tratamento de várias doenças. Assim, pode-se concluir que a célula exerce um papel primordial na vida de cada organismo vivo.

Muito do conceito desse componente pequeníssimo, mas de grande importância para a área de Biologia, tem sido estudado utilizando o microscópio, que ao longo da história vem se modernizando, sendo que algumas estruturas celulares são somente vistas por microscópios eletrônicos (COSTA , 2019). Eles se tornaram as ferramentas mais importantes para a Citologia, principalmente quando se trata de estudar a estrutura celular, porém, o entendimento da função de cada estrutura precisou da integração dessa subárea com outras áreas como a Bioquímica, que dentre vários temas, estuda os processos químicos (metabolismo) das células (REECE et al., 2015).

Através dos estudos por microscópios os biólogos conseguiram identificar e estudar as classificações e funções celulares.

2.1.1 Classificações das células

As células são classificadas em dois grandes grupos: eucariontes e procariontes, abordados a seguir.

2.1.1.1 Células eucariontes e procariontes

As células classificadas como procariontes e eucariontes se diferenciam por sua estrutura. As células procariontes se caracterizam pela ausência de núcleo e por terem genomas mais simples em relação às eucariontes (BOUZON; OURIQUES; GARGIONI, 2010).

De acordo com Reece et al. (2015) os animais, vegetais e fungos consistem em células eucariontes, já as procariontes são encontradas em bactérias.

Como dito, esses dois grupos de células possuem diferenças em suas estruturas, no entanto, as células eucariontes e procariontes se assemelham por terem

certas características básicas: são ligadas por uma barreira seletiva chamada membrana plasmática. Dentro de todas as células existem um semifluido, substância semelhante à gelatina chamada decitosol, na qual os componentes subcelulares estão suspensos. Todas as células contêm cromossomos, que carregam os genes na forma de DNA. Todas as células contêm ribossomos, minúsculos complexos que sintetizam as proteínas de acordo com as instruções a partir dos genes (REECE et al., 2015, p. 97).

Seguem agrupados no Quadro 1, para melhor visualização e entendimento, os componentes comuns às estruturas celulares eucariontes e procariontes.

Quadro 1 — Estrutura celular comum

ESTRUTURA	DEFINIÇÃO
MEMBRANA PLASMÁTICA	É formada por uma dupla camada de lipídios, na qual várias proteínas estão inseridas. Essa membrana, que circunda todas as células, garante a separação entre o meio interno e o meio externo.
CITOSOL	Local onde ficam as moléculas e organelas células. É uma substância parecida com gelatina.
CROMOSSOMOS	Carregam os genes na forma de DNA, como se fossem um fio condutor.
RIBOSSOMOS	Minúsculos complexos que sintetizam as proteínas de acordo com as instruções a partir dos genes.
CITOPLASMA	É o interior de cada tipo de célula.

Fonte: Adaptado Reece et al. (2015, p. 98)

Dada as semelhanças, diversos estudiosos da área de Biologia que se dedicam ao estudo de Citologia, destacam que a principal diferença entre uma célula eucarionte e procarionte é a localização do seu DNA (COSTA, 2019), sendo que "na célula eucariótica, a maioria do DNA está na organela chamado núcleo, ligada por uma membrana dupla e na célula procarionte o DNA está concentrado em uma região que não é envolvida por membrana, chamada nucleóide" (REECE et al., 2015, p. 97).

2.1.1.2 Células eucariontes

Como exposto, ambos os grupos de células possuem citoplasma, no caso das células eucariontes é a região que fica entre o núcleo e a membrana plasmática (COSTA, 2019).

No Quadro 2 a seguir, estão agrupadas as principais características e componentes das estruturas das células eucariontes:

Quadro 2 — Características principais das células eucariontes

CÉLULAS EUCARIONTES	CARACTERÍSTICAS
Organismos onde são encontrados	Animais, vegetais e fungos.
Tamanho (relaciona-se com a função da célula)	Geralmente são muito maiores que as células procariontes, podendo chegar até 100 µm de diâmetro.
Organização celular/ Núcleo	Complexo / Possui um compartimento limitado por um envoltório nuclear, abriga o genoma.
Citoplasma	Tem uma variedade de organelas envolvidas por membrana plasmática, estão presentes como retículo endoplasmático, complexo de Golgi, lisossomos, peroxissomos, cloroplastos e mitocôndrias.
Membrana plasmática	É fundamental para a vida da célula. A membrana plasmática envolve a célula, define os seus limites e separa o conteúdo celular do meio extracelular. É uma película delgada com cerca de 7 a 10nm de espessura, só podendo ser observada no microscópio eletrônico.
Ribossomos	São grânulos citoplasmáticos constituídos de ribonucleoproteínas, são locais da síntese protéica nas células, associando-se a filamentos de RNA mensageiro (mRNA) para formar os polirribossomos.
Retículo endoplasmático (RE)	É constituído por uma rede membranosa de sacos achatados e tubulares que delimitam cavidades ou cisternas e que se intercomunicam.
Complexo de Golgi	Essa organela é constituída por pilhas de sacos achatados e membranosos, associados a vesículas. Nela, são processadas e organizadas as proteínas vindas do retículo endoplasmático para o transporte ao destino final, incorporadas ao lisossomo, à membrana plasmática ou exportadas da célula. Além do papel de transporte de proteínas, o complexo do Golgi serve como local para o metabolismo de lipídios e (em células vegetais) como local de síntese de alguns polissacarídeos que formam a parede celular.
Lisossomos	Essas organelas são vesículas membranosas contendo diversas enzimas hidrolíticas, com atividade máxima em pH ácido. As enzimas lisossomais são sintetizadas no retículo endoplasmático rugoso e são responsáveis pela digestão das substâncias incorporadas na célula, por endocitose ou degradação de organelas envelhecidas da própria célula

	por autofagia.
Mitocôndrias	As mitocôndrias são organelas delimitadas por um sistema de dupla membrana, consistindo de uma membrana externa e uma membrana interna separadas por um espaço intermembranoso.
Peroxisomos	São vesículas delimitadas por membrana e que contêm enzimas envolvidas em uma grande variedade de reações metabólicas, dentre elas, enzimas oxidativas.
Citoesqueleto	É uma rede tridimensional intracitoplasmática de filamentos protéicos, constituída basicamente de três tipos: os filamentos de actina, os filamentos intermediários e os microfilamentos.
Centríolos	São uma estrutura de forma cilíndrica composta de microtúbulos protéicos. Os centríolos são ausentes em procariontes e em vegetais superiores. Durante a divisão celular, em seu redor, forma-se o fuso mitótico.

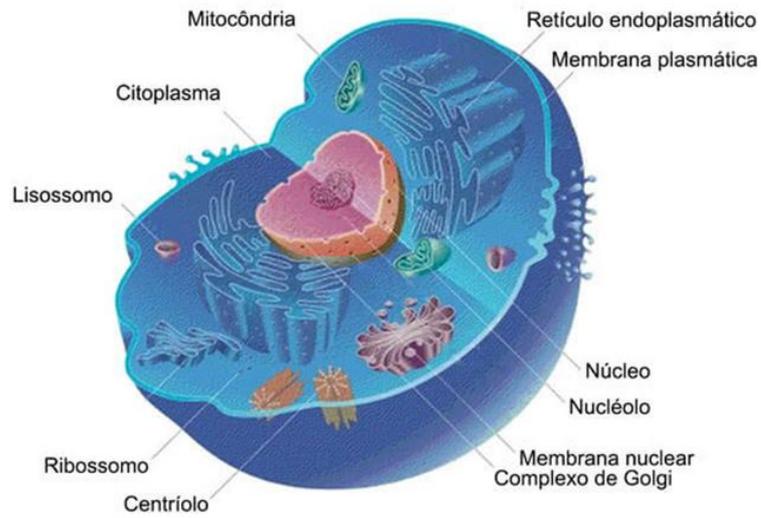
Fonte: Adaptado Bouzon, Ouriques e Gargioni (2010, p. 31)

É importante destacar as características que assemelham e diferenciam as células animais das células vegetais.

As células animais e vegetais são células eucariontes que se assemelham em vários aspectos morfológicos, como a estrutura moleculares da membrana plasmática e de várias organelas, e são semelhantes em mecanismos moleculares como a replicação do DNA, a transcrição em RNA, a síntese protéica e a transformação de energia via mitocôndrias. A presença da parede celular, vacúolo, plastídios e a realização de fotossíntese são as principais características que fazem a célula vegetal ser diferente da célula animal (BOUZON; OURIQUES; GARGIONI, 2010, p. 34).

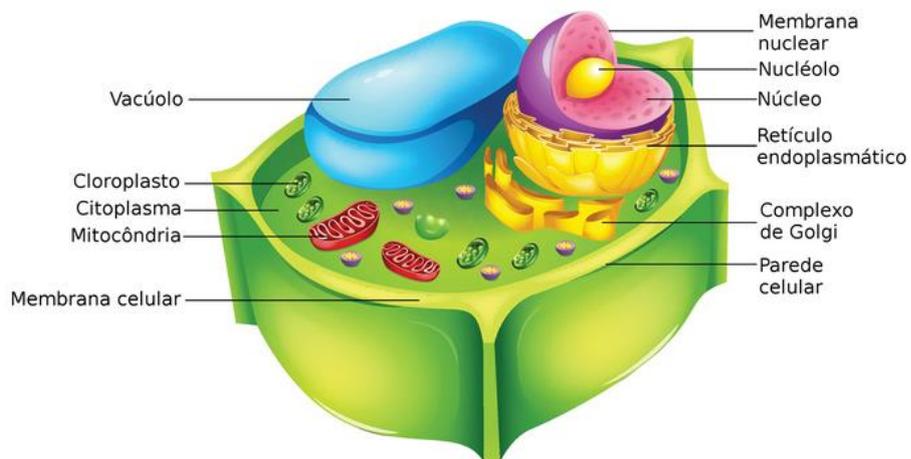
Nas figuras a seguir é possível ver as características estruturais das células animais (Figura 1) e vegetais (Figura 2).

Figura 1 — Estrutura de célula animal



Fonte: Reece et al. (2015, p. 100)

Figura 2 — Estrutura de célula vegetal



Fonte: Reece et al. (2015, p. 101)

2.1.1.3 Células procariontes

As células procariontes, como já citado anteriormente, são encontradas nas bactérias, que possuem estruturas celulares bem mais simples do que das células eucariontes. (BOUZON; OURIQUES; GARGIONI, 2010, p. 23).

No Quadro 3 a seguir constam mais características das células procariontes.

Quadro 3 — Características células procariontes: bactérias

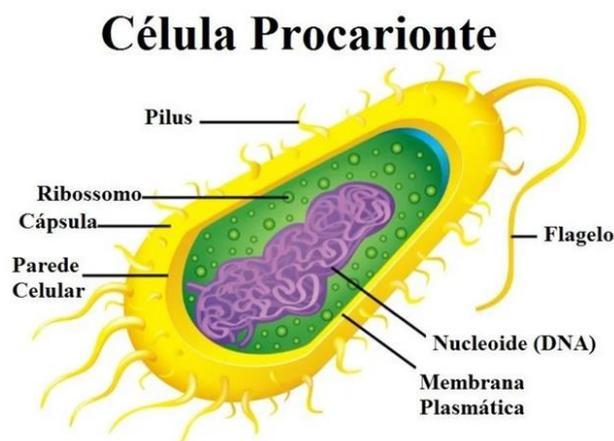
CÉLULAS PROCARIONTES	BACTÉRIAS
DEFINIÇÃO	São microorganismos constituídos por uma célula, sem nenhum núcleo celular e nenhum tipo de compartimentalização interna por membranas, estando ausentes várias outras organelas, como as mitocôndrias, o complexo de Golgi e o fuso mitótico.
ESTRUTURAS	Simples, porém, em termos bioquímicos, são os seres mais diversos e inventivos que existem na natureza. A maioria reproduz-se rapidamente, por cissipariade, também chamada divisão simples ou bipartição.
ONDE SÃO ENCONTRADAS	Numa ampla diversidade de nichos ecológicos, de lama quente de origem vulcânica ao interior de outros organismos vivos. Por apresentarem uma grande variedade de diferentes metabolismos, as bactérias podem ser divididas em: fototróficas, quando obtêm a energia na forma de luz para a fotossíntese; e quimiotróficas, quando obtêm energia pela oxidação de compostos químicos.
CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO OXIGÊNIO	Podem ser classificadas em três grupos: aeróbicas — que podem crescer apenas na presença de oxigênio; anaeróbicas — que podem crescer apenas na ausência de oxigênio; e anaeróbicas facultativas — que podem crescer tanto na presença como na ausência de oxigênio.
AMBIENTES EXTREMOS	Muitas bactérias vivem em ambientes que são considerados extremos para o homem e são, por isso, denominadas extremófilas, como por exemplo: termófilas — que vivem em fontes termais; halófilas — que vivem em lagos salgados; acidófilas e alcalinófilas — que vivem em ambientes ácidos ou alcalinos; psicrófilas — que vivem nos glaciares. As bactérias se constituem nos seres mais numerosos existentes.

Fonte: Adaptado Bouzon, Ouriques e Gargioni (2010, p. 24)

De acordo com Bouzon, Ouriques e Gargioni (2010, p. 23) as "bactérias constituem os menores seres vivos, com dimensões máximas tipicamente da ordem dos 0,5 a 1mm, esse tamanho reduzido, acredita-se, que se deve ao fato de não possuírem compartimentos membranosos". Eles também destacam que "vários tipos de bactérias contêm como componentes de sua estrutura, ou liberam para o meio de cultura, substâncias tóxicas, que recebem o nome de endotoxinas e exotoxinas" (BOUZON; OURIQUES; GARGIONI, 2010, p. 24).

A Figura 3 apresenta a estrutura celular das bactérias, "onde geralmente, a única membrana presente é a membrana plasmática e não possuem um núcleo rodeado por uma cariomembrana e não têm o DNA organizado em verdadeiros cromossomos, como os das células eucariontes" (BOUZON; OURIQUES; GARGIONI, 2010, p. 25).

Figura 3 — Estrutura celular procarionte: bactéria



Fonte: Reece et al. (2015, p. 95)

Após apresentar conceitos, características principais e as estruturas celulares dos dois grupos de células eucariontes e procariontes é importante destacar que o objetivo desta pesquisa não é esgotar e trazer todas as informações a respeito destes

grupos, pois, os professores já contam com recursos didáticos como os livros que apresentam com detalhes tais assuntos.

No entanto, o objetivo é justamente mostrar como cada grupo de células têm muitas e diversas características. Além do fato de essas características possuírem uma nomenclatura bastante técnica nessa subárea da Biologia. Assim, é possível notar como o ensino-aprendizagem de Citologia se constitui um desafio tanto para o professor ensinar como para o aluno aprender.

2.2 O desafio dos professores no ensino-aprendizagem de Citologia

O conteúdo de Citologia é trabalhado em sala de aula no primeiro ano do Ensino Médio na disciplina de Biologia, nesse mesmo ano os alunos têm pelo menos mais 11 disciplinas diferentes para aprenderem.

Contudo, quando os alunos se inscrevem no Ensino Médio e também em um curso técnico eles terão no mínimo mais 6 disciplinas em suas grades escolares em cada ano. É o caso de parte do público alvo (alunos) desta pesquisa, pois eles estão cursando o Ensino Médio com o curso de Mecatrônica ou Eletrônica, no IFAM/CMDI. Nas Figuras 4 e 5 é possível observar a quantidade de disciplinas que cada um dos cursos possuem.

Figura 4 — Grade curricular: Nível Médio em Mecatrônica

1º ANO	2º ANO	3º ANO	
<ul style="list-style-type: none"> - Língua Portuguesa e Literatura Brasileira - Arte - Língua Estrangeira Moderna - Inglês - Educação Física - Matemática - Biologia - Física - Química - História - Geografia - Filosofia - Sociologia 	<ul style="list-style-type: none"> - Língua Portuguesa e Literatura Brasileira - Língua Estrangeira Moderna - Inglês - Educação Física - Matemática - Biologia - Física - Química - História - Geografia - Filosofia - Sociologia 	<ul style="list-style-type: none"> - Língua Portuguesa e Literatura Brasileira - Matemática - Física - Filosofia - Sociologia 	Núcleo Básico
<ul style="list-style-type: none"> - Informática Básica 	<ul style="list-style-type: none"> - Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Projetos 	<ul style="list-style-type: none"> - Projeto Integrador 	Núcleo Politécnico
<ul style="list-style-type: none"> - Desenho Técnico CAD - Análise de Circuito - Metrologia - Gestão da Qualidade e Empreendedorismo - Higiene e Segurança do Trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> - Lógica e Linguagem de Programação - Eletrônica Analógica - Eletrônica Digital - Equipamento de Automação e Controle 	<ul style="list-style-type: none"> - Eletrônica de Potência - Microcontroladores e CLP - Servomecanismo e Robótica - Sistema Hidráulico e Pneumático 	Núcleo Tecnológico
<div style="background-color: #FFD700; padding: 5px; display: inline-block;">Prática Profissional Supervisionada (Estágio ou PCCT)</div>			

Fonte: IFAM (2021)

Figura 5 — Grade curricular: Nível Médio em Eletrônica

1º ANO	2º ANO	3º ANO	
<ul style="list-style-type: none"> - Língua Portuguesa e Literatura Brasileira - Arte - Língua Estrangeira Moderna - Inglês - Educação Física - Matemática - Biologia - Física - Química - História - Geografia - Filosofia - Sociologia 	<ul style="list-style-type: none"> - Língua Portuguesa e Literatura Brasileira - Língua Estrangeira Moderna - Inglês - Educação Física - Matemática - Biologia - Física - Química - História - Geografia - Filosofia - Sociologia 	<ul style="list-style-type: none"> - Língua Portuguesa e Literatura Brasileira - Matemática - Física - Filosofia - Sociologia 	Núcleo Básico
<ul style="list-style-type: none"> - Informática Básica 	<ul style="list-style-type: none"> - Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Projetos 	<ul style="list-style-type: none"> - Projeto Integrador 	Núcleo Politécnico
<ul style="list-style-type: none"> - Desenho Técnico CAD - Análise de Circuito - Metrologia - Gestão da Qualidade e Empreendedorismo - Higiene e Segurança do Trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> - Lógica e Linguagem de Programação - Eletrônica Analógica - Eletrônica Digital - Equipamento de Automação e Controle 	<ul style="list-style-type: none"> - Eletrônica de Potência - Microcontroladores e CLP - Servomecanismo e Robótica - Sistema Hidráulico e Pneumático 	Núcleo Tecnológico
Prática Profissional Supervisionada (Estágio ou PCT)			

Fonte: IFAM (2021)

Assim, os alunos que inscrevem no Ensino Médio Técnico profissional deverão reter o dobro de conteúdo dos que cursam somente o Ensino Médio. Logo, é simples imaginar como deve ser difícil para os alunos de cursos técnicos reterem diversos e abundantes conteúdos.

No caso da disciplina de Biologia, que possui a subárea de Citologia, foi possível observar na apresentação do tópico 2.1 deste trabalho, como essa área tem uma gama diversa de conteúdo, especificamente quanto à estrutura celular, que inclusive não foram totalmente explanados nesse tópico, mas que devem ser aprendidos pelos alunos do primeiro ano do Ensino Médio, seja ele de nível técnico profissional ou não.

A própria “nomenclatura biológica – talvez mais do que qualquer outra ciência – recorre amplamente às raízes, sufixos e prefixos grecolatinos para nomear objetos e processos” (BARBOSA et al., 2016, p. 5).esse fato por si só já acrescenta uma dificuldade no ensino-aprendizagem, visto que os alunos não estão familiarizados com esses termos.

Somado a essa dificuldade de nomenclatura, os professores por motivos diversos, não conseguem realizar muitas aulas práticas, o que deixa a aprendizagem desse conteúdo muito abstrata (BARBOSA et al., 2016).

Afinal, a célula não é observada a olho nu, sendo assim, para ser possível a sua visualização, os professores precisam utilizar outros recursos como o livro didático e o microscópio, sendo que este último não está disponível em quantidade ideal nos laboratórios de ciências das escolas públicas brasileiras, aliás em 2010 mais da metade de escolas que ofertavam o Ensino Médio no Brasil não possuíam laboratório de ciências (ZEIDAN, 2016).

Os professores de Biologia diante dessas dificuldades precisam usar a criatividade para desenvolverem manualmente células, utilizando materiais como isopor, pincéis, massa de modelar, tesoura e outros. De modo a tornarem a aula mais prática e atrativa para o aluno, conseqüentemente, despertando seu interesse pela aula e também para aprender o conteúdo abordado.

É possível aperfeiçoar esse trabalho manual dos professores através de um recurso tecnológico conhecido como impressora 3D. Um movimento que ajudou na divulgação e popularização desse recurso foi o Movimento *Maker* ou a Cultura *Maker*.

2.3 Cultura *Maker*

O crescimento exponencial do acesso às novas tecnologias faz parte dos principais fatores de impulsionamento e de avanço da Cultura *Maker* ou Movimento *Maker* (Dougherty, 2012). Outros fatores, de acordo com Silva e Blikstein (2020) ajudaram a aumentar a sua aceitação, como o aumento da competitividade econômica baseada em inovação entre diversos países.

As atividades *Makers* têm como base a abordagem construcionista (PAPERT, 1980) que destaca ganhos quando o estudante participa de projetos educacionais que proporcionam seu protagonismo e incentivam a sua criatividade através de resultados para problemas reais.

A Cultura *Maker* ou a cultura do "faça você mesmo" incentiva o reaproveitamento de objetos ao invés de se comprar um novo ou descartar aquele que está danificado, ou seja, nessa categoria de prática educativa a ideia é trazer não apenas uma mudança de pensamento, mas uma mudança no hábito de consumo das

pessoas (BROCKVELD; SILVA; TEIXEIRA, 2018). É uma proposta desafiadora, mas necessária, principalmente porque os recursos naturais não são inesgotáveis.

No entanto, a abordagem construcionista e a Cultura Maker não são comuns na maior parte das práticas educativas, pois ainda

[...] hoje o conhecimento é apresentado de forma pronta e estruturada, quase como se tivesse sido fabricado. O estudante consome as aulas - sem compreender como certos conceitos foram criados, com foco apenas no conteúdo que cada disciplina tem a transmitir (BROCKVELD; SILVA; TEIXEIRA, 2018, p. 55).

Os laboratórios *Makers* que se expandiram nas escolas brasileiras no ano de 2015 são espaços para criação e inovação. Onde os alunos podem experimentar a prática de conteúdos interdisciplinares, criando objetos com o uso de equipamentos tecnológicos, como a impressora 3D, fresadoras, *kits* de robótica, entre outros.

Contudo, esses laboratórios Makers podem se tornar ineficientes e superficiais quando não há aplicação dessa temática na própria estrutura da escola, quando não se gasta tempo para planejar o impacto pretendido e quando não há um trabalho interdisciplinar dos professores (SILVA; BLIKSTEIN, 2020).

Por isso, é importante que a escola aproveite esses ambientes com genuína vontade e entendimento de que eles precisam proporcionar criatividade, autonomia e a colaboração, entre os próprios alunos e professores.

Um dos equipamentos tecnológicos mais importantes para um laboratório *Maker* é a impressora 3D, porque permite a impressão de protótipos tridimensionais com alta qualidade.

2.4 A Impressão 3D

A tecnologia chamada de impressão 3D (Figura 6) é uma técnica que não utiliza cartucho de tintas, como as impressoras tradicionais utilizam para imprimir, mas filamentos de plásticos² (Figura 7). Em uma temperatura mínima de 70 graus Celsius, ela imprime objetos sólidos tridimensionais, camada por camada, uma sobre

²Há pelo menos cinco tipos de filamentos diferentes, um dos mais usados hoje, é o PLA (plástico de poliácido láctico), é um ótimo material por ser biodegradável e de origens vegetais.

a outra até formar o objeto. Por imprimir camada por camada esse modelo de impressão é conhecido como manufatura aditiva (AGUIAR, 2016).

