



13^a REUNIÃO REGIONAL SUDESTE ANPEd

EM DEFESA DA EDUCAÇÃO PÚBLICA, LAICA E
GRATUITA: POLÍTICAS E RESISTÊNCIAS

2622 - Trabalho Completo - 13a Reunião Científica Regional da ANPEd-Sudeste (2018)
GT 15 - Educação Especial

UTILIZAÇÃO DE FABRICAÇÃO DIGITAL COM MODELOS 3D PARA APOIO PEDAGÓGICO À DEFICIENTES VISUAIS.
Renato Frosch - UNISANTOS - Universidade Católica de Santos
Agência e/ou Instituição Financiadora: CAPES

O desenvolvimento de tecnologias de fabricação digital, aquelas que auxiliam a prototipação rápida que até pouco tempo eram notadas apenas em processos industriais específicos, trouxe algumas novas possibilidades para investigações científicas no campo da educação. Este trabalho apresenta um processo de produção de material pedagógico com uso de modelagem 3D, fabricação e divulgação digital. O trabalho possui resultados qualitativos iniciais positivos. Este material produzido foi utilizado por aluna deficiente visual, do curso de Educação Física, em disciplina de Fisiologia Humana, em faculdade privada. Destaca-se que as produções que concretizaram a feitura deste material pedagógico ocorreram em centros de fabricação e prototipagem, também chamados de *maker spaces*, estes locais têm colocado em pauta reflexão sobre os modelos de produção tradicionais e novas formas de criação e compartilhamento de conhecimentos nas instituições de ensino, seja: básico, médio e superior. A abertura e disseminação da cultura *maker*, que é o plano de fundo desta investigação, possibilita a busca e a provocação de tentativa de atuações por meio de políticas educacionais que apontem para sociedade mais democrática, tolerante e justa.

Palavras-chave: cultura *maker*; deficiência visual; fabricação digital.

UTILIZAÇÃO DE FABRICAÇÃO DIGITAL COM MODELOS 3D PARA APOIO PEDAGÓGICO À DEFICIENTES VISUAIS.

Resumo

O desenvolvimento de tecnologias de fabricação digital, aquelas que auxiliam a prototipação rápida que até pouco tempo eram notadas apenas em processos industriais específicos, trouxe algumas novas possibilidades para investigações científicas no campo da educação. Neste contexto, este trabalho apresenta um processo de produção de material pedagógico com amparo de modelagem 3D, fabricação e divulgação digital. O trabalho possui resultados qualitativos iniciais positivos. Este material produzido foi utilizado por aluna deficiente visual, do curso de Educação Física - Licenciatura, em disciplina de Fisiologia Humana, em faculdade privada do estado de Santa Catarina. Destaca-se que as produções que concretizaram a feitura deste material pedagógico ocorreram em centros de fabricação e prototipagem, também chamados de *maker spaces*, estes locais têm colocado em pauta reflexão sobre os modelos de produção tradicionais e novas formas de criação e compartilhamento de conhecimentos nas instituições de ensino, seja: básico, médio e superior. A abertura e disseminação da cultura *maker*, que é o plano de fundo desta investigação, possibilita a busca e a provocação de tentativa de atuações por meio de políticas educacionais que apontem para sociedade mais democrática, tolerante e justa.

Palavras-chave: cultura *maker*; deficiência visual; fabricação digital.

Introdução

A cultura *maker* se fundamenta em uma colocação frequentemente revisitada na educação. Trata-se do "faça você mesmo" ou "*do it yourself*" (DIY). A essência das ações consiste na constituição de grupos de sujeitos atuando nas diferentes áreas ligadas principalmente as ciências e a tecnologia, que se organizam de modo estruturado com o objetivo de suportar e integrar ordenadamente o desenvolvimento de projetos das mais diferentes especialidades.

Para que este processo ocorra com sucesso, estes sujeitos utilizam preferencialmente a experiência e os conhecimentos adquiridos em diversas trajetórias formativas (formais e não formais), os planos de construção dos próprios membros do grupo. Segundo Samagaia e Delizoicov Neto (2015) estes recursos, que são assim sistematicamente ampliados, testados e melhorados, concebidos na forma de recursos abertos, constituem geralmente uma base de trabalho compartilhada, de usufruto gratuito e coletivo e facilmente acessível. Os *makers* identificam-se ainda a um movimento organizado, estruturado a partir da noção de mínimos recursos e máxima partilha de ideias, de projetos e de concepções.

Neste contexto apresentado e sabido das frequentes propostas de "inovação" e encantamentos das metodologias relacionadas a tecnologia, este texto passa pela apresentação dos aspectos que impulsionaram a cultura *maker* e seus desdobramentos na educação; apresentação do caso investigado; e resultado e reflexões sobre este estudo.