Figura 6 — Impressora 3D Ender 3



Fonte: O autor (2021)

Figura 7 — Filamentos de plástico



Fonte: O autor (2021)

A tecnologia de impressão 3D não é tão recente, começou com um pesquisador japonês chamado Hideo Kodama, em 1981 no Japão, na cidade de Nagoya, em um Instituto de Pesquisa Industrial (Kodama, 1981).

Kodama inventou o método de manufatura aditiva (camada por camada) para fabricação de pequenos produtos de plástico, ele utilizava raio ultra violeta para endurecer um material chamado fotopolímero³. Há relatos que ele não conseguiu finalizar essa pesquisa no tempo que previa e que por isso perdeu apoio para continuá-la. Depois dele, vieram outros pesquisadores, empresas e institutos que ajudaram na evolução da impressão 3D e na sua popularização (Figura 8 e 9) (DONE 3D, 2020).

Figura 8 — Principais evoluções da impressão 3D na década de 80

1980: Primeira patente de prototipagem rápida criada pelo Dr Hideo Kodama
1984: Stereolitografia criada e abandonada pelo time Francês
1986: Stereolitografia criada e patenteada por Charles Hull
1988: Primeira impressora 3D SLA, a SLA-1
1988: Primeira impressora 3D SLS, criada Carl Deckard e comprada pela 3D System
1989: Primeira impressora 3D FDM, criada por S. Scott Crump pela Stratasys
1990: A ascensão das impressoras 3D e softwares de CAD

Fonte: Done 3d (2020)

Figura 9 — Principais evoluções da impressão 3D na década de 90

1990: Primeiro sistema EOS Stereo
1992: Registro da patente da FDM da Stratasys
1993: Fundação da Solidscape
1995: Z Corp. obtém licença exclusiva da MIT
1999: Bioimpressoras começam a surgir no mercado
2000: As impressoras ganham fama!

Fonte: Done 3d (2020)

³É um material, que tem normalmente estado líquido, que endurece por reação química (esse processo é conhecido também como "cura" do material) quando é submetido a incidência de luz, normalmente o ultravioleta.

Em 1999, quando as bioimpressoras começaram a surgir no mercado, elas criaram uma demanda por biotintas. Thomas Boland, bioengenheiro da Universidade americana Clemson, do estado da Carolina do Sul, começou a desenvolver biotintas e bioimpressoras. Boland passou não só a imprimir várias formas em 3D, mas em 2003 já possuía a primeira patente de células vivas para impressão (Almeida, 2013).

A partir desse momento, outros engenheiros trabalharam com vários desafios médicos, como enxertos ósseos de cerâmicas, aparelho auditivo, coroas dentárias de porcelana e prótese de polímero. A diferença desses itens impressos, era exatamente o fato de ter três dimensões e não só uma, como eram produzidos a maiorias dos produtos nessa época.

Então, com melhorias nas bioimpressoras feitas por Boland, o caminho para impressão de novos desafios medicinais se abriu e nos Estados Unidos aumentou exponencialmente o investimento em bioimpressão. Apesar de ainda ser muito mais difícil imprimir células vivas do que plástico, as pesquisas medicinais em bioimpressão tem conquistado avanços significativos não somente no território da América do Norte, mas em laboratórios espalhados pelo mundo.

Atualmente bioengenheiros estão imprimindo protótipos de partes do corpo humano, como articulações, orelhas, tubos vasculares, osso artificial e enxertos de pele, além de outros protótipos de rins, fígado e coração, testados em animais com resultados positivos divulgados na revista Nature na seção de biotecnologia (MURPHY; ATALA, 2014).

Assim como as bioimpressoras se aperfeiçoaram (Figura 10), as máquinas de impressão 3D tradicional também se modernizaram e ganharam arquiteturas mais simples e o uso de filamento fundido tornou-se comum para tornar mais barato o processo de impressão 3D (AGUIAR, 2016).

Figura 10 — Principais evoluções da impressão 3D a partir dos anos 2000

2000: Criação de um rim funcional impresso em 3D
2004: Início do projeto Reprap
2005: Lançamento da Spectrum Z510 pela Z Corp
2008: Primeira prótese de perna impressa em 3D
2009: Patente FDM cai em domínio público e criação da Sculpteo
2010: Inovação e Visão

Fonte: Done 3d (2020)

Com o projeto de prototipagem rápida conhecido como *RepRap*⁴(*The Replicating Rapid Prototyper*), criado pelo engenheiro Adrian Bowyer em 2004, na Inglaterra e divulgado na internet, a fabricação de uma nova impressora 3D ficou muito fácil e barata,

[...] esses fatos deram início a um projeto de impressoras 3D de arquitetura aberta e que podiam ser construídas utilizando peças replicáveis pela própria RepRap junto a componentes eletrônicos que já estavam à venda no varejo. Esse projeto difundiu conhecimentos para que outras pessoas interessadas montassem sua impressora 3D com um custo mais acessível (AGUIAR, 2016, p. 40).

Em 2005 a empresa ZCorporation lançou a primeira impressora 3D com impressão em alta definição, a Spcetrum, que imprime em várias cores ao mesmo tempo (Almeida, 2013).

2.5 Impressão 3D como recurso para o ensino-aprendizagem de Citologia

Ao pesquisar na internet em diversos sites é possível encontrar alguns estudos em português e inglês sobre impressão 3D. São dissertações de mestrado, teses de doutorado, além de artigos científicos. Existem estudos que trazem algumas possibilidades do uso da impressão 3D no contexto escolar para auxiliar no ensino de

⁴Replicating Rapid Prototyper (RepRap) significa em tradução livre: replicando prototipador rápido, ou seja, é uma máquina capaz de fazer uma cópia de si mesma.

diversas disciplinas. Inclusive algumas dessas dissertações, teses e artigos são fontes desta pesquisa.

Ainda que existam trabalhos publicados sobre impressão 3D, esse tema ainda não é conhecido pela maioria dos professores no Brasil. No entanto, é importante destacar que essa não é uma tarefa fácil para eles, pois a maioria das escolas públicas tem poucos recursos didáticos. Inclusive, por causa disso é comum o trabalho de um professor virar notícia justamente por ele superar dificuldades e com criatividade oferecer aulas que despertam o interesse dos alunos.

Diante desse contexto de limitações de recursos a impressão 3D pode ser muito importante e útil, porque o seu uso tem alto potencial para resultados positivos quanto ao ensino-aprendizagem. É o que demonstra o trabalho de pesquisa de mestrado do Leonardo Aguiar (2016) sobre a impressão 3D na educação. No seu trabalho é possível verificar que desde 2004, experimentos com impressão 3D tem sido realizados em escolas com professores e alunos, obtendo-se resultados positivos com diferentes disciplinas, cada uma com seus desafios em seus processos de ensino-aprendizagem.

A disciplina de Biologia, como qualquer outra disciplina, tem seus desafios quanto ao ensino-aprendizagem, e um deles, como já destacado em seções anteriores é voltado à Biologia celular, no que se refere à sua visualização tridimensional e entendimento das estruturas celulares, organelas e suas funcionalidades, pois são estruturas invisíveis a olho nu com tamanhos microscópicos (Basniak; Liziero, 2017).

Os conteúdos em Citologia são construídos basicamente a partir de investigações microscópicas e bioquímicas, sendo de difícil entendimento para os alunos que na maioria das vezes, possuem como recurso disponível para o seu processo de aprendizagem, imagens em livros, computadores ou em microscópio no laboratório de ciências da escola.

Nesse cenário, a impressão 3D pode contribuir, pois, através dela é possível imprimir representações celulares em formato tridimensional que auxiliem no processo de ensino-aprendizagem das estruturas celulares. Na Figura 11, é possível observar a representação de uma célula impressa em 3D, em um tamanho e dimensões que possibilitam ao aluno ver todas as suas peculiaridades.

Figura 11 — Célula impressa em 3D



Fonte: Thingiverse (2019)

Na seção 2.7 sobre Trabalhos Relacionados, é possível verificar 3 trabalhos que possuem outras imagens de itens impressos em 3D, que comprovaram impacto positivo quanto ao ensino-aprendizagem na disciplina de Biologia.

Quando o aluno tem acesso a representações de células impressas em 3D como mostrado na Figura 8, seu aprendizado torna-se mais fácil porque ele terá contato com modelos palpáveis que ele pode inclusive montar e desmontar. Além de facilitar a compreensão e a memorização daquele conteúdo, pois o aluno aprende: 10% quando lê; 20% quando ouve; 30% quando observa; 50% quando vê e ouve; 70% quando discute com outros; 80% quando faz e 95% quando ensina aos outros (GLASSER, 2001).

2.6 Aprendizagem baseada em projetos (ABP)

A metodologia ativa ABP tem como principal característica "utilizar projetos como foco central de ensino em uma diversidade de disciplinas" (Bacich; Moran, 2018, p. 15).

Importante destacar que aprendizagem baseada em projetos difere da metodologia ativa de aprendizagem baseada em problemas, porque a aprendizagem baseada em problemas tem como

[..] foco a pesquisa em diversas causas possíveis para um problema, por exemplo: uma inflamação no joelho, enquanto na aprendizagem baseada em projetos procura-se uma solução específica, exemplo: construir uma ponte (Bacich; Moran, 2018, p. 16).

Já aprendizagem baseada em projeto (ABP) não foca na causa de um problema, mas na sua solução. Atualmente ela possui muitos conceitos diferentes do seu período inicial de aplicação, sofrendo influência da tecnologia. Essa, no que lhe concerne, cumpre uma tarefa decisiva na APB porque quase sempre os projetos desenvolvidos com essa metodologia utilizam as tecnologias de ensino disponíveis (Bender, 2014).

A ABP é uma forma eficaz de envolver os alunos com o conteúdo de uma disciplina, assim os alunos não são apenas parte do projeto: eles decidem qual projeto desenvolver para em seguida executá-lo. O professor tem um papel fundamental na ABP, pois age como um mediador e orientador enquanto precisa conduzir as equipes, os alunos, até o encerramento do projeto.

Na ABP tudo começa com um problema ou uma questão, mas essa questão ou problema precisa ser desafiador, por isso não pode ter uma resposta fácil e precisa estimular a imaginação, a movimentação e a pesquisa por parte dos alunos.

A aprendizagem baseada em projetos (ABP) é uma das mais eficazes formas disponíveis de envolver os alunos com o conteúdo de aprendizagem e, por essa razão, é recomendada por muitos líderes educacionais como uma das melhores práticas da atualidade. A ABP é um formato de ensino empolgante e inovador, no qual os alunos selecionam muitos aspectos de sua tarefa e são motivados por problemas do mundo real que podem, e em muitos casos irão, contribuir para a sua comunidade (Bender, 2014, p. 15).

Para utilizar a ABP é importante conhecer alguns dos seus principais termos. Assim os professores obterão um aprendizado eficaz à medida que vão adotando aplicações dessa metodologia (Figura 12).

Figura 12 — Principais termos da ABP

- **Âncora:** como o próprio nome sugere é como uma âncora mesmo, uma base de onde vão surgir as perguntas, ela serve para respaldar o ensino e preparar o cenário para o projeto. Pode ser artigo de jornal, vídeo ou um problema atual;
- **Artefatos:** são itens desenvolvidos ao longo da execução do projeto, que sejam soluções ou parte da solução, para o problema. Podem ser vídeos, podcasts, websites, poemas, músicas, canto, relatórios, apresentações, entre outros, que ilustrem o conteúdo. Em resumo um artefato pode ser qualquer coisa que o projeto necessite.
- **Desempenho autêntico:** Refere-se a aprendizagem que resulta dos projetos que devem ser originados do mundo real.
- **Brainstorming:** É um dos melhores momento da ABP, é quando os alunos precisam produzir o máximo de ideias para a solução de tarefas do projeto, sem descartar inicialmente nenhuma delas, por causa disso, há necessidade que os alunos entendam o que é essa ferramenta brainstorming e como deve funcionar na prática.
- **Questão motriz:** É a questão chave do projeto, que vai fornecer todas as tarefas e metas que serão declaradas para o projeto, deve ser explicada de maneira clara e ser altamente motivadora, os alunos precisam encontrar significado e importância nela, para que sejam despertados a executarem o projeto;
- **Aprendizagem expedicionária:** São atividades de fato exploratórias, para serem realizadas fisicamente, mas no cenário em que o mundo vive uma pandemia, é naturalmente possível a adaptação e pensar em estratégias de expedição virtual para ambientes que estejam diretamente ligados com o projeto;
- **Voz e escolha do aluno:** os alunos precisam ter algum poder de decisão sobre qual será a escolha do projeto e qual será questão fundamental;
- **Web 2.0:** os alunos precisam ser incentivados a usarem e a desenvolverem artefatos digitais mas de forma colaborativa.

Fonte: Bender (2014, p. 14)

Para ficar mais claro o entendimento de como funciona a metodologia, o Figura 13 contém um projeto de ABP sobre o crescimento das plantas para o ensino de Biologia.

Figura 13 — Projeto de ABP sobre o crescimento de plantas

Um exemplo preliminar de ABP

Âncora: Como as plantas crescem?
As turmas do 3º ano de nossa escola de ensino fundamental estão fazendo uma apresentação de 1 hora para todas as turmas da educação infantil até o 3º ano, com o intuito de celebrar a chegada da primavera. Várias turmas estudarão diferentes aspectos da estação, e a nossa turma terá de fazer uma demonstração de 15 minutos sobre como as plantas crescem na primavera. Um vídeo da apresentação inteira, incluindo a nossa, será disponibilizado no website da escola para os pais e a comunidade.

Questões motrizes: Informações que precisamos encontrar
Como podemos apresentar a vida de uma planta e a importância das mudanças que acontecem na primavera?

Tarefas a serem cumpridas:
Os estudantes trabalharão em grupos para cumprir diversas tarefas:

1. Identificar e descrever os estágios da vida de uma planta. Quantas são? Como esses estágios da vida são definidos?
2. Qual é a aparência das plantas nos diversos estágios? Obtenha imagens de vídeos que mostrem os estágios.
3. O que acontece nos diversos estágios? Como podemos mostrar isso?

Os estudantes precisarão obter acesso:

1. Computadores com Microsoft Office, PowerPoint, Excel ou outra planilha eletrônica, vídeos e câmeras.
2. Websites com informações sobre a vida das plantas.

Artefatos previstos

1. Um resumo de uma página para cada estágio do ciclo de vida da planta, ilustrado por imagens ou vídeo mostrando o estágio respectivo.
2. Um vídeo em tempo acelerado do crescimento da planta (obtenha-o na internet, se for possível).
3. Uma apresentação organizada, incluindo apresentação(ões) em PowerPoint ou em vídeo que resuma(m) os estágios da vida da planta.

Fonte: Bender (2014, p. 27)

O exemplo de projeto de ABP do Quadro 8 também serve para destacar que não há um tempo definido igual para todos os projetos. Cada um tem seu tempo determinado de trabalho, que conforme a complexidade podem exigir mais ou menos tempo para execução. O projeto apresentado acima tem um tempo de execução curto, mas ainda assim é possível proporcionar um aprendizado eficaz.

Para que os projetos de ABP tenham um aprendizado aceitável mesmo com tempo de execução curto ou longo é imprescindível que o professor crie grupos heterogêneos para a execução do projeto. Não se pode esperar um aprendizado eficaz quando um grupo é formado somente com os alunos que entendam bem de

uma mesma disciplina, como de Matemática e outro grupo somente com alunos que entendam bem Português (Bender, 2014).

A ABP recomenda que grupos devam ser formados com integrantes que possuam habilidades diferentes. Por exemplo, em um grupo precisa haver um aluno que leia e se expresse bem, outro que saiba usar bem as tecnologias, outro que não leia tão bem, mas escreva bem e seja organizado. Além disso, é preciso identificar um aluno que tenha habilidades para liderar. Com um grupo formado, sob esta distribuição, há a possibilidade de se utilizar a metodologia para obter bons níveis de aprendizado.

2.7 Trabalhos relacionados

A tecnologia de impressão 3D também está avançando para área de ensino de Biologia, porém a literatura que fala sobre o assunto ainda é pouca. Após realizar pesquisa sobre o tema nos principais portais de busca de estudos científicos, 13 trabalhos foram encontrados, porém, apenas 4 serão diretamente demonstrados nesta dissertação por possuírem relação direta com o tema desta pesquisa.

Dentre os trabalhos publicados, há o de Aguiar (2016), já citado em seções anteriores, ele relatou resultados de uma pesquisa empírica sobre a utilização da tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de Ciências. O autor propôs um processo prático executado através de uma oficina.

O processo consistiu em 6 etapas distintas: identificação das necessidades de ensino por meio da seleção de conteúdos e conceitos científicos; desenvolvimento do plano de construção do instrumento didático desejado; elaboração de rascunhos considerando as dimensões físicas do objeto a ser construído; modelagem 3D do objeto utilizando softwares de desenho ou buscando por modelos prontos; preparação e impressão do modelo 3D; utilização e avaliação do objeto real gerado.

Aguiar concluiu que para se realizar o uso dessa tecnologia é preciso que o professor desenvolva novas habilidades, como: planejar a construção de objetos considerando restrições técnicas das impressoras 3D; aprender a desenhar em softwares de modelagem 3D; preparar o modelo 3D para que a impressora 3D o construa (etapa denominada fatiamento); aprender a utilizar recursos informacionais

para compartilhar e reutilizar modelos 3D de instrumentos didáticos criado por outras pessoas.

Outro estudo importante foi desenvolvido por Fernanda Santos (MELO, 2016) que pesquisou diretamente o uso da fabricação digital no ensino-aprendizagem da Biologia Celular. A autora realizou a criação de um modelo de célula vegetal denominada 3D *Plant Cell*, onde a parede celular e a base da mesma foram obtidas por projetos de tecnologia, empregando-se equipamento de impressora 3D. Associado a isso, neste trabalho foram desenvolvidos dois produtos em formato de três planos de aula para apresentação dos materiais criados para alunos e professores.

Para Melo (2016), as tecnologias de fabricação digital vêm tendo uma ascendência e aderência crescente no mundo da educação por sua facilidade de prototipagem e realização dos projetos, porém ainda se faz necessário um processo de aprendizagem para desenvolver as habilidades e competências necessárias para utilização das impressoras 3D, aprender os diferentes processos, software, aplicativos e máquinas, são essenciais para desenvolver um material de qualidade.

Já o estudo realizado por Basniak e Liziero (2017) foi desenvolvido após eles estudarem sobre impressora 3D e softwares como AutoCAD para criarem os modelos de objetos em 3D. Eles acrescentaram um diferencial em sua pesquisa, pois primeiramente pesquisaram quais representações em 3D podiam contribuir com as aulas de Biologia, Química e Física do Ensino Superior e do Ensino Médio.

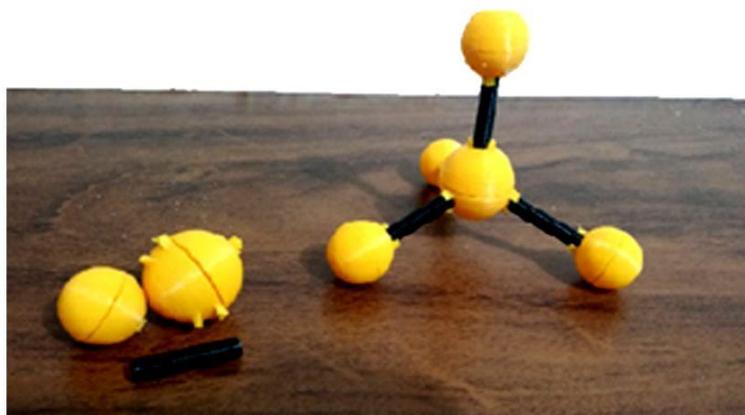
A partir da solicitação dos professores, desenvolveram três modelos: a representação macro da dupla fita de DNA (Figura 14), a representação da ligação tetraédrica do átomo de carbono (Figura 15) com os átomos de hidrogênio e alguns sólidos geométricos. Isso ocorreu no primeiro ano do estudo.

Figura 14 — Representação macro do filamento de DNA



Fonte: Basniak e Liziero (2017, p. 14)

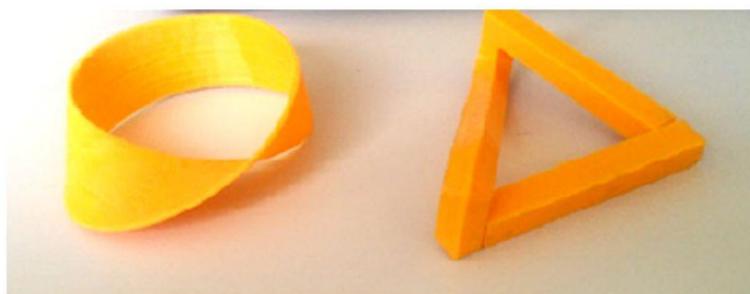
Figura 15 — Representação da ligação química do carbono



Fonte: Basniak e Liziero (2017, p. 15)

No segundo ano, desenvolveram a representação da Faixa de Möbius e do Triângulo de Penrose (Figura 16). Eles pediram avaliação dos professores que receberam os modelos impressos, no primeiro e no segundo ano do estudo, sobre a qualidade do modelo 3D e sugestões de melhoria. Em ambos os anos, os professores avaliaram positivamente as representações em 3D e o professor que solicitou modelo de DNA em 3D afirmou que a representação macro da molécula de DNA, permite que os alunos entendam e visualizem a conformação em espiral da dupla fita, o arranjo dos átomos e grupamento das ligações químicas envolvidas (Basniak; Liziero, 2017)

Figura 16 — Faixa de Möbius e Triângulo de Penrose



Fonte: Basniak e Liziero (2017, p. 14)

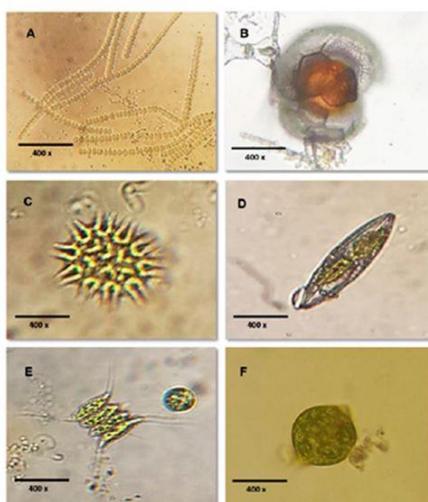
No quarto estudo selecionado de Palaio, Almeida e Patreze (2018), o foco estava na construção de modelos didáticos para impressão em 3D de microalgas para o ensino de Ciências. Eles primeiramente, fizeram a seleção das estruturas vegetais e dos microrganismos pela coleta de materiais que estavam no lago do Jardim Didático e Evolutivo da UNIRIO⁵. Eles tiraram 500ml de água desse local, foi centrifugada, de modo a concentrar os microrganismos e o excesso de água foi descartado. Depois colocaram uma gota de água concentrada em uma lâmina para observação ao microscópio óptico.

⁵O Jardim Didático e Evolutivo da UNIRIO, foi criado em 2010, como um projeto de extensão universitária, fica localizado na área em frente ao prédio do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS) da UNIRIO, localizado no bairro Urca (RJ).

Cada microrganismo escolhido possui características que deram motivação a criação dos modelos tridimensionais, priorizando evidenciar algumas estruturas que não são claramente observáveis em microscopia óptica, para assim obter melhor percepção e tato (Palaio; Almeida; Patreze, 2018, p. 73).

Eles selecionaram e imprimiram sete modelos de microrganismos fotossintetizantes, relacionados a seguir (Figura 17): a) *Dolichospermum sp*; b) *Peridinium cinctum*; c) *Pediastrum duplex*; d) *Pennales sp*; e) *Scenedesmus quadricauda*; f) *Euglena gracilis*.

Figura 17 — Imagens dos microrganismos sob microscópio óptico



Fonte: Palaio, Almeida e Patreze (2018, p. 4)

Assim, ficou demonstrado por eles que "o uso da impressão 3D no desenvolvimento de modelos didáticos é um método bastante eficaz para fornecer o apoio ao conteúdo presente nos materiais de estudo tradicionais"(Palaio; Almeida; Patreze, 2018, p. 73). Além disso, eles destacaram como fator positivo a durabilidade do material impresso (PLA) por ter origem de fontes renováveis e ser biodegradável, sendo mais resistente contra quedas e mais seguro do que materiais tradicionais, como gesso, argila ou massa de modelar. Outro ponto positivo destacado é

[...] a capacidade de detalhamento devido à sua precisão, pois cada camada de material dos modelos produzidos pela CUBE 2 possui 0,25 mm de espessura, o que permite criar modelos com estruturas mais detalhadas.

Adicionalmente, uma das maiores vantagens da impressão 3D na criação dos modelos didáticos é sua capacidade de distribuição e sua facilidade de produção; já que os modelos feitos a partir da prototipagem rápida podem ser obtidos apenas com a aquisição do modelo em seu formato digital, que pode ser enviado pela internet, e simples operação dos softwares envolvidos. Dessa forma, os modelos podem ser obtidos por qualquer pessoa em qualquer lugar, e ainda podem ser criadas várias cópias idênticas do mesmo modelo, facilitando ainda mais sua distribuição e seu uso em larga escala (Palaio; Almeida; Patreze, 2018, p. 11).

A partir dos trabalhos apresentados acima é possível perceber algumas contribuições da utilização da impressora 3D na educação, em especial na disciplina de Biologia. Estes trabalhos serviram como base para o desenvolvimento desta pesquisa que contribui para com o ensino-aprendizagem de citologia, especificamente no conteúdo de estruturas celulares, através da disponibilização de um curso virtual de impressão 3D voltado para professores de Biologia.

3 METODOLOGIA

3.1 Opção pela pesquisa

Essa pesquisa tem como metodologia a abordagem qualitativa e quantitativa. Para Marconi e Lakatos (2019, p. 323) "uma pesquisa qualitativa pressupõe o estabelecimento de um ou mais objetivos, a seleção de informações e a realização de pesquisa de campo". Por conta da pandemia de Covid-19 e consequentemente por conta das medidas de distanciamento social, essa etapa tradicional conhecida como pesquisa de campo, no momento, não pôde ser realizada de forma presencial, exigindo assim a realização por meio digital.

Na abordagem qualitativa, esta pesquisa se baseia na pesquisa exploratória, que se caracteriza por buscar encontrar intuições e ideias, com a finalidade principal de se adquirir com o fenômeno pesquisado maior familiaridade mesmo quando o pesquisador já possui conhecimento sobre o assunto (COOK; SELTZER; WRIGHTSMAN, 1987).

Segundo o autor Gil (1999) em relação aos outros tipos de pesquisa, essa destaca-se por apresentar menor rigidez no seu planejamento, essa flexibilidade permite ao pesquisador ter uma visão geral acerca de determinado fato.

Quanto à abordagem quantitativa, de acordo com Silva e Simon (2005) deve ser utilizada quando existir um problema bem definido com informações e teorias suficientes a respeito do objeto de estudo, ou seja, a abordagem quantitativa deve ser empregada quando há conhecimento das qualidades e controle daquilo que será estudado.

3.2 Local da pesquisa

A pesquisa aconteceu no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Amazonas - IFAM, Campus Manaus Distrito Industrial - CMDI, situado na Av. Gov. Danilo de Matos Areosa, nº.1975, Distrito Industrial, Manaus – AM.

Antes de aplicar a pesquisa foi solicitada autorização ao diretor-geral do IFAM/CMDI através da carta de anuência (APÊNDICE A) para que os alunos e professores pudessem participar da pesquisa.

3.3 Público-alvo

A pesquisa foi aplicada com 60 alunos do 1º ano dos cursos Técnicos de Nível Médio em Mecatrônica e Eletrônica na Forma Integrada do IFAM/CMDI e com a professora de Biologia destas turmas.

Os alunos participantes precisaram assinar o Termo de Assentimento de Livre e Esclarecimento (APÊNDICE B) e os seus responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE C), assim, seus responsáveis tomaram ciência da pesquisa e dos procedimentos utilizados durante o processo, assim como os possíveis benefícios e riscos na participação.

3.4 Planejamento da sequência a ser seguida na pesquisa

Quadro 4 — Planejamento das atividades desta pesquisa

ETAPAS	ATIVIDADE	OBJETIVO	RECURSOS
I	Levantamento Bibliográfico	Pesquisar as literaturas e trabalhos relacionados com a finalidade de contextualização e de fundamentação teórica.	Livros, E-book, Artigos e dissertações digitais.
II	Diagnóstico de professores de Biologia (inicial)	Identificar as dificuldades dos professores de Biologia em relação a impressão em 3D.	Questionário eletrônico
III	Desenvolvimento do produto, consistindo no curso de impressão 3D	Contribuir para o ensino e aprendizagem de Biologia	Impressora 3D, Filamentos, Software de Impressão 3D, Computador, Câmera. Plataforma digital para inserção dos vídeos e arquivos do curso.
IV	Validação digital junto a professores de Ciências Biológicas	Verificar se o curso está adequado ao tema proposto de citologia.	Questionários eletrônicos
V	Aplicação digital do curso aos professores de Biologia	Aplicar o curso aos professores de Biologia do Ensino Médio, observando as possíveis dificuldades que eles poderão ter.	Computador com acesso a internet, disponibilização do link do curso na plataforma de cursos do IFAM.
VI	Avaliação eletrônica do curso	Aplicar aos professores que participaram do curso, para obtenção de feedback.	Questionários eletrônicos
VII	Diagnóstico final e Avaliação da aprendizagem dos professores.	Verificar qual contribuição o curso proporcionou ao ensino de Biologia e o que os professores conseguiram absorver.	Teste eletrônico

Fonte: O autor (2021)

Acima consta o Quadro 4 contendo o planejamento estabelecido para trabalhar cada etapa da metodologia.

3.5 Análise Documental

As ementas curriculares do curso Técnico de Nível Médio em Mecatrônica e Eletrônica na forma Integrada, foram analisados, de modo a verificar em qual ano os conteúdos de Citologia da disciplina de Biologia, são desenvolvidos e quais recursos são utilizados para o ensino-aprendizagem do referido conteúdo.

Figura 18 — Ementa: Biologia - 1º ano - Ensino Médio

EMENTA CURRICULAR
1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO TÉCNICO INTEGRADO IFAM/CMDI
Cursos: MECATRÔNICA ELETRÔNICA
Disciplina: Biologia
Carga Horária (CH) Anual: 80 CH Teórica: 64 CH Prática: 16 CH Semanal: 02
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO
1. Introdução ao estudo da biologia. 2. Evolução da Vida: teorias da evolução. 3. Evidências da evolução. 4. Ecologia: Fundamentos da Ecologia. Energia e matéria na Biosfera. Ciclos Biogeoquímicos. Dinâmica das comunidades biológicas. 5. Humanidade e meio ambiente. 6. Saúde e bem-estar: saúde do adolescente, tecnologias e hábitos saudáveis. 7. Bioquímica. 8. Citologia: envoltórios celulares, citoplasma, núcleo. 9. Processos metabólicos.
BIBLIOGRAFIA BÁSICA
AGUILAR, João Batista. Biologia, 1ª Série: ensino médio / João Batista Aguilár, André Catani, Fernando Santiago. – São Paulo :Edições SM, 2009. – (Coleção ser protagonista) LOPES, Sônia. Biologia : volume 1 / Sônia Lopes; Sérgio Rosso. – 2. ed. – São Paulo: Saraiva, 2010. SILVIO JÚNIOR, César da. Biologia : volume 1 / César da Silva Júnior, Sezar Sasson, Nelson Caldini Júnior. – 9. ed. – São Paulo : Saraiva, 2011.
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR
GEWANDSZNAJDER, Fernando e CAPOZZOLI, Ulisses. ORIGEM E HISTÓRIA DA VIDA. 12º ed; 2º imp; São Paulo; Ática; 2005; 48p SALEM, Sônia, ÁGUA. São Paulo; 2006; 64p GEWANDSZNAJDER, Fernando. NUTRIÇÃO. São Paulo; 2005. AMABIS, José Mariano. Biologia das células / José Mariano Amabis, Gilberto Rodrigues Martho. – 2. ed. – São Paulo: Moderna, 2004. Volume 1. SILVIO JÚNIOR, César da. Biologia : volume 1 / César da Silva Júnior, Sezar Sasson, Nelson Caldini Júnior. – 9. ed. – São Paulo : Saraiva, 2011.

Fonte: IFAM (2021)

Ao ser analisado especificamente o conteúdo de Citologia (Figura 18), verificou-se que ela é trabalhada no 1º ano do Ensino Médio Integrado, nos cursos de Mecatrônica e Eletrônica.

O componente curricular de Biologia no 1ª ano do Ensino Médio Integrado, possui uma carga horária anual igual para ambos os cursos, de 80 horas, sendo 64 horas de aula teórica e 16 de aula prática. O conteúdo de Citologia é dividido em: envoltórios celulares, citoplasma, núcleo.

Todos esses componentes citados acima estão agrupados na Figura 13, que contém também a bibliografia básica e complementar empregada na disciplina de Biologia, no curso Técnico Integrado em Mecatrônica e Eletrônica do 1º ano do Ensino Médio, do IFAM/CMDI.

3.6 Levantamento Bibliográfico

Durante toda a pesquisa, foi feito um levantamento bibliográfico para aprimoramento e embasamento melhor da fundamentação teórica, por: livros, artigos, revistas, dissertações, de cunho científico, em formato impressos e/ou digitais sobre os temas: o ensino de Citologia, dificuldades e recursos usados no seu ensino, impressão 3D e seus principais momentos históricos e como a impressão 3D tem sido usado para o ensino-aprendizagem dessa temática.

3.7 Diagnóstico dos Professores

Para a obtenção de dados foi aplicado um questionário digital para os professores, de acordo com Marconi e Lakatos (2021, p. 147) o "questionário é um instrumento de coleta de dados constituído por uma série ordenada de perguntas", pode ser composto por perguntas abertas, fechadas e mistas, algumas das vantagens descrita pelos autores é a economia de tempo e a possibilidade de atingir mais pessoas.

Os dados a serem coletados por meio do questionário eletrônico foram solicitados ao todo para dez professores (dois do IFAM/CMDI e oito de outras escolas públicas e privadas), de modo a obter informações importantes para o desenvolvimento da pesquisa.

O questionário eletrônico para professores conteve 15 questões mistas (Quadro 5) e pretendia-se identificar o nível de formação dos professores de

Biologia, quais recursos didáticos eles utilizam em suas aulas, se eles já utilizaram em sala de aula algum recurso pedagógico impresso por uma impressora 3D, se sabiam usar uma impressora 3D, quais as principais dificuldades deles no ensino de Citologia e como gostariam de usar a impressão 3D para auxiliar no ensino-aprendizagem de Citologia.

Quadro 5 — Questionário para professores

Questionário para os Professores

<p>1. Nome Completo:</p> <p>2. Qual seu nível de formação acadêmica <input type="checkbox"/> Superior cursando <input type="checkbox"/> Superior concluído <input type="checkbox"/> Pós-graduação concluída</p> <p>3. Qual disciplina você leciona?</p> <p>4. Marque abaixo quais recursos didáticos você costuma usar nas aulas de Biologia? <input type="checkbox"/> Livros didáticos impressos e digitais <input type="checkbox"/> Livros paradidáticos <input type="checkbox"/> Data show <input type="checkbox"/> Vídeos online e gravados <input type="checkbox"/> Computador <input type="checkbox"/> Laboratório <input type="checkbox"/> Jogos didáticos <input type="checkbox"/> Textos <input type="checkbox"/> Quadro e pincel <input type="checkbox"/> Carolina, emborrachado e pincéis <input type="checkbox"/> Maquete <input type="checkbox"/> Tintas e massa de modelar <input type="checkbox"/> Outros</p> <p>5. Você já utilizou algum item impresso em impressora 3D em sala de aula? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Às vezes</p> <p>5.1 Caso já tenha usado, qual foi o item utilizado que você mesmo imprimiu ou recebeu impresso?</p> <p>6. Você sabe como uma Impressão 3D pode lhe auxiliar no ensino de citologia? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p> <p>7. Sobre impressão 3D, o que você gostaria: <input type="checkbox"/> Fazer um curso de impressão, para aprender a imprimir seus próprios itens para lhe auxiliar no ensino de citologia</p>	<p><input type="checkbox"/> Receber um kit pronto pra usar <input type="checkbox"/> Que os alunos aprendessem a usar a impressora</p> <p>8. Quais as principais dificuldades que os alunos demonstram no aprendizado de citologia?</p> <p>9. Qual conteúdo específico de citologia você encontra dificuldade em lecionar?</p> <p>10. Você gosta de lecionar citologia? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Alguns</p> <p>11. Qual seu grau de afinidade com os conteúdos de citologia? <input type="checkbox"/> Gosta <input type="checkbox"/> Gosta pouco <input type="checkbox"/> Gosta muito <input type="checkbox"/> Não gosta</p> <p>12. Você acredita que a impressora 3D pode contribuir no processo de ensino / aprendizagem? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Às vezes Comente: _____</p> <p>13. Quais dificuldades teria para usar recursos impressos em 3D em sala de aula?</p> <p>14. Qual conteúdo específico de citologia você tem mais facilidade para ensinar?</p> <p>15. Caso ainda não tenha lecionado nenhuma aula de citologia, por favor, comente o motivo. _____</p>
---	--

Fonte: O autor (2021)

3.8 Diagnóstico dos Alunos

Os alunos também receberam um questionário eletrônico com 15 questões (Quadro 11), visando coletar dados sobre os recursos didáticos que mais eles usavam em sala de aula, se já usaram em sala de aula algum recurso pedagógico proveniente de impressora 3D, se sabiam usar uma impressora 3D, quais as principais dificuldades no aprendizado de Citologia, qual a relevância dessa temática para eles e como gostariam de usar a impressão 3D para auxiliar no seu aprendizado de Citologia.

3.9 Construção do Recurso Didático: Curso virtual de Impressão 3D

O produto desta pesquisa consiste em um curso virtual sobre impressão 3D para ensinar professores e alunos de Biologia a usarem uma impressora 3D para poderem imprimir seus próprios recursos didáticos, como uma célula em 3D que auxilie no ensino-aprendizagem de Citologia, especificamente o conteúdo sobre estrutura celulares para alunos do 1º ano do Ensino Médio.

Primeiramente, verificou-se quais e como são confeccionados os recursos didáticos que os professores utilizam para o ensino-aprendizagem da temática. Em seguida, foi possível identificar que eles utilizam diversos materiais para construir uma célula de forma tridimensional, como: isopor, tesoura, gel, massinha de modelar, tintas, pincéis, emborrachado, cartolina, entre outros.

A partir da identificação do esforço manual dos professores de Biologia em juntar diversos materiais para apresentarem uma célula em formato tridimensional, pensou-se no curso de impressão 3D, voltados para ensinar esses professores a usarem uma impressora 3D, de modo a imprimirem seus próprios recursos pedagógicos.

O desenvolvimento do curso baseou-se também nas informações coletadas dos alunos, que participaram das validações do curso. Essa etapa foi importante, pois os alunos são parte fundamental nesse processo, apesar de o objetivo principal ser o auxílio aos professores com um recurso didático eficaz, impresso de forma mais rápida e tecnológica, o aluno é parte integrante do objetivo principal desta pesquisa, afinal é ele quem vai receber todo o conteúdo e também utilizará o recurso didático elaborado pelo professor.

3.9.1 Validação inicial do curso

Foi desenvolvido um protótipo do curso virtual de impressão 3D para validação inicial do produto desta pesquisa. Esse protótipo foi elaborada logo após a primeira onda da pandemia de Covid-19 em Manaus-AM no ano de 2020, sendo elaborado em julho e aplicado em agosto do mesmo ano. Nesse período, o IFAM/CMDI começou a montar um laboratório *Maker* e adquiriu algumas impressoras 3D.

Por se tratar de um protótipo para validação inicial do curso virtual pensou-se em especificamente em ensinar como usar uma Impressora 3D para alunos e professores de Biologia do IFAM/CMDI.

No entanto, como a primeira onda de Covid-19 estava arrefecendo, mas a taxa de transmissão ainda estava alta, foi decidido ampliar a oferta dessa validação do curso para professores e alunos de qualquer disciplina, pertencentes ou não ao IFAM/CMDI. Porque, quantos mais alunos e professores aprendessem a utilizar uma impressora 3D maior seria a contribuição deles, ainda que indiretamente, para a diminuição da taxa de transmissão quando produzissem itens impressos em 3D, como o extensor de máscara de proteção individual contra a Covid-19, que ensinei a fazer no curso.

Nesse período não era comum encontrar máscara de tecido de proteção individual com extensor (um material que evita que o elástico da máscara machuque a orelha do usuário), por isso a ideia de ensinar a imprimir este material no curso. Assim, pensando também nessa questão foi desenvolvido e aplicado de forma virtual a validação inicial do protótipo do curso.

A seguir constam as etapas de desenvolvimento desse protótipo para validação inicial do curso virtual sobre impressão 3D:

- a) Planejamento da metodologia;
- b) Gravação dos vídeos e disponibilização de apostila;
- c) Realização de uma pesquisa a partir de um questionário eletrônico, com os alunos, de modo a obter o nível de satisfação dos mesmos e avaliar se eles tiveram algum ganho de conhecimento quanto ao curso aplicado.

A gravação dos 4 (quatro) vídeos no IFAM/CMDI foram disponibilizados no canal do YouTube deste autor e divididos nos seguintes temas:

- a) Teoria e software;
- b) Montagem de impressora;
- c) Nivelamento;
- d) Retirada da peça impressa.

3.9.2 Gravação dos vídeos da validação inicial do curso

A impressora 3D utilizada nesta validação inicial foi o modelo Ender 3 da empresa Creality, conforme a Figura 19. Esse modelo específico conta com o aquecimento da superfície de impressão que pode chegar a 90 graus Celsius e possui um painel de controle independente, com o qual pode ser feita toda a configuração de impressão.

Figura 19 — Impressora 3D do IFAM/CMDI



Fonte: O autor (2020)

O curso foi gravado no laboratório *Maker* do IFAM/CMDI (Figura 20) e em seguida foi disponibilizada no canal deste autor na plataforma do YouTube. Este espaço *Maker* foi destinado para o Ensino Médio Técnico e Superior, com a finalidade de expandir as práticas da Cultura *Maker* aos alunos destes cursos.

Como nessa validação inicial também foi ensinado como imprimir em 3D um extensor de máscara de proteção individual (Figura 21), foi possível mostrar aos participantes como no contexto educacional a impressão 3D pode contribuir inclusive

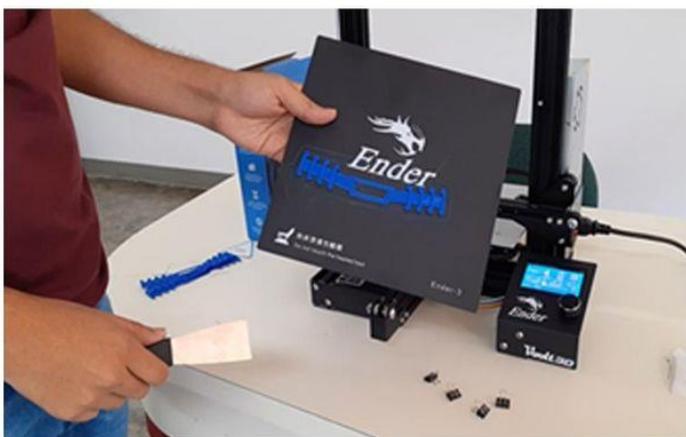
com resolução de problemas comuns, não só para as instituições escolares, mas comuns às comunidades em volta das escolas.

Figura 20 — Montagem da Impressora 3D do IFAM/CMDI



Fonte: O autor (2020)

Figura 21 — Extensor de máscara de proteção individual



Fonte: O autor (2020)

Na Figura 22 é possível ver uma demonstração de como se utiliza o extensor em uma máscara de proteção individual.

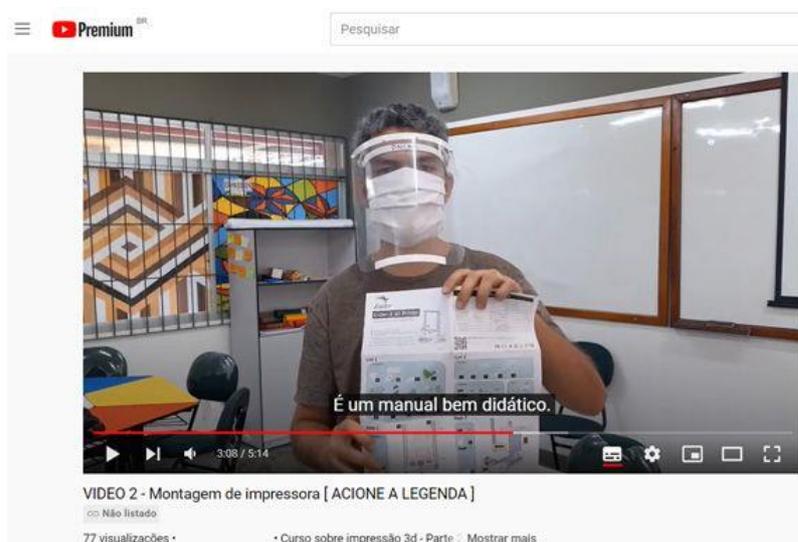
Figura 22 — Uso do extensor de máscara de proteção individual



Fonte: O autor (2020)

Os conteúdos dos vídeos (Figura 23) foram planejados para oferecer entendimento inicial sobre os fundamentos da impressão 3D e para que os participantes fossem estimulados a explorarem suas capacidades criativas.

Figura 23 — Validação inicial



Fonte: O autor (2020)

3.9.3 Avaliação inicial

Além dos quatro vídeos produzidos, foi elaborado e aplicado um questionário eletrônico com perguntas abertas e fechadas, para avaliar a aprendizagem sobre alguns conceitos técnicos de impressão 3D e para avaliar outros aspectos do curso oferecido.

As inscrições para validação inicial do protótipo do curso virtual, eram feitas através de um questionário criado na ferramenta digital Formulário do Google (*Google Forms*). Após receber as inscrições era enviado para cada inscrito os *links* dos vídeos do curso e posteriormente o *link* dos questionários para avaliar a aprendizagem dos participantes.

A análise desses dados coletados dos questionários, estão no capítulo 4 Análise e Discussão de Resultados.

3.10 Desenvolvimento e aplicação do Curso de Extensão

A ideia inicial não era oferecer um curso de extensão no formato presencial sobre impressão 3D. Esse era para ser o momento da validação final (intervenção) do curso virtual somente para o público-alvo desta pesquisa, como já citado, composto por alunos do IFAM/CMDI que estão cursando o 1º ano do Nível Médio Integrado em Mecatrônica e Eletrônica e pela professora atual de Biologia destes cursos, Ana Machado.

Então, criei um formulário de inscrição digital dessa que seria a validação final (intervenção) desta pesquisa e enviei à prof. Ana Machado e para o Prof. Vitor Bremgartner, para ser reencaminhado aos seus alunos. Contudo, após o envio do link de inscrição houve um compartilhamento espontâneo dele, o que gerou uma alta procura pelo curso e em menos de 48 horas já havia um total de 138 pessoas inscritas (Apêndice F).

Contudo, desses 138 inscritos, apenas 10 faziam parte diretamente do público-alvo da pesquisa, incluindo a prof.^a Ana Machado, ou seja, a maior parte era de alunos e professores de outras disciplinas e de outras séries do IFAM/CMDI, mas também

havia professores e alunos do IFAM/CMC⁶, do IFAM da cidade de Maués e de outras instituições públicas e privadas de Manaus.

Assim, eu e o orientador desta pesquisa, prof. Dr. Vitor Bremgartner, decidimos que a validação final conhecida como intervenção, sendo de aplicação direta com o público-alvo, seria feita em um momento posterior e que esse curso em formato presencial seria um curso de extensão.

Para tanto, realizei o preenchimento do formulário do curso de extensão do IFAM/CMDI, enviei-o preenchido (Apêndice H) para o prof. Vitor e ele encaminhou ao setor responsável do curso de extensão para seguirem com a oficialização do registro do mesmo.