A cultura *maker* e seus desdobramentos na educação formal

O termo *maker* está vinculado a expressão utilizada por alguns teóricos do assunto relacionado a chamada "Terceira Revolução Industrial - TRI".

[...] a Terceira Revolução Industrial terá um impacto tão significativo no século XXI. Ela provocará uma mudança fundamental de cada aspecto de nosso trabalho e vida. A organização convencional, de cima para baixo, da sociedade que caracterizou muito da vida econômica, social e política das revoluções industriais (...), está cedendo as relações colaborativas e distributivas da Era Industrial Verde, emergente. (RIFKIN, 2011, p.35).

Tais processos estão alinhados com princípios da era digital que farão parte das abordagens deste trabalho (colaboração, compartilhamento, rede, *opensource*, *opendesk*, *co-design*, outros) acrescidos de práticas alternativas de produção, como: fabricação digital, processos de produção fundamentados em rede, DIY aplicada

ao processo de manufatura.

Ainda na obra de Rifkin (2011) a TRI é, há algum tempo colocada como a última fase da grande saga industrial e a primeira da era colaborativa emergente. Ao invés de um sistema totalmente vertical, propõe-se uma estrutura horizontal e colaborativa, o capital social passa a ter mais importância que o capital financeiro e as relações são cada vez mais deslocadas de uma propriedade privada baseada em objetos para uma participação coletiva em espaços abertos de domínio público possibilitada.

É neste contexto que as propostas chamadas e implantadas nos *'maker spaces'*, como a deste trabalho, se colocam. Espaços colaborativos, notadamente, iniciados nas faculdades de tecnologia estadunidenses que chegaram no Brasil neste século e possuímos seguintes modelos: particulares (MundoMaker em São Paulo, por exemplo); público (Fab Lab Livre, da prefeitura de São Paulo) e acadêmicos (em Instituições de Ensino Superior).

Um *maker space* é um lugar para trabalho colaborativo que pode estar integrado a uma instituição de ensino ou independente, instalados em espaços públicos ou privados. A mentalidade de se criar alguma coisa e explorar seus próprios interesses está no cerne de um *maker space*. (CAVALCANTI, 2013).

Nestes tempos e espaços a cultura *maker* se posiciona como oportunidade metodológica para aproximação de práticas e organização de parte dos conteúdos construídos. Alguns autores têm buscado e pesquisado explicações sistematizadas das contribuições acadêmicas destes espaços. Neste aspecto, as investigações deste trabalho vão além, pois fundamenta a pesquisa em recorte de avaliação das contribuições para aluno de ensino superior com limitação sensorial de aprendizagem, deficiente visual.

Existem trabalhos de pesquisa desenvolvidos que apoiaram a produção de elementos pedagógicos em aulas tradicionais, é o caso por exemplo da produção observada no registro de Melo (2016) que propôs a fabricação digital para a produção de elementos para apoiar aprendizagens no campo da biologia celular. O aspecto de inovação e colaboração deste trabalho é a utilização deste modelo de produção colaborativo para pessoas com algum tipo de deficiência visual.

Certamente, em nenhum outro processo educativo o material pedagógico tenha importância tão relevante como aquele utilizado para a educação de pessoas com algum tipo de deficiência visual. Cerqueira e Ferreira (2000) apontam que a especificidade deste processo de aprendizagem está baseado nos aspectos:

- o
- um dos problemas básicos do deficiente visual, é a dificuldade de contato com o ambiente físico;
- o
- a carência de material adequado pode conduzir a aprendizagem do deficiente visual a um mero verbalismo, desvinculado da realidade;
- o
- a formação de conceitos depende do íntimo contato do indivíduo com as coisas do mundo;
- o
- tal como a pessoa de visão normal, o deficiente visual necessita de motivação para a aprendizagem;
- o
- alguns recursos podem suprir lacunas na aquisição de informações pelo deficiente visual;
- o
- o manuseio de diferentes materiais possibilita o treinamento da percepção tátil, facilitando a discriminação de detalhes e suscitando a realização de movimentos delicados com os dedos.