Após isso, foi distribuído a quantidade dos 138 inscritos em 6 turmas, em turno matutino (09h as 12h) e vespertino (13h as 16h), aos sábados, nos dias 18 e 25 de setembro e em 9 de outubro. Foi encaminhado por e-mail para cada integrante das turmas a data e turno específico de realização do curso.

3.10.1 Aplicação e avaliação do curso de extensão

O curso para essas 6 turmas como dito, foi aplicado no laboratório *Maker* do IFAM/CMDI. Na turma 1 (matutino) do dia 18/09 compareceram 7 pessoas, na turma 2 (vespertino) foram 6, na 3 (matutino) do dia 25/09 compareceram 15, na 4 (vespertino) foram 15, na 5 (matutino) do dia 9/10 compareceram 15 pessoas, na 6 (vespertino) foram 14, totalizando 72 participações.

Os professores, eram 3 do IFAM/CMDI, 4 do IFAM/CMC, 2 do IFAM/MAUÉS e 3 de outras instituições públicas e 3 de instituições privadas. Os alunos, 22 eram do IFAM/CMDI, 22 do IFAM/CMC, 02 do IFAM/MAUÉS, 07 de outras instituições públicas e 4 de instituições privadas.

Inicialmente com cada turma era entregue a lista de presença para colocarem: nome, e-mail, telefone e identificação se eram professores ou alunos. A partir dessas listas, foi possível identificar que dos 138 inscritos, 72 pessoas compareceram e desse total, 72 pessoas efetivamente estiveram presentes, 15 eram professores e 57 eram alunos.

⁶IFAM/CMC é a sigla para Instituto Federal do Amazonas/Campus Manaus Centro

Após eles assinarem a lista de presença (Apêndice J), era feita uma breve apresentação sobre mim e depois pedia que cada um se apresentasse brevemente. Em seguida, começava a aula sobre impressão 3D.

O tempo total de aula eram de 3 (três) horas, esse tempo ficou dividido da seguinte forma: 1:30h de aula teórica e 1:30h de prática, abordando os seguintes temas:

- 1) O que é uma impressora 3D;
- 2) Como funciona;
- 3) O que é possível imprimir em 3D;
- 4) Qual o custo de uma impressão 3D;
- 5) Quais os principais materiais utilizados na impressão 3D;
- 6) Novidades na impressão 3D;
- 7) Como usar a impressão 3D para o ensino e aprendizagem de Citologia.

Antes de abordar cada tema fazia perguntas sobre se eles conheciam algo relativo aquele tema, com isso foi possível notar como a maioria não tinha conhecimento sobre impressão 3D. Na parte prática trabalhava a temática: 7) Como usar a impressão 3D para o ensino e aprendizagem de Citologia.

No laboratório *Maker* têm 2 impressoras 3D da marca Ender3, são as impressoras 3D mais fáceis de utilizar, por isso dividia a turma em 2 grupos e os ensinava como imprimir uma célula vegetal em 3D. Para uso da impressora 3D, foi utilizado um notebook com acesso à rede de internet, um cartão de dados micro SD e Filamentos PLA. Os cartões SD, Filamentos PLA e o notebook, eram meus e os cedia para o uso deles durante a parte prática. As impressoras 3D eram do laboratório *Maker*.

Apresentei aos participantes as células vegetais que imprimi antecipadamente, a partir daí, explicava como e onde se pode buscar arquivos de células para impressão em 3D e que software em formato on-line e off-line podem ser usados. Depois, cada grupo fazia sua busca, aprendia sobre os softwares de configuração e sobre como imprimir utilizando uma impressora 3D.

Durante a impressão havia sempre muitas perguntas e era perceptível o interesse deles em aprender a usar uma impressora 3D. Gostaram bastante da aula, inclusive a prof.^a Ana Machado, participante direta do público-alvo da pesquisa, que

esteve presente (Figura 20), destacou que a aula foi um primeiro contato dela com a impressão 3D. Os demais ressaltaram ser novidade para eles também e ficaram impressionados com as possibilidades de uso como recurso pedagógico dos itens impressos em 3D.

A seguir constam alguns registros fotográficos das turmas 1, 2, 3, 4 e 6, desse curso de extensão que seria inicialmente a validação final (intervenção) do curso, representados respectivamente nas Figuras 24 a 29.

Figura 24 — Dia 18/09/21 - Turma 1 - Participação da Prof.^a Ana (em pé)



Fonte: O autor (2021)

Figura 25 — Dia 18/09/21 - Turma 2 – Laboratório Maker



Fonte: O autor (2021)

Figura 26 — Dia 25/09/21 - Turma 3 – Laboratório Maker



Fonte: O autor (2022)

Figura 27 — Dia 25/09 - Turma 4 – Laboratório Maker



Fonte: O autor (2022)

Figura 28 — Dia 09/10/21 - Turma 5 – Laboratório Maker



Fonte: O autor (2022)

Figura 29 — Dia 09/10 - Turma 6 – Laboratório Maker



Fonte: O autor (2022)

A lista de presença referente à essas 6 turmas do curso de extensão aos sábados, consta no Apêndice J.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A seguir será apresentado as análises dos resultados da validação inicial do curso virtual, realizada no ano de 2020.

4.1 Análise dos resultados da validação inicial do curso

Foi realizada uma avaliação quali-quantitativa da validação inicial do curso virtual de 3D através um questionário eletrônico (Quadro 6), criado na ferramenta *Google Forms* (Formulário do Google) contendo 14 questões. O *link* do questionário estava na descrição do quarto vídeo. Ao todo 60 alunos responderam o questionário e 2 professores de Biologia.

Quadro 6 — Questionário - Validação inicial do curso virtual

	Questões
1ª	Qual o seu nível de formação? () Fundamental () Médio () Superior () Outros
2ª	Você é: () Professor? () Técnico? () Aluno? () Outros
3ª	Se você pertence a alguma instituição, indique qual. Se nenhuma, digite Nenhuma.
4ª	Qual o seu nível de experiência com Impressão 3D antes da oficina? () Nenhuma () Pouca () Moderada () Bastante
5ª	Qual a temperatura ideal final do pré-aquecimento do PLA na cama e na extrusora?
6ª	Qual a função de um fatiador 3d?
7ª	O que é o PLA e quais suas características?
8ª	Em uma escala de 0 a 10, quais as possibilidades de recomendar esta oficina para um amigo ou colega?
9ª	Em uma escala de 0 a 5, como avalia a qualidade dos vídeos?
10ª	As informações lhe ajudaram a compreender mais sobre impressão 3d? () Sim () Não
11ª	O que foi mais interessante neste treinamento?
12ª	O que foi mais difícil neste treinamento?
13ª	Depois desse treinamento, qual seu nível de interesse sobre o universo de impressão 3D? () Estou mais interessado (a) e quero ter a oportunidade de praticar presencialmente, assim que for possível () Gostei do assunto, mas não pretendo me aprofundar no tema () Não gostei do assunto e não pretendo me aprofundar no tema
14ª	Comentários adicionais (sugestões, elogios, dúvidas) para nossa oficina

Fonte: O autor (2020)

As questões foram feitas para serem respondidas de forma objetiva e subjetivamente, de maneira que o participante tivesse a oportunidade de expor suas ideias e opiniões.

Na Tabela 1, estão as perguntas e respostas sobre:

- o nível de formação escolar dos participantes;
- identificação se são alunos ou não;
- identificação se pertencem a alguma instituição de ensino;
- identificação do nível de experiência dos participantes com impressão

3D.

Tabela 1 — Nível de formação e experiência com o tema: impressão 3D

Q1 Qual seu nível de formação?	Q2 Você é:	Q3 Se você pertence a alguma instituição, indique qual. Se nenhuma, digite Nenhuma	Q4 Qual o seu nível de experiência com Impressão 3D antes da oficina?
44% - estão no Nível Médio	91% são Alunos	91,6% pertencem ao IFAM	84% informaram ter nenhuma experiência
40% - estão no Nível Técnico	8,3% outros	4,2% Uninorte	12% pouca experiência
16% - Outros		4,2% Nenhuma instituição	4% moderada experiência

Fonte: O autor (2020)

O objetivo das perguntas que constam na Tabela 1 era conhecer os níveis de formação dos participantes, as entidades das quais pertenciam e o nível de conhecimento sobre o tema de impressão 3D. Dessas respostas nota-se que a maioria, 95%, dos participantes eram alunos e professores do IFAM/CMDI e apenas 5% eram alunos de universidades particulares, sendo que a maioria deles, 84%, não tinha nenhuma experiência com o uso de impressão 3D.

Na Tabela 2 a seguir, estão as respostas e perguntas sobre:

- a temperatura ideal do PLA na cama e na extrusora;
- a função do software de fatiamento;
- características de insumos para impressão em 3D.

Tabela 2 — Taxa de acerto e erros do teste (validação inicial do curso)

	Q5 Qual a temperatura ideal final do pré-aquecimento do PLA na cama e na extrusora?	Q6 Qual a função de um fatiador 3d?	Q7 O que é o PLA e quais suas características?
Taxas de acerto	82,4%	87,1%	87,1%
Taxas de erro	17,6%	12,9%	12,9%

Fonte: O autor (2020)

Houve um número de respostas corretas acima de 80%, permitindo concluir que eles conseguiram captar as informações repassadas nos vídeos do curso. Além dos vídeos, os participantes também tiveram acesso a uma apostila com mais detalhes sobre conteúdo repassado nos vídeos.

A Tabela 3 contém perguntas e respostas sobre:

- o que era mais interessante no curso;
- o que estava mais difícil e
- comentários adicionais.

Tabela 3 — Nível de interesse pelo tema após participação no curso

Q8 Em uma escala de 0 a 10, quais as possibilidades de recomendar este treinamento pra um amigo ou colega?	Q9 Em uma escala de 0 a 5, como avalia a qualidade dos vídeos?	Q10 As informações lhe ajudaram a compreender mais sobre impressão 3d?	Q11 O que foi mais interessante neste treinamento?
56% - recomendaram em nível 10	72% avaliaram em nível 5	95,8% responderam SIM	90% a praticidade e a possibilidade de conhecer a impressora 3d
40% - recomendaram entre os níveis 7, 8 e 9	20% avaliaram em nível 4	4,2% responderam NÃO	5% a parte da teoria
4% - recomendaram em nível 1	8% avaliaram em nível 3 e 2	-	5% Tudo

Fonte: O autor (2020)

Conforme as respostas que constam na tabela 3 é possível visualizar os aspectos de dificuldade encontrados no curso, bem como o nível de participantes interessados no tema e outros comentários adicionais feitos pelos participantes.

Na tabela 4 abaixo é possível identificar que o tema sobre instalação e montagem da impressora foi considerado o mais difícil, e 80% dos participantes disseram que estão mais interessados em conhecer sobre essa tecnologia mesmo após conclusão do curso.

Tabela 4 — Avaliação da estrutura do curso (validação inicial)

	Q12 O que foi mais difícil neste treinamento?	Q13 Depois desse treinamento, qual seu nível de interesse sobre o universo de impressão 3D?	Q14 Comentários adicionais (sugestões, elogios, dúvidas) para nossa oficina?
Principais respostas	Procedimentos de instalação e montagem	80% estão mais interessados no tema	Uso do software antes da impressão

Fonte: O autor (2020)

Todos os participantes incluindo os dois professores consideraram importante aprender a imprimir em 3D itens que servem não somente para auxiliar o ensino-aprendizagem mas também para outras necessidades da comunidade externa à escola, como o extensor de máscara de proteção contra a Covid-19.

Na etapa final dessa validação do curso virtual, no último vídeo onde era falado sobre como usar a impressão 3D para o ensino e aprendizagem de Citologia, todos os participantes, alunos e os professores, conheceram um site internacional com arquivos em 3D voltados para a área da educação, eles foram instruídos como encontrar os arquivos de Biologia.

No campo de comentário adicionais do questionário também constam os relatos dos professores de Biologia, ficaram surpresos positivamente com as possibilidades de se usar a impressão 3D no auxílio do ensino-aprendizagem de Citologia, especificamente sobre estrutura celular. Também relataram como é o processo de construção manual de células e como gastam tempo nisso, afirmaram que utilizam muito emborrachado, tesoura e outros materiais e há inclusive perdas desses materiais porque eles precisam fazer vários recortes.

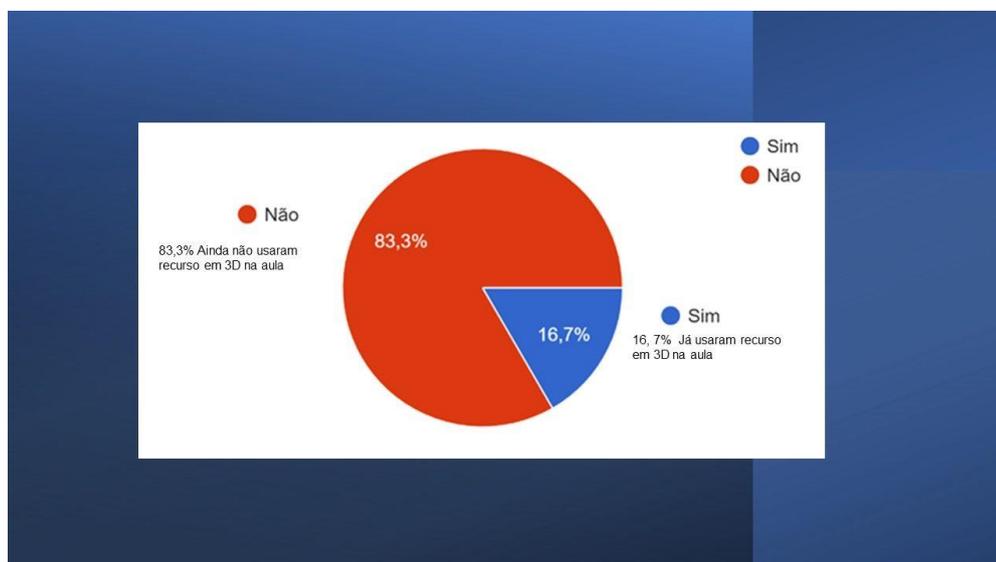
4.2 Análise do diagnóstico dos professores

Antes que fosse desenvolvido a versão final do curso digital na Escola Virtual do IFAM na plataforma digital Moodle, foi aplicado um questionário para 6 professores

de Biologia, da cidade de Manaus. O questionário digital continha perguntas sobre os principais conteúdos de Biologia abordados em sala de aula, as principais dificuldades encontradas para ministrar os conteúdos, os equipamentos tecnológicos utilizados, assim como a percepção acerca da relevância do uso da impressão 3D no ensino de Biologia.

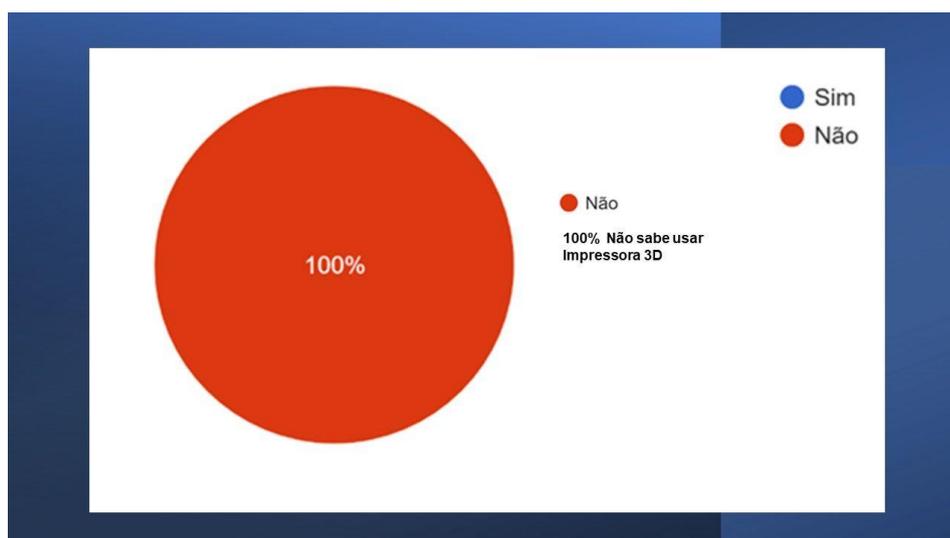
Com base nos dados coletados foi possível notar que todos os professores já usam recursos didáticos em sala de aula. Quando perguntados sobre o uso de algum item feito em impressão 3D em sala de aula (Figura 30), 5 professores (83,3% da amostra) afirmaram ter utilizado, enquanto 1 professor (16,7%) ainda não. Sobre o conhecimento dos professores quanto a operacionalização de uma impressora 3D (Figura 31), 100% deles afirmaram não ter nenhum conhecimento sobre como imprimir utilizando essa categoria de tecnologia.

Figura 30 — Uso de recurso impresso em 3D nas aulas de Biologia



Fonte: O autor (2021)

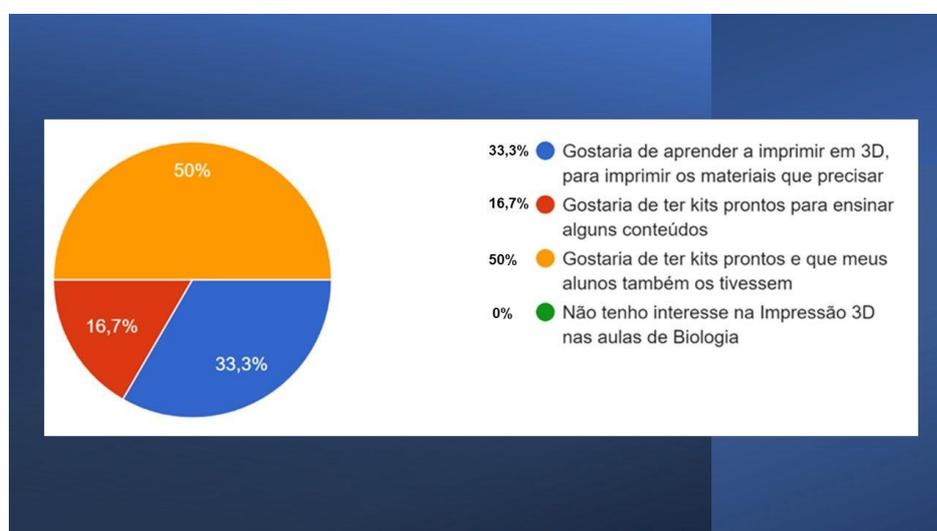
Figura 31 — Você sabe como usar uma Impressora



Fonte: O autor (2021)

A Figura 32 a seguir apresenta as respostas sobre como os professores gostariam de usar uma impressora 3D, também demonstra o interesse dos professores em conhecer mais sobre o uso de impressão 3D. Nota-se também que 50% dos professores gostariam de ter *kits* prontos e que seus alunos também tivessem, 16,7% gostariam de ter *kits* prontos para ensinar alguns conteúdos e 33,3% de aprender a imprimir em 3D.

Figura 32 — Como gostaria de usar uma impressora 3D



Fonte: O autor (2021)

Uma das informações interessantes coletadas refere-se ao segmento de interesse dos professores. Ao serem questionados sobre qual área da Biologia eles gostariam que fossem direcionadas soluções envolvendo impressão 3D, 89% dos participantes responderam: a subárea de Citologia.

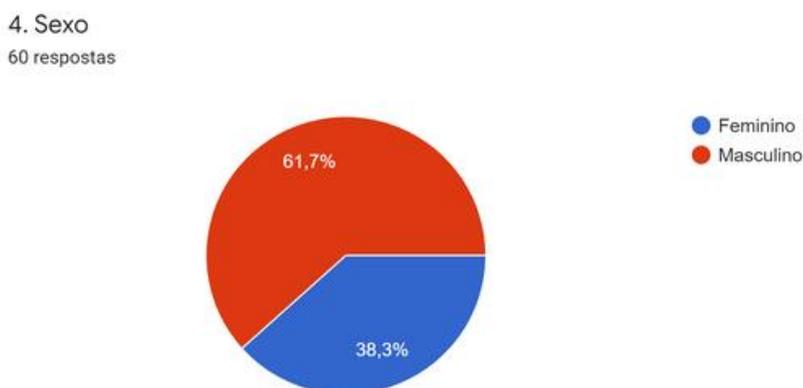
4.3 Análise do diagnóstico dos alunos

Nesta seção consta a análise do questionário aplicado aos alunos que fazem parte do público-alvo desta pesquisa, que cursam o 1º ano do Ensino Médio Integrado em Mecatrônica e Eletrônica do IFAM/CMDI.

O diagnóstico dos alunos como demonstrado na seção metodologia é composto por perguntas mistas. Foi respondido por 60 alunos que estavam presente no dia da aplicação do questionário. Destes, 55% eram do curso de Mecatrônica e 45% eram do curso de Eletrônica. A maioria dos alunos apresenta idade entre 15 e 16 anos e apenas 3 possuem 17 anos.

Interessante notar na Figura 33 que a maioria dos alunos dos cursos de Mecatrônica e Eletrônica são do sexo masculino, um total de 61,7% e apenas 38,3% são do sexo feminino.

Figura 33 — Quantidade de participantes por sexo masculino e feminino



Fonte: O autor (2021)

Após conhecer aspectos gerais dessas turmas o questionário seguia com perguntas voltadas para a temática da pesquisa. A pergunta 5 (Figura 34) era sobre quais recursos didáticos são utilizados pelos professores de Biologia. Como a pesquisa foi aplicada em um momento posterior ao pico da pandemia de covid-19 em 2021, os alunos apontaram o vídeo gravado ou on-line, como sendo um dos principais recursos didático utilizado, totalizando 73,3%. Outros recursos didáticos também bastante utilizados são: laboratório com 71,7%; computador com 53,3%; textos com 45% e livro didático com 43%.

Pode-se notar que em vezes consideravelmente menor que os recursos acima citados, mas ainda utilizados, são as maquetes, tintas e massa de modelar.

Figura 34 — Recursos didáticos utilizados pelo professor(a) de Biologia.



Fonte: O autor (2021)

A pergunta 6 e 7 se parecem, mas não são iguais. A pergunta 6 era sobre se algum professor já utilizou recursos impressos em 3D com os alunos e a pergunta 7 era sobre se os alunos sabiam como a impressão 3D pode ajudar uma aula de Biologia.

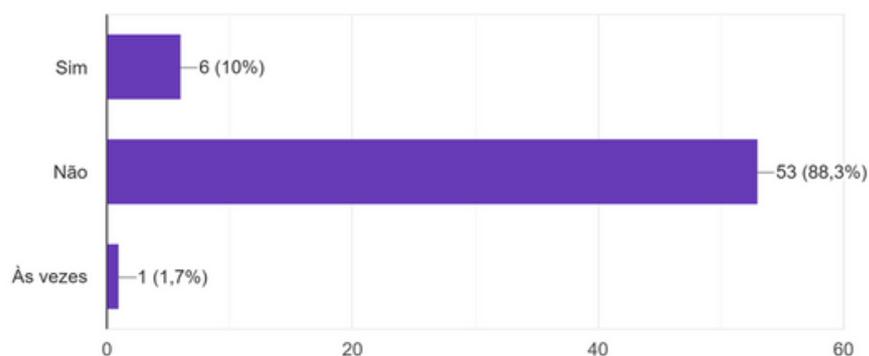
A maioria dos alunos, 88,3%, afirmou que não viu ainda um professor utilizar um recurso impresso 3D em sala de aula e conforme Figura 35 e na Figura 36 é

possível ver que 53,3%, a maioria, não sabem como a impressão 3D pode contribuir com o aprendizado de Biologia.

Figura 35 — Já utilizou recursos de Impressora 3D

6. Algum professor(a) já utilizou recursos impressos em Impressora 3D em uma aula que você participou?

60 respostas

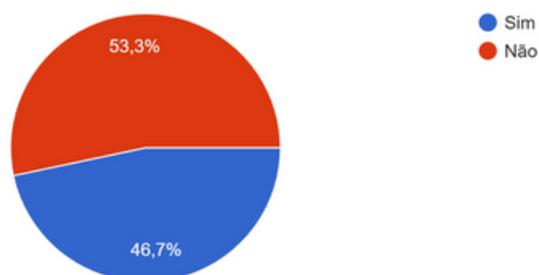


Fonte: O autor (2021)

Figura 36 — Como usar a Impressão 3D na aula de Biologia

7. Você sabe como uma Impressão 3D, pode ser usada para contribuir no seu aprendizado de Biologia?

60 respostas



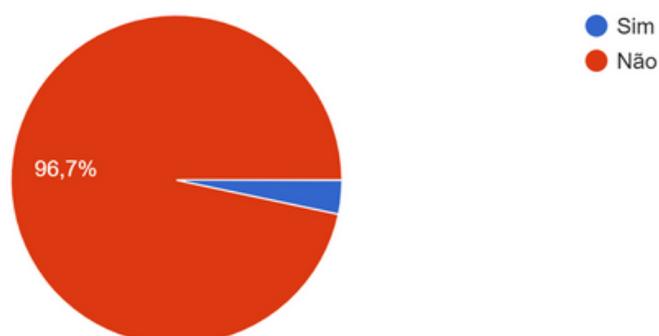
Fonte: O autor (2021)

Quando perguntado (Figura 37) sobre se os alunos sabem usar uma Impressora 3D, 96,7% responderam que não sabem, ou seja, é um percentual expressivo, a maioria dos alunos não sabe como usar uma Impressora 3D. Isso explica a curiosidade deles na validação inicial e final.

Figura 37 — Você sabe usar uma Impressora 3D

8. Você sabe usar uma Impressora 3D?

60 respostas



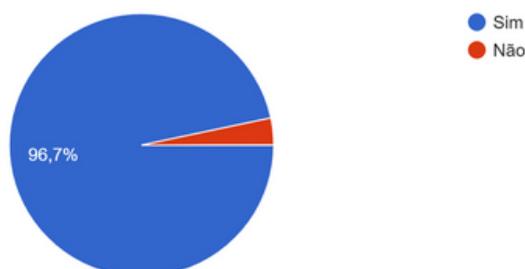
Fonte: O autor (2021)

Quando perguntado sobre a possível facilidade no aprendizado com a utilização de impressão 3D no ensino da Biologia (Figura 38), mais de 90% dos alunos, informaram que acreditam no benefício do uso desse recurso.

Figura 38 — Aprendendo Citologia usando itens impressos em 3D

9. Você acredita que teria mais facilidade de aprender Biologia se o professor(a) utilizasse recursos impressos em 3D

60 respostas



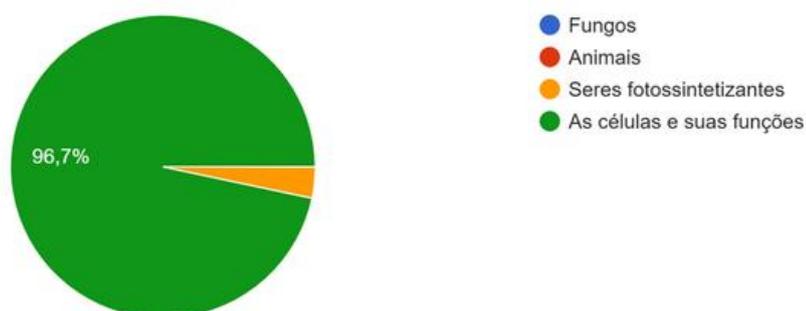
Fonte: O autor (2021)

A pergunta 10 era sobre qual conteúdo a Citologia estuda, a maioria 96,7%, respondeu certo: as células e suas funções (Figura 39).

Na Figura 40 constam as respostas à pergunta sobre como eles gostariam que uma impressora 3D os auxiliasse no aprendizado deles em Citologia. É importante destacar como a maioria, 71,7%, responderam que gostariam de aprender usar uma impressora 3D e apenas 23,3% gostariam que fossem adquiridos os itens prontos.

Figura 39 — Que área da Biologia a Citologia estuda?

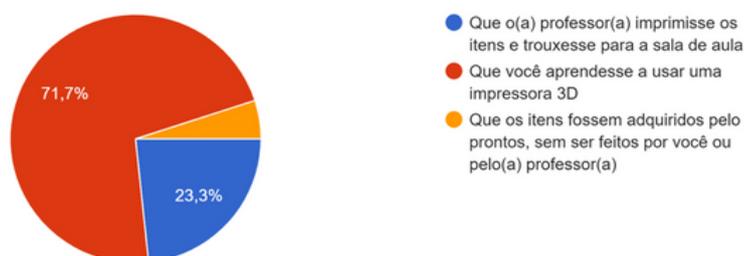
10. A Citologia é uma área da Biologia que estuda:
60 respostas



Fonte: O autor (2021)

Figura 40 — Uso da Impressora 3D em Citologia?

11. Em relação ao fato de que uma Impressora 3D pode imprimir itens que auxiliem o seu aprendizado de Citologia, o que gostaria?
60 respostas

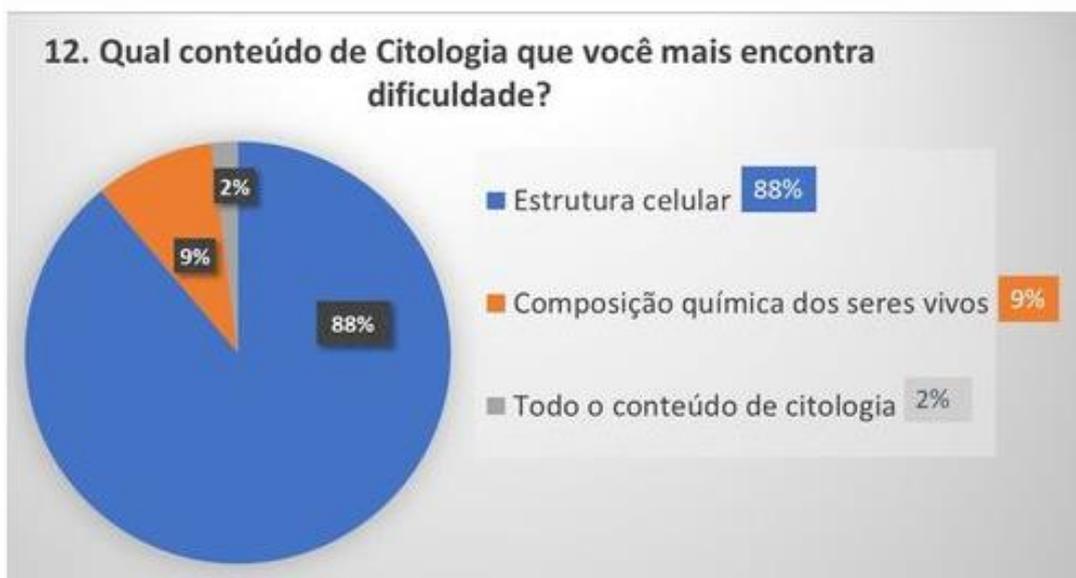


Fonte: O autor (2021)

A pergunta 41 era sobre qual conteúdo específico de Citologia eles encontram mais dificuldade e ficou confirmado pelo público-alvo desta pesquisa que a maioria, 88% (Figura 36), considera sua maior dificuldade o aprendizado do conteúdo sobre

estrutura celular, sendo exatamente o assunto que o produto educacional desta pesquisa se propõe a auxiliar no ensino-aprendizagem.

Figura 41 — Citologia: qual conteúdo é mais difícil



Fonte: O autor (2022)

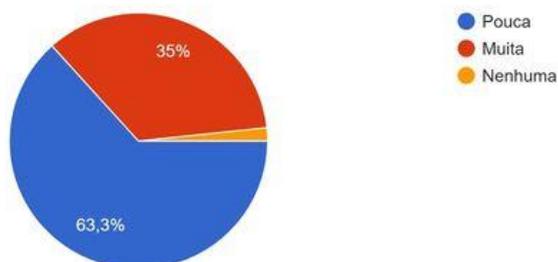
A pergunta 13 (Figura 42) era sobre o grau de dificuldade no sentido geral do conteúdo de Citologia, 63,3% disseram ter pouca dificuldade, 35% dizem ter muita e apenas 1,7% dizem ter facilidade.

Apesar de 63%, ou seja, a maioria dizer que tem pouca dificuldade e apenas 35% dizer ter muita dificuldade, quando esse percentual é levado, por exemplo, para o resultado de uma prova isso quer dizer que há probabilidade alta de 35% da turma não alcançar nota razoável para ser aprovado.

Assim, esse percentual de 35% de alunos que possuem muita dificuldade com o conteúdo de Citologia, sendo aparentemente baixo, na verdade, é alto no contexto de reprovação e não é satisfatório para o professor e tão pouco para a escola.

Figura 42 — Dificuldade (geral) no aprendizado de Citologia

13. Qual o seu grau de dificuldade de aprendizado quanto ao aprendizado de Citologia?
60 respostas

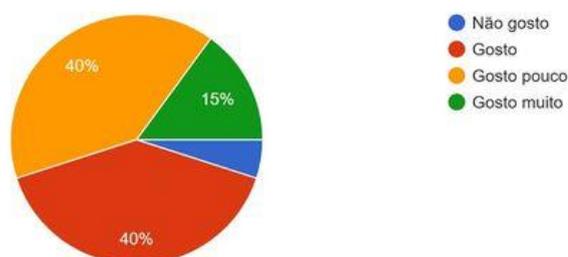


Fonte: O autor (2021)

Quando perguntado sobre a afinidade dos alunos com o conteúdo de Citologia (Figura 43), têm-se: 15% afirmando que gostam muito; 40% dizem que gostam, 40% afirmam gostar pouco e apenas 5% afirmam não gostar. Essa questão de afinidade pode está relacionada com a forma que os conteúdos são apresentados e preparados (BARBOSA et al., 2016).

Figura 43 — Afinidade com o conteúdo de Citologia

14. Qual a sua afinidade com o conteúdo de Citologia ?
60 respostas



Fonte: O autor (2022)

Na pergunta 15 sobre se os alunos consideravam importante estudar Citologia, 96,7%, a expressiva maioria, considera que sim é importante estudar Citologia (Figura 44). O que demonstra a consciência que eles possuem sobre a relevância dessa temática.

Comprovando assim também a importância desta pesquisa para o contexto educacional para referida temática.

Figura 44 — Importância de estudar Citologia

15. É importante estudar Citologia no ensino médio?
60 respostas



Fonte: O autor (2022)

4.4 Validação final (intervenção): aplicação do curso

A aplicação ou validação final do curso virtual ocorreu no formato presencial com o público-alvo desta pesquisa: as turmas do 1º ano do ensino médio do IFAM/CMDI, do curso Integrado em Mecatrônica e Eletrônica e com a professora de biologia Ana Machado.

Foi usado o laboratório *Maker* do IFAM/CMDI e também o laboratório de Ciências. Antes dessa aplicação, tive duas reuniões com a prof.^a Ana, a primeira para tratar sobre o plano de aula criado por mim denominado “ABP Compacta”, que consta no Apêndice I, e a segunda, para definir nova data para realização do curso, pois como ficou demonstrado nesta pesquisa (no tópico 3.10.1) aquele que seria o curso de

aplicação (intervenção) com o público-alvo transformou-se em um curso de extensão, visto que houve alta procura pelo mesmo.

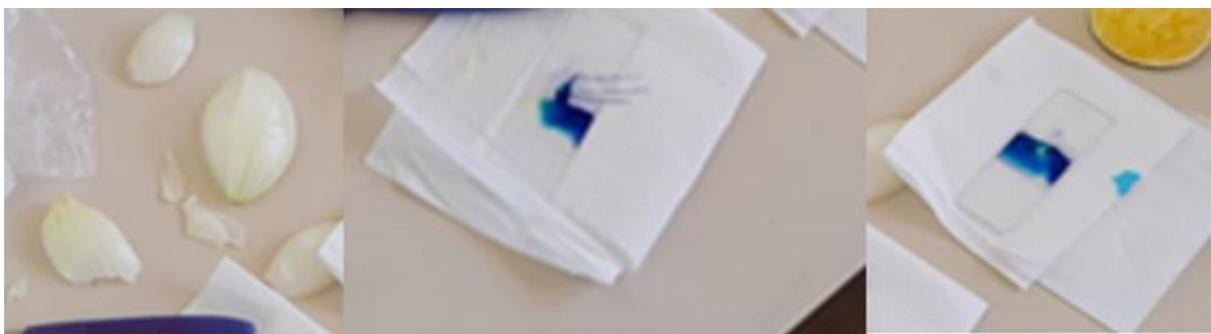
A primeira parte da “ABP Compacta” foi aplicada pela prof.^a no laboratório de Ciências e a segunda parte, foi aplicada por mim no laboratório *Maker* do IFAM/CMDI.

As duas turmas totalizaram 62 alunos sendo divididas em 5 equipes, quatro com 12 integrantes e um com 14 integrantes. A prof.^a Ana criou uma escala de horário para essas equipes estarem primeiramente no laboratório de Ciências e posteriormente no laboratório *Maker*.

No laboratório de Ciências a prof.^a Ana que possui formação acadêmica em Biologia aplicava a primeira parte da aula, onde explicava aos alunos sobre a estrutura de uma célula vegetal. Após isso, utilizando como item de investigação uma cebola, retirava uma de suas escamas e com uma pinça retirava a película fina que reveste essa escama.

Em seguida com uma lâmina (Figura 45) colocava um pingo de água com tintura de iodo, e depois, colocava a película da escama da cebola em uma lâmina, por último, cobria-a com outra do mesmo tamanho. Após esse procedimento levava até o microscópio e cada aluno era chamado para observar essa célula e fazer suas anotações.

Figura 45 — Laboratório de Ciências : materiais preparados pela prof.^a Ana



Fonte: O autor (2021)

Do laboratório de ciências do IFAM/CMDI, foram usadas para essas aulas 5 microscópios com cada equipe. A prof.^a Ana levou as cebolas e utilizou os outros materiais que já tinham no laboratório, como pinça, água e tintura de iodo. Após a

prof.^a trabalhar com cada equipe era o momento das equipes irem ao Laboratório *Maker*, onde eu estava.

Então, eu apresentava a tecnologia de tridimensionalidade, mas antes eu pedia para eles responderem o questionário de alunos que consta no tópico Diagnóstico dos Alunos. Começava as aulas após eles terem respondido ao questionário.

Entregava para cada equipe um roteiro do desafio, que havia preparado, esse documento tinha detalhes do passo a passo das atividades que eles precisariam realizar para cumprirem o desafio (projeto) proposto.

O conteúdo dessa validação final era o mesmo abordado com as turmas do curso de extensão. Durante esse momento, eles faziam muitas perguntas, tinham muita curiosidade sobre o tema.

Como parte do roteiro que criei “ABP Compacta” baseado na metodologia com Aprendizagem Baseada em Projetos, cada equipe sob minha orientação, precisava imprimir uma versão simplificada da célula vegetal em 3D, anotando o seu aprendizado durante esse processo. Após isso, eles precisavam gravar um vídeo, respondendo às perguntas que eles receberam no roteiro do desafio em que também constava orientações para gravação dos vídeos.

Não era necessário que todos integrantes gravassem o vídeo final, mas todos deveriam participar do desafio, para tanto era necessário preencher no roteiro do desafio a atividade que cada um iria executar.

Durante esse momento eles ficaram bastante eufóricos e nervosos, pois era um desafio novo: imprimir uma célula em 3D e gravar um vídeo explicando o que aprenderam no laboratório de ciências e também qual era o principal benefício de se estudar estruturas celulares com uma célula em 3D. No entanto, não possuíam muito tempo de preparo para fazer essa gravação, por isso, rapidamente eles procuravam um local para reunir suas equipes e seguir com as orientações que estavam no roteiro.

Após assistir os vídeos elaborados pelas 5 equipes foi possível identificar que 99% deles nunca tiveram contato com uma impressora 3D. Eles ficaram surpresos positivamente com o desafio ABP Compacta com 3D. Inclusive a maioria, queria saber quando teria novo curso e onde, pois queriam participar.

Além disso, todas as 5 equipes acharam melhor aprender citologia com uma célula em 3D, sem deixar de considerar a relevância do acesso ao microscópio, mas

para eles a experiência de poder tocar na estrutura da célula e ver de fato como são ajuda não somente na compreensão mas também para decorar as funções celulares.

Ainda segundo eles, foi impressionante ver uma célula vegetal em um tamanho maior e todas as suas camadas, porque para eles, como as células têm várias camadas não é tão simples identificar todas por um microscópio.

Também, conforme a prof.^a Ana na próxima aula que ela encontrou essas turmas o feedback deles foi extremamente positivo. Ela disse que eles ficaram ansiosos por esse curso desde o momento que ela anunciou que ocorreria e mesmo uma semana depois do curso, ainda falavam empolgados sobre todas as atividades que eles participaram no dia da validação final. Inclusive, o comentário deles foi tanto que os alunos da prof.^a Ana, das séries do 2º e 3º ano do Ensino Médio do IFAM/CMDI souberam do curso e perguntaram dela quando eles também teriam oportunidade de fazer essa mesma atividade que as turmas do 1º ano fizeram na validação final da minha pesquisa.

Assim, a prof.^a Ana considerou que a experiência foi satisfatória no sentido de proporcionar uma nova possibilidade de ensinar a sua disciplina de Biologia e que a proposta de “ABP Compacta” aplicada, permitiu que os alunos pudessem sair do laboratório de ciências e buscar novas formas de aprendizado, em um formato com desafios em equipe, o que é um dos requisitos da metodologia ABP. Inclusive, ela me solicitou as células que eu havia imprimido para ela poder utilizar com meu roteiro ABP Compacta, em suas futuras aulas de Citologia.

Abaixo seguem registros da validação final (intervenção) do curso no laboratório de Ciências e no laboratório *Maker*, sendo usado pelas 5 equipes das turmas do 1º ano dos cursos Técnicos na Forma Integrada em Mecatrônica e Eletrônica, conforme Figuras 46 a 48.

Figura 46 — Dia 14/10 – Equipe 1 e 2 com Prof.^a Ana Machado

Fonte: O autor (2021)

Figura 47 — Dia 14/10 – Laboratório de Ciências e Maker – Equipe 3 e 4



Fonte: O autor (2021)

Figura 48 — Dia 14/10 - Laboratório de Ciências e Maker - Equipe 5



Fonte: O autor (2021)

A seguir, capturas das telas dos vídeos das equipes 1,2,3,4 e 5, respectivamente nas Figuras 49 a 53.

Vale destacar que durante a atividade de aplicação, no momento em que as equipes se preparavam para gravar os vídeos, foi possível notar entre as suas discussões que eles compreendem a importância de aprender o conteúdo de Citologia, não só para o vestibular, mas para o entendimento e para soluções de doenças que fazem parte do dia-a-dia da sociedade.

Figura 49 — Dia 14/10 – Captura de tela do vídeo da Equipe 1



Fonte: O autor (2021)

Figura 50 — Dia 14/10 – Captura de tela do vídeo da Equipe 2



Fonte: O autor (2021)

Figura 51 — Dia 14/10 – Captura de tela do vídeo da Equipe 3



Fonte: O autor (2021)

Figura 52 — Dia 14/10 – Captura de tela do vídeo da Equipe 4



Fonte: O autor (2021)

Figura 53 — Dia 14/10 – Captura de tela do vídeo da Equipe 5



Fonte: O autor (2021)

Além dos comentários positivos acerca do aprendizado de estruturas celulares e de impressão 3D, as equipes foram unânimes em afirmar que estariam mais motivadas e interessadas nas aulas em que fossem usados recursos pedagógicos impressos em 3D e quando os professores propusessem desafios como o que eles estavam realizando naquele momento.

A equipe 5 acrescentou que esse recurso tecnológico produziria uma diferença considerável, para melhor, no aprendizado de alunos com deficiência visual, porque como disseram, se eles que enxergam já tiveram um impacto positivo e também uma experiência envolvente e empolgante, esse efeito, portanto, seria maximizado em alunos com deficiência visual.

Todos os vídeos das 5 equipes estão disponíveis para serem acessados pelos endereços eletrônicos, que estão descritos no Apêndice L.

4.5 Reestruturação do curso

Foram feitas modificações no produto da pesquisa com base nos dados obtidos da análise dos resultados abaixo relacionados:

- Validação inicial do curso virtual realizada em 2020;
- Curso de extensão desenvolvido e aplicado em 2021;
- Avaliação do diagnóstico dos professores;

- Avaliação do diagnóstico dos alunos e
- Validação final (intervenção) do curso.

Assim, foram realizadas as modificações nos seguintes tópicos:

- **Introdução do curso:** apresentação de aspectos introdutórios sobre Citologia para facilitação do entendimento do professor e do aluno, sem a necessidade inicial de consultar um livro didático.

- **Figuras:** inclusão de figuras de células procariontes e eucariontes para tornar o produto da pesquisa mais identificável com o tema do curso.

- **Plataforma do curso:** escolha da plataforma Escola Virtual Moodle do IFAM para garantir maior controle do aprendizado dos participantes do curso.

- **Qualidade da imagem e áudio:** melhora da qualidade do áudio e imagem dos vídeos do curso virtual.

Todas essas modificações podem ser observadas no tópico a seguir: produto educacional.

4.6 Produto educacional

A proposta do recurso tecnológico desta pesquisa é o curso virtual de impressão 3D para auxiliar professores de Biologia, no processo de ensino-aprendizagem de Citologia, especificamente, com o conteúdo de estruturas celulares. Foi desenvolvido e está disponível na plataforma virtual de aprendizagem do IFAM, chamada Moodle.

Essa plataforma é como uma sala de aula virtual para cursos à distância do IFAM, oferecidos gratuitamente. Nela, o aluno pode acompanhar atividades do curso pela internet de forma assíncrona, ter acesso, com uso de uma senha pessoal, aos cursos disponíveis na plataforma (IFAM, 2020).

Assim, no rol de cursos disponíveis na plataforma, o usuário pesquisa o nome do produto educacional desta pesquisa, a partir disso pode se inscrever nele e logo poderá acessar todo o material, podendo debater o tema em fóruns de discussão, tirar suas dúvidas via mensagens, entre outros recursos.

O curso já está estruturado na plataforma Moodle, é composto por:

1. Sete vídeos sobre impressão 3D;
2. Arquivo em PDF com apresentação introdutória sobre células;
3. Arquivos em PDF contendo todos conteúdos abordados nos vídeos;
4. Repositório digital com modelos de células para impressão em 3D;
5. Projeto de ABP com 3D e Citologia;
6. Validação virtual do aprendizado;
7. Certificado de conclusão do curso.

A seguir constam as descrições do processo de construção da versão final do produto educacional.

4.6.1 Curso virtual: Impressão 3D para alunos e professores de Biologia

Primeiramente, foram planejados e posteriormente gravados os vídeos, utilizando meus próprios recursos, como câmera, computador e impressora 3D (Figura 54).

Após gravar os vídeos realizava as edições dos mesmos, para tanto, também desenvolvi as artes para inserção nos vídeos. Completado esse processo realizava o *up-load* deles para o meu canal na plataforma do YouTube, deixando todos na forma de acesso privado.

Figura 54 — Vídeos gravados



Fonte: O autor (2022)

Após a conclusão dos vídeos, desenvolvi os arquivos em PDF para o curso (Figura 55) as apostilas, tanto para os assuntos de 3D como os de Citologia. São materiais auxiliares que complementam o aprendizado do conteúdo abordado nos vídeos, pois possuem informações mais detalhadas porque não era possível abordar completamente os assuntos nos vídeos, se não, ficariam com tempo muito longo, o que dificultaria tanto no *up-load* deles bem como na retenção da atenção dos participantes.

Figura 55 — Apostilas complementares aos vídeos



Fonte: O autor (2022)

Criei também as artes para os arquivos em PDF e para o curso em geral. Posteriormente, comecei o desenvolvimento do curso na plataforma Moodle. Primeiramente, o prof. Vitor, solicitou login e senha para ser criado em meu nome na plataforma, junto ao IFAM/CMDI, de modo que eu tivesse acesso às opções de configuração e criação de curso.

Então, criei o curso na plataforma, inseri os vídeos com seus respectivos arquivos em PDF e também todas as artes do curso. Criei o campo de avaliação de aprendizagem, de opinião sobre o curso e também o do Certificado de Conclusão, após ter criado a arte do mesmo.

O acesso inicia por meio do link <https://moodle.ifam.edu.br/escolavirtual> com a criação de *login* e senha de acesso. Após rotina de verificação, que se dá por confirmação de inscrição em *link* enviado ao *e-mail* do participante, o mesmo tem acesso ao curso.

A seguir, constam mais detalhes do produto educacional, bem como os *prints* das telas do curso.

Na Figura 56 consta a arte da capa, após a capa, há um banner virtual de boas-vindas e esclarecimento sobre o que é o curso (Figura 57).

Figura 56 — Arte de capa do curso



Fonte: O autor (2022)

Figura 57 — Tela inicial do curso



Fonte: O autor (2022)

A Figura 58 mostra a tela inicial do curso, com uma abordagem introdutória chamada Mundo das células e em seguida de uma explanação sobre os materiais necessários para utilizar a impressora 3D (módulo 1).

Figura 58 — Aula introdutória: mundo das células e Aula 1



Fonte: O autor (2022)

Na sequência há o conteúdo sobre o sistema de aquecimento da impressora 3D (módulo 3) e posteriormente o módulo 4 que fala sobre softwares necessários para o desenvolvimento de modelos e impressão, conforme Figura 59.

Figura 59 — Módulo 3 e 4



Fonte: O autor (2022)

No módulo 5 contém a parte prática de impressão, onde é demonstrado como imprimir utilizando uma impressora 3D, como funciona a alimentação do equipamento e seus comandos de preparação, aquecimento, extrusão e finalização do processo de impressão das peças (Figura 60).

Figura 60 — Vídeo sobre como imprimir uma célula

Módulo 5 - Como imprimir utilizando uma impressora 3D



Material Complementar - Aula 5

Fonte: O autor (2022)

No módulo 6 o conteúdo abordado é sobre manutenções necessárias na impressora 3D. O módulo 7 apresenta dois tópicos:

- O repositório digital com arquivos de células para serem impressos em 3D.
- O projeto que criei chamado ABP Compacta com 3D e Citologia, para os professores usarem em aulas práticas sobre a temática.

A seguir, constam mais detalhes desses dois tópicos do módulo 7.

4.6.1.1 Repositório digital de arquivos para impressão em 3D

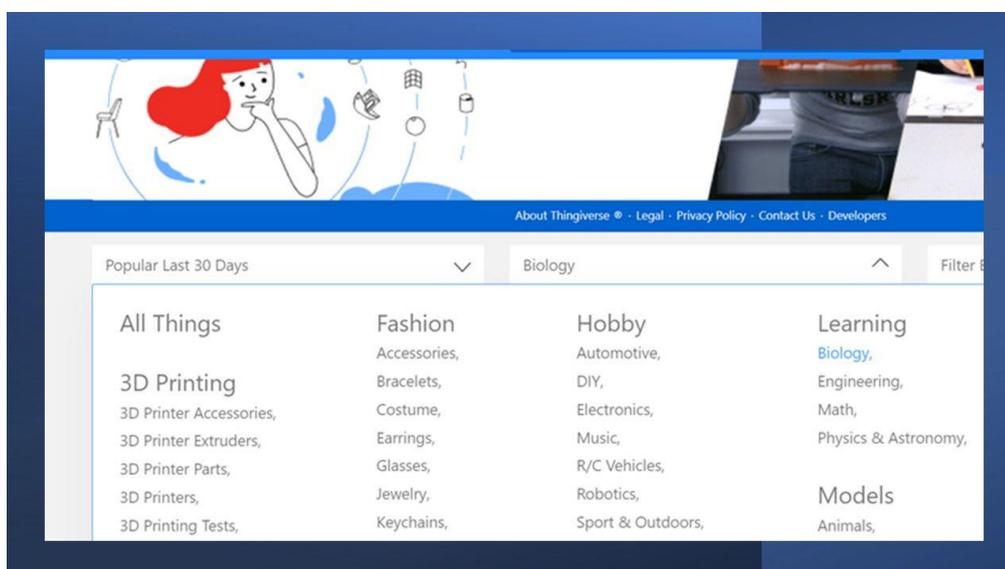
O repositório digital de arquivos de células em 3D, em extensão STL, que consta no curso virtual foi retirado do site *Thingiverse*.

O *Thingiverse* foi criado pela empresa *Makerbot*, fabricante de impressoras 3D, contém arquivos de objetos que podem ser utilizados no ensino. Os arquivos disponíveis nesse site apresentam grande diversidade de conceitos na área de Biologia, o que pode proporcionar mais variações de conteúdo em aulas práticas.

Ele tem funcionalidades que se assemelham a uma rede social, pois é possível haver interação, através de postagens de fotos dos objetos e de comentários, entre as pessoas que compartilham os modelos 3D e as que copiaram os arquivos e imprimiram. Além disso, todo o conteúdo é gratuito, inclusive, esse é um dos fundamentos da Cultura *Maker*, que incentiva o compartilhamento de saberes.

Os modelos 3D no site, são agrupados em seções e dentre elas, há uma seção intitulada “Learning” (aprendizado), que contém a subcategoria Biologia (Figura 61).

Figura 61 — Tela do site Thingiverse, aberto na categoria “Learning”



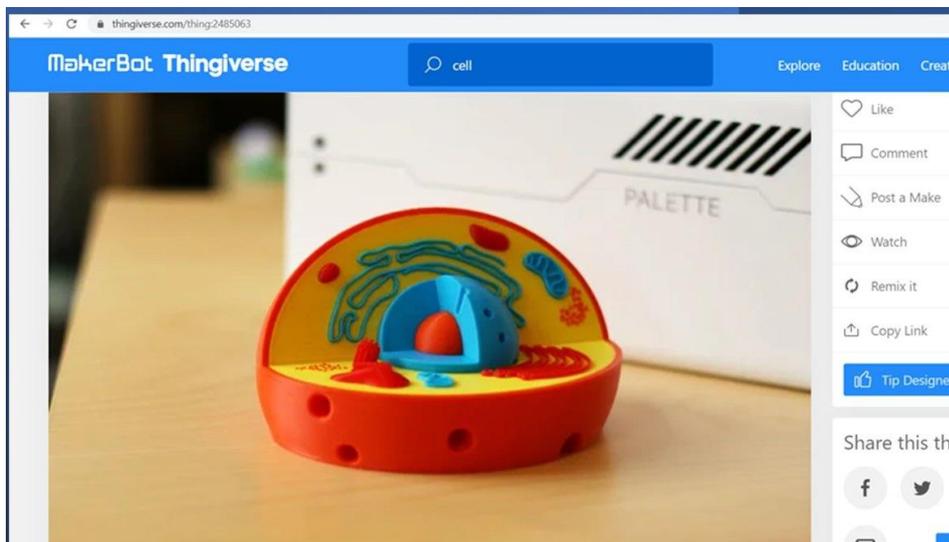
Fonte: Thingiverse (2019)

Na Figura 62, é possível identificar a imagem de uma célula feita em impressão 3D, com cores vibrantes, nota-se as várias camadas dela. Uma observação importante sobre cores é que as impressoras 3D de baixo custo não imprimem colorido, apenas uma cor por vez, porém, é possível pintar o material impresso e deixá-lo com cores bem vivas, desde que se use os materiais apropriados.

O arquivo desta célula da Figura 62 está disponível para download no curso, no campo do repositório, assim como outros modelos, dentre eles, modelos de

membrana plasmática, citoplasma e núcleo, nucléolo, centro celular, ribossomos, dentre outros.

Figura 62 — Representação de uma célula impressa em 3D



Fonte: Thingiverse (2019)

4.6.1.2 Projeto de ABP com Impressão 3D e Citologia

No curso, também consta um projeto baseado na ABP que envolve impressão 3D e Citologia, denominado "Bactérias na Escola". O escopo desse projeto foi desenvolvido por mim e as fases foram adaptadas do modelo de ABP que consta no livro aprendizagem baseada em projetos de William (BENDER, 2014, p. 61). Foi criado com a finalidade dos professores de Biologia usarem em uma aula prática de Citologia, aplicando assim o aprendizado que eles tiverem dessa temática e também sobre impressão 3D.

Nessa etapa preliminar é apresentado o escopo do projeto para os alunos, que contém a questão âncora, as orientações para formações dos grupos, as próximas etapas do projeto e as informações para execução de cada etapa (Figura 63).

Figura 63 — Escopo do projeto: Bactérias na Escola

Escopo do projeto

Sugestão de trabalho: Os alunos de biologia do ensino médio podem realizar um projeto para identificar bactérias infecciosas dentro da escola.

Âncora: que bactérias infecciosas existem dentro da escola?

Tarefas a serem cumpridas: Os alunos devem trabalhar em grupos para cumprir as tarefas pré-determinadas

1. Formação dos grupos de até 5(cinco) integrantes: identificar as habilidades de cada aluno e dividi-los de forma que sempre haja na equipe, habilidades complementares, exemplo: uma equipe pode contar com um aluno que é bom em fazer resumos, outro que é bom em realizar apresentação em público, outro aluno que é bom em matemática, um outro que é bom em edição de vídeos e apresentações.
2. Definir cronograma de trabalho;
3. As equipes devem pesquisar e identificar quais equipamentos de segurança são necessários para realização desse tipo de projeto e criar uma lista desses materiais:
 - 3.1. Os alunos juntamente com o professor, precisam ter esses equipamentos de segurança antes de começar a desenvolverem o projeto:
4. Identificar na escola a quantidade de microscópios disponíveis para esse projeto;
5. Realizar brainstorming em grupos de cinco (5) alunos para identificação de vários locais em que essas bactérias podem existir. É ideal que o professor impeça locais de alto risco para os alunos, como banheiros da escola.
6. Coleta das informações;
7. Planejamento da apresentação;
8. Escolha dos protótipos a serem impressos em 3D.

Fonte: O autor (2021)

Em seguida, cada grupo desenvolve as fases 1,2,3,4, sendo respectivamente: planejamento em equipe do projeto de ABP; coleta de informações; criação da apresentação e aperfeiçoamento dos protótipos, conforme Figuras 64 a 67.

Figura 64 — Fase 1 do projeto: Bactérias na escola

Fase 1 - Planejamento em equipe do projeto de ABP

- a) As equipes devem examinar a questão âncora;
- b) Os alunos devem fazer um *brainstorming* por equipe, mas toda a turma deve participar, devem produzir nesse momento as questões de pesquisa específicas;
- c) Definir que equipamentos de proteção individual são necessários;
- d) Definir que instrumentos são necessários para a realização do projeto e providenciar esses equipamentos;
- d) Definir as atividades de cada equipe;
- e) Distribuir as atividades entre as equipes, cada integrante precisa ter um papel;
- f) Definir as metas e desenvolver um cronograma de trabalho por equipe;
- g) Definir quais artefatos e produtos serão necessários.

Fonte: Adaptado de Bender (2014, p. 61)

Figura 65 — Fase 2 do projeto: Bactérias na escola

Fase 2 – Coleta de informações

Levantamentos dos equipamentos de segurança individual;

- a) Distribuição dos equipamentos de proteção individual para os alunos,
- b) Definição de que áreas da escola serão visitadas;
- c) Distribuição dessas áreas por equipe;
- d) Momento da coleta das bactérias pelas equipes;
- e) Identificação das bactérias encontradas;

Observação: caso não seja possível fazer essa atividade presencial, pode-se fazer de forma online, os alunos podem pesquisar na internet que bactérias são mais comuns nas escolas e a partir disso, desenvolver o projeto.

Fonte: Adaptado de Bender (2014, p. 61)

Figura 66 — Fase 3 e 4 do projeto: Bactérias na escola

Fase 3 – Criação da apresentação

Desenvolvimento de um painel de informações (storyboard):

- É o momento de procurar outras fontes que complementem o trabalho (p. ex. Youtube, jornais, livros, centro de mídia, etc.)
- Nesta fase também acontece, a definição do formato da apresentação; início do desenvolvimento da apresentação com seus artefatos iniciais; (iniciais)
- Entre as equipes ocorre avaliações em grupo dos protótipos iniciais das equipes, tanto da apresentação como dos seus artefatos iniciais;

Fase 4 – Aperfeiçoamento dos protótipos

Nesse momento após a avaliação entre as equipes, procura-se informações adicionais para desenvolver esses protótipos de forma mais completa;

Prepara-se pequenas lições sobre tópicos específicos que podem ser oferecidas;

Revisão dos protótipos e do storyboard com novas informações

Fonte: Adaptado de Bender (2014, p. 61)

As próximas fases para serem executadas pelos grupos são as fases 5,6 e 7, respectivamente: desenvolvimento da apresentação final; publicação do produto ou artefatos e premiação (Figura 62). Na fase final de premiação, o ideal seria que todas as equipes pudessem imprimir seus artefatos em 3D.

Figura 67 — Fases 5, 6 e 7 do projeto: Bactérias na escola

O diagrama apresenta as fases 5, 6 e 7 do projeto 'Bactérias na escola' em um formato de cartão com bordas arredondadas e um fundo amarelo claro. O conteúdo é organizado em seções distintas, separadas por linhas horizontais.

Fase 5 – Criação da apresentação
Desenvolvimento da apresentação final
 Momento de revisar e acrescentar o que considerem importante mudar no storyboard
 Momento de discutir a apresentação, desenvolver o texto dela, treinar a fala, decidir se será ao vivo ou gravado, se terá edições se for em vídeos, ou se será uma apresentação com arte, exemplo: com canto, poesia, etc

Fase 6 - Publicação do produto ou dos artefatos
 Momento da apresentação dos artefatos;
 Avaliação final da turma inteira, dependendo da maturidade da turma, as equipes podem avaliar umas as outras (talvez avaliação de colegas);
 Publicação do projeto ou dos artefatos, pode ser no site da escola ou em material impresso.

Fase 7 – Premiação
 Os critérios para avaliação da equipe devem ser definidos pelos alunos e professor, é importante que esses critérios sejam feitos em conjunto, pode ser por exemplo: a equipe que melhor pontuou ou a que foi mais criativa.
 Pode ser primeiro, segundo e terceiro lugar.
 As equipes que ganharem podem ter seu protótipo final impresso 3D (a bactéria por eles encontrada).

Fonte: Adaptado de Bender (2014, p. 61)

Este projeto está melhor detalhado no curso, sendo possível o professor fazer o download do arquivo para realizar as adaptações que desejar.

4.6.1.3 Certificação

Após se cumprir todas as etapas do curso virtual, responder uma avaliação final, os participantes poderão gerar um certificado digital de participação (Figura 68).

Figura 68 — Certificado digital do curso



Fonte: O autor (2022)

Além do certificado, como item adicional de incentivo, os participantes poderão gerar um distintivo especial do curso (Figura 69), essa arte também desenvolvi.

Figura 69 — Distintivo digital para os participantes



Fonte: O autor (2022)

5 CONCLUSÃO

O ensino de Citologia como demonstrado ao longo deste trabalho é um desafio para os professores. A terminologia das palavras referentes às estruturas celulares, por exemplo, vem de origem greco-latina que não fazem parte da linguagem cotidiana dos alunos e da sociedade em geral. Além disso, não há apenas um grupo de células, elas são divididas em dois grandes grupos e dentro desses grupos há ainda outras classificações e funções para os alunos decorarem.

Nesta pesquisa, foi possível identificar que 88% dos alunos consideram que sua maior dificuldade de aprendizado em Citologia é o conteúdo sobre estruturas celulares. Por isso, os professores de Biologia desenvolvem manualmente modelos de células tridimensionais, para que os alunos possam compreender e decorar os tipos de células, suas estruturas e funções. Pois, quando o aluno consegue visualizar e interagir com o material que é alvo do seu aprendizado, ele consegue compreender e reter mais o conteúdo apresentado porque está realizando correlações cognitivas entre a teoria e o produto que está manuseando.

Diante disso, as impressoras 3D podem ser de grande auxílio para os professores de Biologia, especificamente no aprendizado de estruturas celulares.

Atualmente são diversos os modelos e preços das impressoras 3D, o modelo utilizado nesta pesquisa por nome Ender 3 da fabricante Creality é um modelo de baixo custo com capacidade de entregar peças de qualidade.

Com a chegada desses modelos mais baratos elas ficaram mais acessíveis para aquisição pessoal. Assim, por serem úteis para solução de diversas necessidades estão presentes em casas, fábricas, laboratórios Makers, escolas e em diversos outros ambientes, afinal uma impressora 3D pode imprimir pequenas peças para variados fins. Logo, a escola com a possibilidade de ter uma impressora 3D pode ter diversos benefícios, um deles é a oportunidade que os professores terão de imprimir variados artefatos para os auxiliar no ensino-aprendizagem de uma disciplina.

Por essa razão, é importante que o conhecimento sobre impressão 3D seja estimulado, principalmente para professores de escola pública que não contam com a estrutura de uma escola privada. Porque, como qualquer outra máquina é importante conhecê-la antes de começar a sua utilização. Ainda que se conheça apenas a parte

teórica isso fará diferença na hora de tentar usar uma, porque ela tem uma estrutura que exige cuidado na montagem e manutenção, caso contrário, poderá ser severamente danificada.

O produto educacional desta pesquisa foi desenvolvido para que professores de Biologia consigam usar uma impressora 3D de forma autônoma, à medida que tiverem necessidade, sem depender de outras pessoas para isso, fabricando assim, seus próprios materiais pedagógicos no ensino-aprendizagem de Citologia. Inclusive, poderão diminuir o uso de materiais que normalmente utilizariam na fabricação manual de uma célula, reduzindo o desperdício de material e ganhando uma célula, de fato, tridimensional, mais resistente à queda e, conseqüentemente, mais durável.

Nesta pesquisa foi possível identificar que a carga horária para a disciplina de Citologia é pequena, por se tratar de cursos técnicos, a carga horária das aulas práticas é pouca também. Ainda assim, os alunos demonstraram compreender a importância de aprender esse conteúdo não só para o vestibular, mas para o entendimento e para soluções de doenças que fazem parte do dia-a-dia da sociedade.

Os professores que participaram desta pesquisa, 100% deles não sabiam usar uma impressora 3D, e ficaram impressionados quando constataram as possibilidades de impressão e de uso dos itens em 3D na sala de aula.

A prof.^a Ana Machado destacou como era visível o interesse dos alunos durante a aplicação do curso. Ela ainda informou posteriormente que as outras turmas do 2º e 3º ano, para as quais ela dar aula, ficaram sabendo dessa aplicação do produto e pediram para ser aplicado com eles. No entanto, não foi possível, assim, informei-lhe que o curso virtual, produto desta pesquisa, atenderia os alunos dessas turmas e seria disponibilizado após finalização da pesquisa.

Era explícito o interesse dos professores e alunos no produto desta pesquisa. Um dos fatos que ajuda a testificar isso foi a presença de 2 professores e 2 alunos do IFAM da cidade de Maués. Foi realmente notório o interesse e envolvimento deles durante todo o curso de extensão, além disso, merece admiração o fato de eles terem percorrido uma longa viagem de barco de ida e volta entre as cidades de Maués e Manaus, o que leva em média 17 a 20 horas cada viagem.

Isso demonstra como os professores não medem esforços em busca de novas aprendizagens, de novos recursos tecnológicos para a sala de aula e, ao mesmo tempo, fazem isso por seus próprios meios, tudo para proporcionar uma aula mais criativa e eficiente, inclusive influenciando positivamente seus alunos para novas aprendizagens.

Diante dessa clara necessidade dos professores em melhorar o aprendizado dos alunos com recursos tecnológicos, como no ensino de Citologia, foi desenvolvido e validado o produto educacional: curso virtual de impressão 3D para professores e alunos de Biologia. O curso foi construído com base nas informações coletadas nesta pesquisa tendo aceitação positiva de 100%. Ele está adequado ao nível de ensino do público-alvo, corrobora no ensino-aprendizagem de Citologia, sendo uma ferramenta excelente para conteúdos de disciplinas que são consideradas difíceis, como Matemática e Física, podendo ser adaptado para outros conteúdos de Biologia. Proporcionando aulas mais inovadoras, eficazes e eficientes.

Vale acrescentar que houve a publicação digital dos resultados prévios desta pesquisa nos anais da conferência internacional ICERI (siglas em inglês para *International Conference of Education, Research and Innovation*), com o artigo intitulado *3D PRINTING AS A RESOURCE FOR TEACHING AND LEARNING CYTOLOGY* (CRUZ; BREMGARTNER, 2021).

Este artigo escrevi com o prof. Vitor Bremgartner (orientador desta pesquisa), com a finalidade de compartilhar um conhecimento plenamente valioso para professores e alunos dos diferentes países do mundo.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Leonardo De Conti Dias. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de ciências**. Bauru, 2016 Dissertação (Programa de pós graduação em educação para a ciência.) - Faculdade de Ciências – Campus de Bauru.
- ALMEIDA, Jonatas . **Como a impressão 3D de partes do corpo vai revolucionar a medicina**. HypeScience. 2013. Disponível em: <https://hypescience.com/impressao-3d-de-partes-do-corpo/>. Acesso em: 10 abr. 2020.
- AZEVÊDO, Luciana de Souza. **CULTURA MAKER: UMA NOVA POSSIBILIDADE NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM** . Natal/RN, 2019 Dissertação (PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INOVAÇÃO EM TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/28456/1/Culturamakernova_Azevedo_2019.pdf. Acesso em: 8 out. 2021.
- BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora: Uma Abordagem Teórico-Prática**. Penso Editora, v. 3, f. 130, 2018. 260 p.
- BARBOSA, Nayara F. M. V. *et al.* DIFICULDADES NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE CITOLOGIA DOS DISCENTES DA 1º SÉRIE DO ENSINO MÉDIO DA ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO MÉDIO OSWALDO PESSOA – JOÃO PESSOA – PB. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS. Anais eletrônicos [...] Paraíba, 2016.
- BASNIAK, Maria Ivete ; LIZIERO, André Rafael . A IMPRESSORA 3D E NOVAS PERSPECTIVAS PARA O ENSINO: possibilidades permeadas pelo uso de materiais concretos. **Revista Observatório**, Palmas, v. 3, n. 4, jul/set. 2017.
- BENDER, Willian N.. **Aprendizagem baseada em projetos: Educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre : Penso Editora, f. 80, 2014. 159 p.
- BOUZON, Zenilda Laurita; OURIQUES, Luciane Cristina; GARGIONI, Rogério. **Biologia celular**. 2 ed. 2010.
- BRASIL, Ministério da Educação. Secretária da Educação Básica. **Guia de livros didáticos: PNLD 2015: Ensino Médio: Biologia**. Brasília, 2014. Disponível em:

<http://www.fnde.gov.br/component/k2/item/5940-guia-pnld-2015>. Acesso em: 13 mai. 2021.

BROCKVELD, MARCOS V.; SILVA, MÔNICA R.; TEIXEIRA, CLARISSA S.. **Educação fora da caixa: tendências internacionais e perspectivas sobre a inovação na educação**. São Paulo: Editora Blucher, v. 4, f. 129, 2018. 258 p.

CARVALHO, Ítalo; NUNES-NETO, Nei; EL-HANI, Charbel . Como selecionar conteúdos de biologia para o ensino médio?. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, ago/dez 2011.

COOK, Stuart Wellford,; SELLTIZ, Claire; WRIGHTSMAN, Lawrence Samuel. **Métodos de pesquisa nas relações sociais: Medidas na pesquisa social**. 4 ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1987.

COSTA , Manoel L. Costa . **Manual de Biologia Celular**: Identificando os conceitos essenciais: Fundamentos, membrana e citoesqueleto. 1 ed. São Paulo: Portuguese Edition, 2019.

CRUZ, Denys Santos da; BREMGARTNER, Vitor. 3D PRINTING AS A RESOURCE FOR TEACHING AND LEARNING CYTOLOGY. *In*: DENYS CRUZ. 2021, IATED: IATED Academy, 2021.

DONE 3D. **História das Impressoras 3D**: Faça uma viagem na evolução da tecnologia. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://done3d.com.br/historia-das-impressoras-3d/>. Acesso em: 2 fev. 2021.

DOUGHERTY, Dale. The Maker Movement. **innovations: Making in America**, Cambridge, v. 7, 2012. Disponível em: <https://direct.mit.edu/itgg/issue/7/3>. Acesso em: 10 jul. 2020.

DURÉ, Ravi; ANDRADE , Maria; ABÍLIO, Francisco. ENSINO DE BIOLOGIA E CONTEXTUALIZAÇÃO DO CONTEÚDO: QUAIS TEMAS O ALUNO DE ENSINO MÉDIO RELACIONA COM O SEU COTIDIANO?. **Experiências em Ensino de Ciências**, João Pessoa, v. 13, n. 1, 2018. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID471/v13_n1_a2018.pdf. Acesso em: 30 mar. 2021.

FREITAS, Lessandro A. M. *et al.* Construção de modelos embriológicos com material reciclável para uso didático. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 91-97, 2008.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GLASSER, WILLIAM. **Teoria da Escolha**. Editora Mercuryo LTDA, v. 1, f. 150, 2001. 300 p.

IFAM. **Projetos Pedagógicos de Cursos**. PORTAL DO INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS. Manaus, 2021. Disponível em: <http://www2.ifam.edu.br/pro-reitorias/ensino/proen/guia-de-cursos/ppc>. Acesso em: 20 mai. 2022.

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

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. 7 ed. São Paulo: Atlas, f. 153, 2019. 305 p.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas; amostragens e técnicas de pesquisa; elaboração, análise e interpretação de dados. 9 ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2021.

MARINI, Eduardo. **A expansão da Cultura Maker nas escolas brasileiras**. 2019. Disponível em: <https://revistaeducacao.com.br/2019/02/18/cultura-maker-escolas>. Acesso em: 1 set. 2020.

MELO, Fernanda S. **FABRICAÇÃO DIGITAL NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE BIOLOGIA CELULAR**. Santos, 2016 Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) - Universidade Católica de Santos.

MURPHY, Sean V. Murphy; ATALA, Anthony. 3D bioprinting of tissues and organs. **Nature**, v. 32, p. 773-785, 05 ago 2014.

NICOLA, Jéssica Anese; PANIZ, Catiane Mazocco. importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de biologia. **InFor - Inovação e Formação**, São Paulo, v. 1, n. 2, 2016.

PALAIIO, Sueny ; ALMEIDA, Marcus ; PATREZE, Camila . DESENVOLVIMENTO DE MODELOS IMPRESSOS EM 3D PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, set /dez 2018.

PALÚ, SCHÜT, MAYER, Janete Palú, Jenerton Arlan , Leandro Mayer (Org.). **Desafios da educação em tempos de pandemia**. 1 ed. Cruz Alta: Ilustração, 2020.

PAPERT , SEYMOUR . **M/NDSTORMS**: Children, Computers, and Powerful Ideas . New York : Basic Books, 1980. Disponível em:

<http://worrydream.com/refs/Papert%20-%20Mindstorms%201st%20ed.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

PINHEIRO , Regiane M. S.; ECHALAR, Adda D. L. F. ; QUEIROZ, José R. O.. O Conceito de Célula em Livros Didáticos de Biologia: ciência a problemática e a histórica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/WWMVpjTz8dwjNpCwtC4bQ5z/?lang=pt>. Acesso em: 16 mai. 2022.

REECE, Jane B. *et al.* **Biologia de Campbell**. 10 ed. Artmed Editora, v. 1, 2015.

SILVA , DIRCEU DA; SIMON, FERNANDA OLIVEIRA. Abordagem quantitativa de análise de dados de pesquisa: construção e validação de escala de atitude. **Cadernos do CERU**, São Paulo, v. 2, n. 16, 2005.

SILVA, Rodrigo Barbosa e; BLIKSTEIN, Paulo. **Robótica Educacional**: Experiências Inovadoras na Educação Brasileira. Penso Editora, v. 3, f. 164, 2020. 328 p.

THINGIVERSE, Maker Bot. **Learning Biology**. THINGIVERSE EDUCATION. Brooklyn, 2019. Disponível em: <https://www.makerbot.com/thingiverse/>. Acesso em: 2 mar. 2021.

ZEIDAN, Rodrigo. **Os problemas da educação no Brasil**: Diagnósticos e propostas de solução. 1 ed. Rio de Janeiro: Ed. Z Edições, 2016.

APÊNDICE A — CARTA DE ANUÊNCIA A INSTITUIÇÃO



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
 CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL



CARTA DE ANUÊNCIA (Elaborado de acordo com a Resolução 466/2012-CNS/CONEP)

Aceito os pesquisadores DENYS SANTOS DA CRUZ e Dr. VITOR BREMGARTNER DA FROTA, sob responsabilidade do pesquisador principal Denys Santos da Cruz, discente do Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico (PPGET) do Instituto Federal do Amazonas-Campus Manaus Centro – IFAM-CMC, com a pesquisa intitulada **IMPRESSÃO 3D COMO RECURSO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CITOLOGIA**, Projeto de Mestrado, sob orientação do Professor Dr. Vitor Bremgartner da Frota, do IFAM CMDI e docente do PPGET.

Ciente dos objetivos e da metodologia da pesquisa acima citada, concedo a anuência para seu desenvolvimento nesta instituição, IFAM-CMDI, desde que me sejam assegurados os requisitos abaixo:

- O cumprimento das determinações éticas da Resolução nº466/2012 CNS/CONEP;
- A garantia de solicitar e receber esclarecimentos antes, durante e depois do desenvolvimento da pesquisa;
- Não haverá nenhuma despesa para esta instituição que seja decorrente da participação dessa pesquisa; e
- No caso do não cumprimento dos itens acima, a liberdade de retirar minha anuência a qualquer momento da pesquisa sem penalização alguma.

Manaus, 16 de junho de 2021.

Assinatura e carimbo do Diretor da Instituição

Nivaldo Rodrigues e Silva
 Diretor Geral do CMDI
 Port. nº 1.132-GR/IFAM de 27/05/2019

APÊNDICE B — TERMO DE ASSENTIMENTO DE LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa **Impressão 3D como recurso para o ensino e aprendizagem de Citologia**, sob a responsabilidades do pesquisador Denys Santos da Cruz, e seu orientador Prof. Dr. Vitor Bremgartner. Nesse estudo pretende-se utilizar células impressas por uma impressora 3D como ferramenta de aprendizagem no ensino de citologia para alunos do 1º ano do ensino técnico integrado do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Amazonas/CMDI. Sua participação é voluntária e se dará por meio de questionários onde você poderá contribuir com as informações advindas de sua experiência como aluno.

Este estudo apresenta riscos como em qualquer pesquisa que tenha a participação de seres humanos, como mudança de comportamento no local de estudo devido a inserção de pessoas no ambiente escolar, porém após a realização da pesquisa acredita-se que está observação volte ao habitual. Se você aceitar participar da pesquisa, contribuirá com uma metodologia que visa melhorar o ensino de citologia através de um novo recurso didático.

Você será esclarecido (a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O seu responsável poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. Você não terá nenhuma despesa e não receberá nenhuma remuneração. No entanto, caso sejam identificados e comprovados danos no decorrer da pesquisa a garantia de indenização está assegurada conforme Resolução CNS N. 466, de 12.12.2012.

Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de cinco anos, e após esse tempo serão destruídos. Para qualquer informação, poderá entrar em contato com o pesquisador responsável no endereço Avenida Sete de setembro, pelo telefone (92) 99507-7810.

Eu, _____, fui informado dos objetivos da presente pesquisa de forma clara, o porquê da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar da pesquisa, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Assinatura do participante

Data: ___/___/___

APÊNDICE C — TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Vimos através desta convidar o seu filho (a) a participar da pesquisa **Impressão 3D como recurso para o ensino e aprendizagem de Citologia**, sob a responsabilidades do pesquisador Denys Santos da Cruz, e seu orientador Prof. Dr. Vitor Bremgartner. Nesse estudo pretende-se utilizar células impressas por uma impressora 3D como ferramenta de aprendizagem no ensino de citologia para alunos do 1 e 2º ano do ensino técnico integrado do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Amazonas/CMDI. A participação do seu filho (a) é voluntária e se dará por meio de questionários, podendo contribuir com as informações advindas de sua experiência como aluno.

Este estudo apresenta riscos como em qualquer pesquisa que tenha a participação de seres humanos, como mudança de comportamento no local de estudo devido a inserção de pessoas ao ambiente escolar, porém após a realização da pesquisa acredita-se que esta observação volte ao habitual. Se o Sr (a) autorizar o seu filho a participar da pesquisa, ele estará contribuindo com uma metodologia que visa melhorar o ensino de citologia através de um novo recurso didático.

O Sr (a) será esclarecido (a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para autorizar ou não a participação do seu filho. O Sr (a) poderá retirar o consentimento ou interromper a participação do seu filho (a) a qualquer momento, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo ao aluno. Seu filho (a) não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração. No entanto, caso sejam identificados e comprovados danos no decorrer da pesquisa a garantia de indenização está assegurada conforme Resolução CNS N. 466, de 12.12.2012. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas a identidade de seu filho (a) não será divulgada, sendo guardada em sigilo. Para qualquer informação, o (a) Sr (a) poderá entrar em contato com o pesquisador responsável no endereço Avenida sete de setembro, pelo telefone (92) 99507-7810.

Consentimento Pós-Informação

Eu, _____, responsável legal pelo aluno _____, nascido (a) em ___/___/____, declaro ter sido informado (a) e concordo com a participação, do meu filho (a) como participante, no Projeto de Pesquisa "**Impressão 3D como recurso para o ensino e aprendizagem de Citologia**". Este documento é emitido em duas vias que serão assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Assinatura do responsável legal pelo menor

Data: ___/___/____

APÊNDICE D — TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR

Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa IMPRESSÃO 3D COMO RECURSO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CITOLOGIA. Seus pais permitiram que você participasse.

Queremos saber como usar a tecnologia de impressão 3D para auxiliar no ensino e aprendizagem na disciplina de Biologia.

As crianças e adolescentes que irão participar dessa pesquisa têm de 14 a 17 anos de idade. Você não precisa participar da pesquisa se não quiser, é um direito seu e não terá nenhum problema se desistir.

A pesquisa será feita no/a IFAM CMDI, onde você vai conhecer como funciona uma impressora 3D no ensino da Citologia. Para isso, será usado /a uma impressora 3D. O uso do (a) da impressora é considerado, seguro (a), mas é possível ocorrer algumas dificuldades de retirar a peça da impressora. Caso aconteça algo errado, você pode nos procurar pelo telefone do pesquisador Denys Cruz.

Mas há coisas boas que podem acontecer como conhecer o uso de uma nova tecnologia e saber como pode ser usada na disciplina de Biologia. Se você morar longe do IFAM CMDI, nós daremos a seus pais dinheiro suficiente para transporte, para também acompanhar a pesquisa.

Ninguém saberá que você está participando da pesquisa, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser publicados, mas sem identificar o seu nome. Quando terminarmos a pesquisa faremos uma defesa pública, apresentando esses resultados. Você e seus pais podem participar e assistir.

Se você tiver alguma dúvida, você pode me perguntar. Eu escrevi os telefones na parte de baixo desse texto.

Eu _____ aceito participar da pesquisa IMPRESSÃO 3D COMO RECURSO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CITOLOGIA, que tem o objetivo de saber como a impressão 3D pode contribuir para o ensino e aprendizagem de Citologia no ensino médio. Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer “sim” e participar. Mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir que ninguém vai ficar furioso. Os pesquisadores tiraram dúvidas e conversaram com os meus responsáveis.

Recebi uma via deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Manaus, ____ de _____ de _____.

APÊNDICE E — QUESTIONÁRIO AVALIATIVO DE CONHECIMENTO E VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Aluno (a): _____ Turma: _____

Responda a alternativa correta:

1. Qual é o material mais indicado para imprimir uma peça decorativa, que não sofrerá esforço físico e que não ficará exposta ao sol?

- a. Filamento ABS
- b. Filamento PLA

2. A impressora 3D faz objetos de forma instantânea, em poucos segundos.

- a. Falso
- b. Verdadeiro

3. Após a impressão, o filamento deve:

a. Ser deixado na máquina, para usar na próxima semana

b. Retirado da máquina e deixado exposto em uma mesa, pra que possa captar umidade

c. Retirado da máquina e devolver para a embalagem à vácuo

4. Quais os tipos de materiais podem ser usados na máquina Ender 3?

- a. PLA, ABS, PETG ou FLEX
- b. Corda de pesca, PLA, ALS e FLEX
- c. XLA, PLOx, PETG ou FLEX

5. Qual a temperatura ideal para aquecer o PLA no bico da impressora?

- a. 70°
- b. 100°
- c. 210°

6. A peça finalizada em PLA suporta altas temperaturas e pode ser deixada dentro de um carro em um dia de muito sol, pois não haverá problemas com a peça.

- a. Verdadeiro
- b. Falso

7. Entre os cuidados necessários com sua impressora, não é indicado fazer o aperto das correias.

- a. Falso

b. Verdadeiro

8. No sistema de aquecimento de uma impressora, a mesa é importante. A mesa vai ser responsável em grudar a peça na sua superfície e precisa estar quente para que possa promover um choque térmico no filamento.

a. Falso

b. Verdadeiro

9. Posso baixar os arquivos da internet e comercializar todos os itens impressos sem nenhum problema.

a. Verdadeiro, pois se está disponível na internet é público.

b. Falso, pois é preciso ficar atento aos direitos de uso.

10. Qual é o tipo do arquivo gerado no software de fatiamento?

a. GCODE

b. STL

c. OBJ

APÊNDICE F — Lista de Inscrição do Curso de Extensão

	B	C	D	E	F	G
1	data/hora inscrição	Nome	Email	Telefone	Como soube do curso	Qual sua relação com o IFAM CMDI?
8	9/9/2021 13:41:08	Ana Carla de Castro Passarimcarla@ig.com.br	carla@ig.com.br	9118-1014	Whatsapp	Não possui vínculo com o IFAM CMDI
9	9/14/2021 9:28:51	Armando de Souza Cabralarmando@ig.com.br	armando@ig.com.br	9118-1014	Pela professora de biologia	Discente
10	9/14/2021 9:14:46	Arlete Guedes Lima dos Anjosarlete@ig.com.br	arlete@ig.com.br	9118-10132	minha professora enviou uma foto com	Discente
11	9/10/2021 10:58:27	Aryane Beatriz de Sá Barrosaryane@ig.com.br	aryane@ig.com.br	9118-10169	Amigos.	Não possui vínculo com o IFAM CMDI
12	9/14/2021 10:14:36	Bruna Cristina de Sá Aguiarbruna@ig.com.br	bruna@ig.com.br	9118-10114	Com a minha professora Ana Lúcia.	Discente
13	9/14/2021 8:20:24	Carla Henrique Farias Fariascarla@ig.com.br	carla@ig.com.br	9118-10109	Pela professora Ana, de biologia	Docente
14	9/14/2021 13:55:05	Clara Evelyn dos Anjos clarevyn@ig.com.br	clarevyn@ig.com.br	9118-11155	Através da professora Ana, da disciplin	Discente
15	9/11/2021 16:22:04	Clara Victoria Ferreira Paivaclaravictoria@ig.com.br	claravictoria@ig.com.br	9118-10175	FIC - Cultura Maker	Discente
16	9/9/2021 13:50:52	Clara Cristina Laurido Paivaclaracristina@ig.com.br	claracristina@ig.com.br	9118-10197	IFAM	Docente
17	9/13/2021 9:13:11	Cláudia Elaine Vilela Vilela claudiaelaine@ig.com.br	claudiaelaine@ig.com.br	9118-10179	Através do professor Victor Bregmartz	Discente
18	9/14/2021 10:18:52	Cláudia Eduardo Gomes Aguiarclaudia@ig.com.br	claudia@ig.com.br	9118-11159	Professora ana lucia	Discente
19	9/14/2021 11:27:08	Cláudia Elisabete Aguiar claudiaelisabete@ig.com.br	claudiaelisabete@ig.com.br	9118-10118	Pela professora de Biologia	Discente
20	9/13/2021 20:54:57	Deborah Fátima de Souza debarbor@ig.com.br	debarbor@ig.com.br	9118-10133	informativo no grupo de whatsapp do cr	Docente
21	9/14/2021 9:31:16	Deborah Nascimento Neves debarbor@ig.com.br	debarbor@ig.com.br	9118-6950	Através da professora de biologia Ana	Discente
22	9/14/2021 12:37:33	Daniela Santana Brasil danisara@ig.com.br	danisara@ig.com.br	9118-10182	Minha professora de biologia do ifam r	Discente
23	9/9/2021 13:36:38	Deborah de Sá Sebastião debarbor@ig.com.br	debarbor@ig.com.br	9118-10108	Por Whatsapp	Discente
24	9/14/2021 8:28:52	Deborah Bernardo Fátima debarbor@ig.com.br	debarbor@ig.com.br	9118-10180	pela professora que me passou o link d	Discente
25	9/14/2021 9:04:45	Deborah Bernardo Fátima debarbor@ig.com.br	debarbor@ig.com.br	9118-11180	professora me passou o link para fazer	Discente
26	9/14/2021 11:29:17	Diego Melo Lima diego.melo@ig.com.br	diego.melo@ig.com.br	9118-10139	Pelo professores do meu curso	Discente
27	9/11/2021 17:14:12	Edson Soares Rodrigues edsonsoares@ig.com.br	edsonsoares@ig.com.br	9118-3137	Curso FIC	Discente
28	9/14/2021 9:52:09	Eduarda Alves Maia eduarda@ig.com.br	eduarda@ig.com.br	9118-10161	Pela minha professora de biologia	Discente
29	9/9/2021 12:36:51	Eduarda Eder de Sousa Varalho eduarda@ig.com.br	eduarda@ig.com.br	9118-10135	Grupo de WhatsApp	Não possui vínculo com o IFAM CMDI
30	9/9/2021 12:52:29	Eduarda Eder de Sousa Varalho eduarda@ig.com.br	eduarda@ig.com.br	9118-10135	Grupo de WhatsApp	Não possui vínculo com o IFAM CMDI
31	9/11/2021 14:11:28	Eduarda Eder de Sousa Varalho eduarda@ig.com.br	eduarda@ig.com.br	9118-10135	Grupos de WhatsApp	Não possui vínculo com o IFAM CMDI
32	9/14/2021 10:08:54	Elisabete de Sá Barros elisabete@ig.com.br	elisabete@ig.com.br	9118-10189	Minha professora enviou pelo grupo.	Discente
35	9/14/2021 9:38:06	Emilly Karoline de Souza emillykaroline@ig.com.br	emillykaroline@ig.com.br	9118-4964	Aviso sobre a professora	Discente
36	9/9/2021 12:43:19	Eny Victoria Baldo dos Anjoseny@ig.com.br	eny@ig.com.br	9118-10132	Por meio do meu professor	Técnico em Assuntos Educacionais
37	9/9/2021 12:44:52	EMILY PHILA OLIVEIRA emilyoliveira@ig.com.br	emilyoliveira@ig.com.br	9118-10109	Amigo que trabalha no sebrae	Docente
38	9/9/2021 12:47:56	Érica Oliveira Mendes ericaoliveira@ig.com.br	ericaoliveira@ig.com.br	9118-10117	Por informações repassadas em grupo	Discente
39	9/13/2021 10:01:39	Evelyn Pereira Gomes evelynpereira@ig.com.br	evelynpereira@ig.com.br	9118-10150	Através do curso FIC	Discente
40	9/14/2021 11:20:27	Felícia Karine Oliveira feliciakarine@ig.com.br	feliciakarine@ig.com.br	9118-10139	através da prof de biologia	Discente
41	9/14/2021 8:20:34	Fernanda Nunes de Aguiar fernand@ig.com.br	fernand@ig.com.br	9118-10154	Professora de biologia	Docente
42	9/9/2021 13:31:11	Fernanda Rocha Lima Fernand@ig.com.br	fernand@ig.com.br	9118-10199	Através da minha tia	Não possui vínculo com o IFAM CMDI
43	9/9/2021 13:04:43	Franisca Rodrigues Franis@ig.com.br	franis@ig.com.br	9118-10174	Pelo whatsapp	Discente
44	9/11/2021 15:59:43	Francine Almeida Santos francine@ig.com.br	francine@ig.com.br	9118-10174	Projeto Aranaou - FIC CMDI	Discente
45	9/13/2021 10:40:52	Genival Felipe Baldo dos Anjosgenival@ig.com.br	genival@ig.com.br	9118-10107	Professor	Discente
46	9/11/2021 16:24:28	Genival Furtos Marques genival@ig.com.br	genival@ig.com.br	9118-10987	Pelo curso FIC Cultura Maker	Discente
47	9/13/2021 13:55:03	Genival Rodrigues Reis genival@ig.com.br	genival@ig.com.br	9118-10165		Discente
48	9/13/2021 20:51:24	Geny Any Vasconcelos geny@ig.com.br	geny@ig.com.br	9118-8060	Grupo de professores - CMDI	Docente
49	9/14/2021 8:30:30	Guilherme Ribeiro Barboza guilherme@ig.com.br	guilherme@ig.com.br	9118-7932	Pelo grupo de biologia da minha sala, o	Discente
50	9/14/2021 8:25:06	Guilherme Sousa Campos guilherme@ig.com.br	guilherme@ig.com.br	9118-10111	A professora de biologia compartilhou i	Discente
51	9/14/2021 10:39:04	Guilherme de Costa Barros guilherme@ig.com.br	guilherme@ig.com.br	9118-10140	Professora de biologia	Discente
52	9/14/2021 10:08:11	Guilherme Gomes Pereira guilherme@ig.com.br	guilherme@ig.com.br	9118-14805	Professora Ana Lúcia divulgou no noss	Discente
53	9/13/2021 10:19:01	Ignacio Baldo de Sá Pereira ignacio@ig.com.br	ignacio@ig.com.br	9118-10180	Através do professor Vitor	Discente
54	9/9/2021 12:53:19	Ingrid Rodrigues Pezza ingrid@ig.com.br	ingrid@ig.com.br	9118-10124	Professora disponibilizou no grupo da c	Discente
55	9/14/2021 9:57:00	Isabella Souza Ribeiro isabell@ig.com.br	isabell@ig.com.br	9118-10166	Pelos professora ana	Discente
56	9/14/2021 9:42:14	Italo Gabriel Castro de Sá italo@ig.com.br	italo@ig.com.br	9118-10189	Pelos professores	Discente
57	9/14/2021 10:34:30	Izabela Oliveira de Sousa izabela@ig.com.br	izabela@ig.com.br	9118-10170	Bom, a representante da minha sala m	Discente
58	9/9/2021 12:50:57	Jaqueline Franco jacqueline@ig.com.br	jacqueline@ig.com.br	9118-10164	Grupo de whatsapp	Não possui vínculo com o IFAM CMDI
59	9/9/2021 14:42:22	Jaqueline Ramos Rodrigues jacqueline@ig.com.br	jacqueline@ig.com.br	9118-10191	Grupo de Whatsapp	Não possui vínculo com o IFAM CMDI
60	9/11/2021 16:31:05	Jessica Sabatini Mendes jessica@ig.com.br	jessica@ig.com.br	9118-10112	pelo curso fic	Discente
61	9/11/2021 16:29:29	Jeane Moreira de Souza jeane@ig.com.br	jeane@ig.com.br	9118-10175	Compartilhamento em Grupos	Docente
62	9/14/2021 9:32:52	Jelison Luderberg Paiva jelison@ig.com.br	jelison@ig.com.br	9118-10167	whatsapp	Discente
63	9/11/2021 6:45:05	Jeonice Baldo de Castro jeonice@ig.com.br	jeonice@ig.com.br	9118-10100		Discente
64	9/14/2021 8:22:34	José Carlos de Castro Escobarjose@ig.com.br	jose@ig.com.br	9118-14234	por um amigo	Discente
65	9/14/2021 11:11:07	José Roberto de Fátima Fátima@ig.com.br	fatima@ig.com.br	9118-1573	pela professora de biologia Ana lúcia	Discente
66	9/14/2021 8:26:59	João Carlos Sabatini joao@ig.com.br	joao@ig.com.br	9118-10196	Por meio de professores	Discente
67	9/13/2021 20:57:58	João Carlos Ferreira dos Passosjoao@ig.com.br	joao@ig.com.br	9118-10105	Pelo professor Vitor na aula inaugural d	Docente
68	9/13/2021 21:42:09	João Edison Lima de Sá joao@ig.com.br	joao@ig.com.br	9118-10182	Pelo grupo do whatsapp	Não possui vínculo com o IFAM CMDI
69	9/13/2021 8:40:30	Juliana Alves Duarte juliana@ig.com.br	juliana@ig.com.br	9118-10137	Curso FIC maker	Discente

	B	C	D	E	F	G
	data/hora inscrição	Nome	Email	Telefone	Como soube do curso	Qual sua relação com o IFAM CMDI?
70	9/14/2021 11:44:17	Kaedy Souza Araújo	kaedyaraujo192@ig.com.br	99121210	Por uma aluna do ifam	Não possuo vínculo com o IFAM CMDI
71	9/9/2021 20:37:07	Kaedy Castro de Sá	kaedycastro191@ig.com.br	99121210	Por familiares	Não possuo vínculo com o IFAM CMDI
72	9/9/2021 20:43:39	Kaedy Castro de Sá	kaedycastro191@ig.com.br	99121210	Por familiares	Não possuo vínculo com o IFAM CMDI
73	9/13/2021 13:24:34	KARLENE GOMES LIMA	karlenegomes1209@ig.com.br	99121210	Através do grupo do projeto CAVS	Discente
74	9/13/2021 10:16:24	Karoline Lima dos Santos	karolinelima1209@ig.com.br	99121210	Curso fic	Discente
75	9/9/2021 13:04:56	Karoline Vitoria Martins de	karolinemartins1209@ig.com.br	99121210	Grupo de escola	Não possuo vínculo com o IFAM CMDI
76	9/14/2021 8:39:14	Karoline Moreira de Sá	karolinemoreira1209@ig.com.br	99121210	1194E minha professora de Biologia comentou	Discente
77	9/15/2021 10:30:08	Karoline Moura de Melo	karolinemoura1209@ig.com.br	99121210	Whatsapp	Discente
78	9/14/2021 10:35:13	Karoline Canabarro Simões	karolinecanabarro1209@ig.com.br	99121210	Através da professora de biologia do IF	Discente
79	9/9/2021 13:34:50	Karoline Batista Matos	karolinematos1209@ig.com.br	99121210	Rede social	Discente
80	9/10/2021 11:20:23	Karoline Andréia Caldas de	karolineandrea1209@ig.com.br	99121210	Meu Professor divulgou	Discente
81	9/9/2021 12:46:31	Luan Victor Silva Vasconcelos	luanvictorsilva1209@ig.com.br	99121210	Pelo IFAM Campus Maués	Discente
82	9/9/2021 13:02:57	Luan Victor Silva Vasconcelos	luanvictorsilva1209@ig.com.br	99121210	Pelo IFAM Campus Maués	Discente
83	9/13/2021 8:43:52	LUANA SOARES FLORENTIN	luanaflorentin1209@ig.com.br	99121210	Indicação de colegas de turma	Discente
84	9/11/2021 16:02:11	Luan Sara Marçal	luanamarcal1209@ig.com.br	99121210	Prof Vitor	Discente
85	9/9/2021 12:51:34	Luanhedy Beatriz Mendes	luanhedybeatriz1209@ig.com.br	99121210	Pelo professor Fredy Veras no grupo d	Discente
86	9/14/2021 8:26:15	Luan Guilherme Lima Souza	luanaguilhermes1209@ig.com.br	99121210	Professora Ana Lúcia recomendou o c	Discente
87	9/14/2021 11:08:17	Marcos Ferreira dos Santos	marcosferreira1209@ig.com.br	99121210	Um amigo me mandou	Discente
88	9/9/2021 13:04:52	Marcos Oliveira Teixeira	marcosoliveira1209@ig.com.br	99121210	Pelo grupo de aula do IFAM Campos M	Discente
89	9/14/2021 8:38:28	Marcely Suberete Reis	marcelysuberete1209@ig.com.br	99121210	pelo grupo de biologia da professora A	Discente
90	9/9/2021 12:42:59	Marcos Antônio Cunha	marcosantonio1209@ig.com.br	99121210	Através da professora na escola	Discente
91	9/11/2021 16:25:24	Marcos Daniel de Sá	marcosdaniel1209@ig.com.br	99121210	Fic	Discente
92	9/14/2021 8:26:10	MARIA LUISA DE SALES	marialuisa1209@ig.com.br	99121210	A Profa. Ana Lúcia S. Machado enviou	Discente
93	9/11/2021 16:17:06	Maria Vitoria Ramos Ribeiro	marioramos1209@ig.com.br	99121210	Através do FIC	Discente
94	9/14/2021 8:30:35	Marcos Felipe dos Anjos	marcosfelipe1209@ig.com.br	99121210	Soube por um aviso que a professora r	Discente
95	9/9/2021 15:47:05	Marcos de Sá Mendes	marcosdesa1209@ig.com.br	99121210	Whatsapp	Discente
96	9/14/2021 8:33:52	Miranda Costa de Souza	mirandacosta1209@ig.com.br	99121210	Por causa da professora de biologia	Discente
97	9/14/2021 8:37:30	Natália dos Anjos Gomes	nataliadossantos1209@ig.com.br	99121210	Através do grupo de WhatsApp	Discente
98	9/9/2021 13:36:54	Natália Suelen de Oliveira	nataliasuelen1209@ig.com.br	99121210	Pelo grupo de informações do Ifam	Não possuo vínculo com o IFAM CMDI
99	9/13/2021 12:20:53	Natália Maria de Noronha	nataliamar1209@ig.com.br	99121210	Facebook	Não possuo vínculo com o IFAM CMDI
100	9/14/2021 8:21:23	Oscarito Aguiar dos Santos	oscaritosantos1209@ig.com.br	99121210	Indicação da Professora de Biologia	Discente
101	9/9/2021 12:54:39	Orlando Cunha Gomes	orlandocunha1209@ig.com.br	99121210	Pelo WhatsApp	Não possuo vínculo com o IFAM CMDI
102	9/11/2021 16:18:07	Paulo Henrique Barros	paulohenrique1209@ig.com.br	99121210	FIC	Discente
103	9/14/2021 12:51:11	Paulo Rodrigo Gomes	paulorodrigogomes1209@ig.com.br	99121210	Sou aluno da professora Ana Lúcia S	Discente
104	9/14/2021 13:56:04	Paulo Samuel de Sá	paulosamuel1209@ig.com.br	99121210	minha professora de Biologia	Discente
105	9/14/2021 8:34:05	Paulo Sérgio de Sá	paulosergio1209@ig.com.br	99121210	Por meio do aviso no grupo de biologia	Discente
106	9/11/2021 16:21:57	Rafael Renato de Sá	rafaelrenato1209@ig.com.br	99121210		Discente
107	9/14/2021 9:34:28	Rafaela Carla dos Santos	rafaelacarla1209@ig.com.br	99121210	Indicação da professora	Discente
108	9/9/2021 12:47:41	Rafaela Yara Magalhães	rafaelamagalhaes1209@ig.com.br	99121210	Minha professora divulgou no grupo da	Discente
109	9/14/2021 8:20:39	Rafael Rodrigues de Souza	rafaelrodrigues1209@ig.com.br	99121210	Pela professora de Biologia, Ana Mach	Discente
110	9/9/2021 12:18:58	Rebecca Brandão	rebeccabrando1209@ig.com.br	99121210	Divulgação	Discente
111	9/9/2021 13:46:02	Rebecca Maria de Sá	rebeccamaria1209@ig.com.br	99121210	Info ifam	Discente
112	9/9/2021 18:20:48	Rebecca Sousa Braga	rebeccasousa1209@ig.com.br	99121210	Minha irmã estuda no ifam e compartil	Não possuo vínculo com o IFAM CMDI
113	9/13/2021 9:00:06	Rodrigo Henrique Araújo	rodrigohenrique1209@ig.com.br	99121210	através de um professor	Discente
114	9/9/2021 13:45:04	Rodrigo Philip Costa	rodrigophilip1209@ig.com.br	99121210	Indicação da Professora Yara	Não possuo vínculo com o IFAM CMDI
115	9/11/2021 16:18:56	Ruana de Sá Brasil	ruana1209@ig.com.br	99121210	Através do FIC	Discente
116	9/14/2021 9:59:58	Sabrina Pereira Sá dos	sabrinapereira1209@ig.com.br	99121210	Com a professora de biologia.	Discente
117	9/14/2021 11:46:42	Sabrina Reis dos Santos	sabrinareis1209@ig.com.br	99121210	Minha professora de biologia indicou	Discente
118	9/14/2021 10:44:44	Sergio Henrique de Sá	sergiohenrique1209@ig.com.br	99121210	Minha professora me falou	Discente
119	9/9/2021 16:45:56	Silvia Raquel de Souza	silvia1209@ig.com.br	99121210	Rede social (WhatsApp)	Não possuo vínculo com o IFAM CMDI
120	9/3/2021 13:41:54	Suzelene Guedes Pele	suzelene1209@ig.com.br	99121210	Pelo ifam e professor Vitor	Discente
121	9/3/2021 23:30:28	Suzelene Guedes Pele	suzelene1209@ig.com.br	99121210	Através do ifam CMDI pelo professor V	Discente
122	9/14/2021 8:33:35	Taís Regina Magalhães	taisregina1209@ig.com.br	99121210	Pelo whatsapp	Discente
123	9/9/2021 13:28:40	Tatiana Reis Junior	tatianareis1209@ig.com.br	99121210	Whatsapp	Não possuo vínculo com o IFAM CMDI
124	9/11/2021 16:20:38	Tatiane Cassin	tatianecassin1209@ig.com.br	99121210	Através do prof Vitor no curso FIC	Discente
125	9/14/2021 10:26:38	Tatiane Souza de Rocha	tatianesouza1209@ig.com.br	99121210	Pela Professora Ana Lucia, pois ela me	Discente
126	9/10/2021 8:25:22	THAYANE SOUZA SILVA	thayanesouza1209@ig.com.br	99121210	Amigos	Discente
127	9/9/2021 12:53:52	Thiago Cavalcante Martins	thiagocavalcante1209@ig.com.br	99121210	Informações repassadas por professor	Discente
128	9/10/2021 15:51:17	Thiago Pereira Barros	thiagopereira1209@ig.com.br	99121210	Grupo de professores da Seduc no fac	Não possuo vínculo com o IFAM CMDI
129	9/14/2021 8:22:26	Tiago Moura de Sá	tiagomoura1209@ig.com.br	99121210	Fui indicado pelo meu professor	Discente

Curso de Impressão 3D para Professores e Alunos de Biologia (respostas) (3) - Excel

Arquivo Página Inicial Inserir Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibir Ajuda Acrobat Diga-me o que você deseja fazer

Colar Arial 10 Quebrar Texto Automaticamente Geral

N I S Mesclar e Centralizar

Formatação Condicional Formatar como Tabela Estilos

117

	B	C	D	E	F	G	
	data/hora Inscrição	Nome	Email	Telefone	Como soube do curso	Qual sua relação com o IFAM CMDI?	
130	9/10/2021 12:15:47	Valéria Priscila Teixeira Colomancy	colomancy130@ig.com.br	11997627668	18	Grupo Whatsapp	Discente
131	9/10/2021 13:36:19	Valéria Marília Lima Costa	valeria.park@ig.com.br	912911257405		Atraves de colegas	Discente
132	9/11/2021 16:13:59	Vitor Silva de Azevedo	vitor19891113@ig.com.br	99176 8619		Através do Prof. Vitor Bremgartner	Discente
133	9/13/2021 8:40:11	Walter Mathias Santos de Moraes	walter1408@ig.com.br	991991408642		Curso FIC	Discente
134	9/13/2021 10:20:02	Washington Henrique Alves Washington	ws113@ig.com.br	99158 2211		IFAM	Discente
135	9/9/2021 13:01:50	Wellson Rafael de Oliveira	wellsonrafael@ig.com.br	991989719		Whatsapp	Não possui vínculo com o IFAM CMDI
136	9/14/2021 8:33:40	Yasmin Gabriela Rodrigo	yasmingabrielarodrig@ig.com.br	99254514121		Pela professora Ana Lucia Soares Mac	Docente
137	9/11/2021 18:09:23	Ytalo Ribeiro de Sá	ytaloribeiro@ig.com.br	91296039679		WhatsApp	Discente
138	9/13/2021 10:03:04	Yuri de Souza Ladeira	yurideSouza@ig.com.br	91291620210		Grupo de whatsapp	Discente
139	9/11/2021 17:17:12	Yuri Farias dos Santos	yuri1989@ig.com.br	91298464 6292		Via professor Vitor Bremgartner no cur	Discente
140							

APÊNDICE H — Formulário do curso de extensão

MINISTERIO DA EDUCACAO SECRETARIA DE EDUCACAO PROFISSIONAL E TECNOLOGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS CONSELHO SUPERIOR		MINISTERIO DA EDUCACAO SECRETARIA DE EDUCACAO PROFISSIONAL E TECNOLOGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS CONSELHO SUPERIOR	
ANEXO IV - PROPOSTA DE CURSO		Subclassificação do curso <input type="checkbox"/> Presencial <input checked="" type="checkbox"/> A Distância	
Fazenda*		Forma de ingresso	DISCREÇÃO ONLINE
1. IDENTIFICAÇÃO DO PROPONENTE		Periodicidade das aulas	1 VEZ POR SEMANA
Nome: VITOR BREMGARTNER DA FROTA		Período de Inscrição	01 A 15 DE SETEMBRO DE 2021
Cargo/Função: PROFESSOR EBT		Período de Realização	18/09 A 09/10/2021
Formação acadêmica: DOUTORADO EM INFORMÁTICA		Turno e horário das aulas	10H ÀS 12H / 14H ÀS 16H, NOS DIAS 18/09/25/02 E 09/10
Slap: 1979500	CPF: 914.150.492-72	Local das aulas / Espaço Físico	ESPAÇO MAKER DO IFAM CMDI
Telefone: 92 98116-2315		Público-Alvo	DOCENTES E DISCENTES EM GERAL
E-mail: VITORBREMGARTNER@IFAM.EDU.BR		* Observar as definições no Manual de Extensão do IFAM no item III do subtítulo 6.1 Ações de Extensão.	
Campus: IFAM CMDI		3. COMPETÊNCIAS A SEREM DESENVOLVIDAS DURANTE O CURSO	
2. DADOS GERAIS DO CURSO		ENTENDIMENTO DO USO DE EQUIPAMENTOS DE IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAIS	
Nome do curso	IMPRESSÃO 3D PARA PROFESSORES E ALUNOS DE BIOLOGIA	4. CÂMPUS OU SETORES ENVOLVIDOS (quais unidades da instituição estão envolvidas)	
Programa/Núcleo	PROET - PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO TECNOLÓGICO	IFAM CMDI	
Previsão de Início e Término	18/09 A 09/10/2021	5. RESUMO DO CURSO e PALAVRAS-CHAVE	
Eixo Tecnológico	IMPRESSÃO 3D	O resumo deverá limitar-se a 300 palavras, no máximo, contendo a justificativa, sua relevância, o público envolvido, os objetivos, a metodologia a ser utilizada e a sua relação com o Plano de Desenvolvimento Institucional do IFAM.	
Classificação do Curso*	(X) Curso Livre de Extensão (Carga Horária mínima 8h e máximo 40h) () Curso Formação Inicial (Carga Horária igual ou superior a 100h) () Curso Formação Continuada (Carga Horária mínima de 40h) () Curso de Aperfeiçoamento (Carga Horária mínima de 150 h e inferior a 360h)	Este curso é uma etapa prática sobre como usar a impressora 3D para melhorar a aprendizagem nas aulas de citologia, contendo informações sobre os principais fundamentos da impressão 3D, formas de operacionalizar, e como utilizar modelos de arquivo de células para impressão e um modelo de projeto para ser aplicado com os alunos, com base na metodologia ativa de aprendizagem em projeto. O curso estará disponível também na plataforma digital de aprendizado Moodle, pertencente ao IFAM para uso dos alunos e professores.	
Carga Horária total	12 H	6. EQUIPE DE TRABALHO (todas que estiverem participando diretamente)	
Número de turmas oferecidas	6	Nome: Derys Cruz	Nome: Vitor Brimgartner da Frota
Número de vagas por turma	20	Contato: 92 96507-7810	Contato: 92 98116-2315
		E-mail: dcruz@gmail.com	E-mail: victor@ifam.edu.br
		Unidade: CENTRO	Unidade: IFAM CMDI
		Curso: Impressão 3D pra professores de Biologia	Curso: Impressão 3D pra professores de Biologia

APÊNDICE I — Projeto de ABP com Impressão 3D e Citologia



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TEC. DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO TECNOLÓGICO

DENYS SANTOS DA CRUZ

IMPRESSÃO 3D COMO RECURSO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CITOLOGIA

Orientador: Vitor Bremgartner

=====

PROJETO DE ABP (COMPACTO) SOBRE
A ESTRUTURA DE UMA CÉLULA VEGETAL

Na Aprendizagem Baseada em Projeto, se trabalha uma **questão principal de pesquisa**, chamada de **questão motriz**, ela pode ser definida previamente pelo professor, pelos alunos ou por ambos, neste caso, a questão motriz já está definida abaixo:

1) Questão motriz:

- Qual a diferença entre ver uma célula vegetal em um microscópio e vê-la impressa em 3D?

2) Objetivos:

- a) Conhecer a estrutura de uma célula vegetal através de um microscópio e um protótipo impresso em 3D;
- b) Aprender a imprimir uma célula vegetal usando uma impressora 3D e
- c) Apresentar em vídeo gravado, o que aprenderam sobre esse processo.

3) Recursos necessários:

- ✓ Microscópio;
- ✓ Lâminas;
- ✓ Luvas;
- ✓ Pinças;
- ✓ Cebolas;
- ✓ Água;
- ✓ Tintura de iodo;
- ✓ Notebooks;
- ✓ Rede de Internet;
- ✓ Impressoras 3D e
- ✓ Filamentos (PLA).

4) Etapas a serem cumpridas:

1. Ensino pelo professor(a) da disciplina sobre a estrutura de uma célula vegetal;
2. Divisão feita pelo professor(a) da turma em 2 grupos;
3. Orientação feita pelo professor(a) da disciplina para os alunos, sobre como observar no microscópio a célula vegetal de uma cebola;
4. Alunos: cada grupo receberá uma cebola para observar no microscópio.
5. Após cada grupo fazer uso do microscópio, é o momento de aprenderem a imprimir uma célula vegetal na impressora 3D, precisam anotar também o que irão aprender, quais foram suas impressões porque farão uma apresentação para a turma;

5. Artefatos previstos a serem produzidos:

- 5.1. Uma célula vegetal impressa em 3D e
- 5.2. Gravação em vídeo do que aprenderam nesse projeto, relatar no vídeo;
 - a) Qual é a estrutura de uma célula vegetal;
 - b) Como é visualizar uma célula vegetal em um microscópio;
 - c) Como é visualizar uma célula impressa em 3D;
 - d) O que acharam sobre a possibilidade de imprimir células em impressora 3D, e o que acharam em geral dessa experiência.

6. Gravação em vídeo do que aprenderam nesse projeto:

Os integrantes de cada equipe podem se dividir para fazerem o vídeo, exemplo: um aluno pode gravar o vídeo dos colegas, outro pode apresentar os integrantes da equipe, e o restante da equipe pode se dividir para cada um responder uma das perguntas abaixo no vídeo, é essencial que se responda no vídeo as perguntas abaixo e que todos os integrantes participem de forma direta ou indireta:

- a) Qual é a estrutura de uma célula vegetal;
- b) Como é visualizar uma célula vegetal em um microscópio;
- c) Como é visualizar uma célula impressa em 3D;
- d) O que acharam sobre a possibilidade de imprimir células em impressora 3D, e o que acharam em geral dessa experiência.
- e) Já sabiam como usar uma impressora 3D?
- f) Caso fosse possível ter na aula de citologia todas os tipos de células em 3D, o aprendizado seria melhor? Justifique.
- g) Qual você acha que seria sua maior dificuldade para imprimir uma célula em 3D sozinho.

Observação: Ao terminar de gravar o vídeo envie-o para meu e-mail: [dncruz@gmail](mailto:dncruz@gmail.com) ou para o número do meu WhatsApp 92 99507-7810

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO TECNOLÓGICO
 PROJETO DE PESQUISA: IMPRESSÃO 3D COMO RECURSO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CITOLOGIA
 Mestrando: Denys Cruz Orientador: Vitor Brengartner



Data: / /

1 Nome:	E-mail	Telefone
---------	--------	----------

- ① José Elias Lima Jr. - jeliama@unifma.br - Professor da UEMA
- ② Karoline Gomes Lima - karolinagomes@unifma.br - Aluna O.
- ③ Karoline Gomes Lima - karolinagomes2010@gmail.com - 4299177896
- ④ Wellington Augusto da Silva - waugusto@unifma.br - Aluna
- ⑤ Igor Rafael de Almeida - igorafael@unifma.br
- ⑥ João Marcos Diniz - joaomarcosdiniz@unifma.br
- ⑦ Karoline Gomes Lima - karolinagomes2010@gmail.com - 4299177896
- ⑧ Carlos Vinícius de Almeida - carlosvinicius@unifma.br
- ⑨ Carlos Vinícius de Almeida - carlosvinicius@unifma.br
- ⑩ Hugo Manoel de Almeida - hugo@unifma.br
- ⑪ Cláudia Regina de Almeida - claudia@unifma.br
- ⑫ Evandro Luiz Gomes Junior
- ⑬ Daniel Augusto de Souza
- ⑭ Daniel Augusto de Souza - daniel@unifma.br
- ⑮ Jéssica Regina de Almeida - jessica@unifma.br

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO TECNOLÓGICO
 PROJETO DE PESQUISA: IMPRESSÃO 3D COMO RECURSO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CITOLOGIA
 Mestrando: Denys Cruz Orientador: Vitor Brengartner



1) Nome:	E-mail	Telefone
----------	--------	----------

1. J.E. ...
2. ...
3. ...
4. ...
5. ...
6. ...
7. ...
8. ...
9. ... 3137
10. ... 2184
11. ...
12. ...
13. ...
14. ...
15. ...

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO TECNOLÓGICO
 PROJETO DE PESQUISA: IMPRESSÃO 3D COMO RECURSO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CITOLOGIA
 Mestrando: Denys Cruz Orientador: Vitor Brengartner

DATA: / /

LISTA DE PRESENÇA

Nome:	E-mail	Telefone
1) Dan		Meatrônica
2) ...		Eletrônica
3) ...		Eletrônica
4) ...		Eletrônica
5) ...		Eletrônica
6) ...		Eletrônica
7) ...		Meatrônica
8) ...		Eletrônica
9) ...		Eletrônica
10) ...		Eletrônica
11) ...		MECATRÔNICA
12) ...		ELETRÔNICA
13) ...		Eletrônica

9/10/21

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO TECNOLÓGICO
 PROJETO DE PESQUISA: IMPRESSÃO 3D COMO RECURSO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CITOLOGIA
 Mestrando: Denys Cruz Orientador: Vitor Brengartner

FEUC
 FÓRUM DE GESTÃO DE QUALIDADE

LISTA DE PRESENÇA

Data: / /

Nome:	E-mail	Telefone
1. W		Mecatrônica
2. Jnl		trônica
3. Joz		trônicos
4. Ka		eletrônica
5. Sm		eletrônica
6. Ktd		Eletrônica
7. mi		meatrônica
8. J		Eletrônica
9. Eo		
10. Jo		trônica
11. A		rônica
12. J		trônica
13. G		trônica
14. N		950
15. F		

09/10/21