O caso investigado

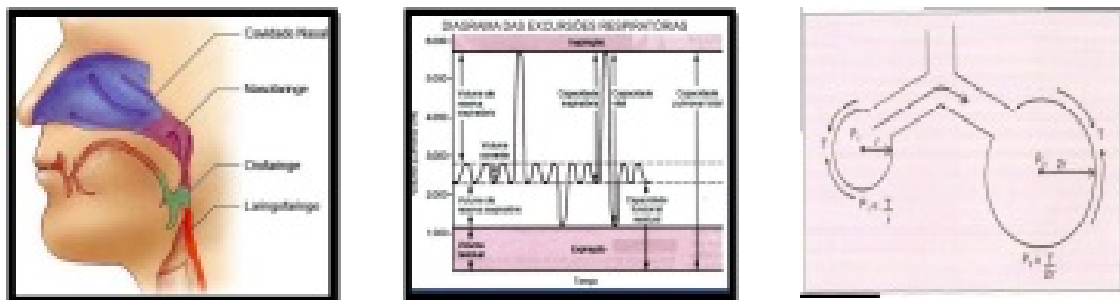
O caso investigado neste trabalho está relacionado a elaboração, prototipação e produção de modelos pedagógicos concebidos em impressora 3D para apoio didático na disciplina de Fisiologia Humana, em curso de Educação Física.

A professora responsável pela disciplina ao deparar-se com aluna deficiente visual na turma e reconhecer que a disciplina em questão requer aplicação de muitos elementos visuais, característica comum nas disciplinas básicas da área de saúde (anatomia, fisiologia, citologia), apresentou o problema para a coordenação de curso, que por sua vez, remeteu a situação para o autor deste trabalho que vem desenvolvendo investigações da cultura *maker*, fundamentalmente aquelas com contribuições na educação e em políticas públicas.

Tais disciplinas possuem uma quantidade bastante significativa de imagens que, ainda possuem um nível de especificidade relacionada aos termos e entendimentos que requerem muitas vezes a reflexão e interpretação para que, de fato, ocorram as aprendizagens significativas.

A seguir são apresentadas imagens de um dos assuntos discutidos na disciplina Fisiologia Humana. Trata-se de apresentação das estruturas e dinâmicas de funcionamentos biológicos do sistema respiratório humano.

Figura 1, 2 e 3 – Exemplos de imagens selecionadas para realização da produção digital.



Fontes: <http://www.accelerated-ideas.com/dicasdesaude/cancer-de-nasofaringe.aspx>; <http://anatomiafacil.com.br/041-volumes-e-capacidades-pulmonares/>; Aires (2008).

Metodologicamente, estas três imagens serão também utilizadas nos itens seguintes deste trabalho relativizando-se a evolução dos tópicos apresentados.

Franco (2009) afirma que pressupõe-se que o conhecimento científico estrutura-se a partir de leis gerais, mas a prática configura-se na contextualidade, na especificidade, essa representação entre ciência e prática parece que dificultou a organização de conhecimento científico a partir das articulações teórico-práticas. Esse é um problema que a Pedagogia enquanto ciência deverá resolver, ou seja, estruturar-se como ciência da prática e para a prática.

A autora segue apontando que a pesquisa científica em educação não pode mais se contentar em estudar separadamente as duplas de professor/aluno, saberes/conteúdos, nem mais separar teoria e prática. Será preciso que a metodologia de pesquisa em educação passe a organizar conhecimentos a partir dos saberes construídos nas práticas, pelos práticos.

Diante destes aspectos não lineares que se afastam do conceito do tecnicismo teórico a cultura *maker* mostra-se como uma oportunidade de estabelecer relações práticas e de pesquisa a partir do estabelecimento de algumas ações.

A partir da escolha das imagens pela professora da disciplina, o autor do trabalho com grupo de designers preocupou-se em buscar os aspectos significativos que apontassem para que o material tivesse um resultado adequado. Assim, as modelagens produzidas seguiram a conceituação proposta por Cerqueira e Ferreira:

Tamanho: os materiais devem ser confeccionados em tamanhos adequados às condições dos alunos. Materiais excessivamente pequenos não ressaltam detalhes de suas partes. O exagero no tamanho pode prejudicar a apreensão da totalidade (visão global).

Significação tátil: o material precisa possuir um relevo perceptível e constituir-se de diferentes texturas para melhor destacar as partes componentes. Contrastes do tipo: liso/áspero, fino/espesso, permitem distinções adequadas.

Aceitação: o material não deve provocar rejeição ao manuseio, fato que ocorre com os que ferem ou irritam a pele, provocando reações de desagrado.

Fidelidade: o material deve ter sua representação tão exata quanto possível do modelo original.

Facilidade de manuseio: os materiais devem ser simples e de manuseio fácil, proporcionando ao aluno uma prática utilização.

Resistência: os recursos didáticos devem ser confeccionados com materiais que não se estraguem com facilidade, considerando o frequente manuseio pelos alunos.

Segurança: os materiais não devem oferecer perigo para os educandos.

Com o entendimento destes requisitos o passo seguinte foi a elaboração destes modelos com o apoio da impressão 3D, um dos importantes pilares da fabricação digital.

O processo de impressão 3D não é novo, portanto o termo inovação não deve ser utilizado neste contexto. A tecnologia de impressão 3D já existe desde o século passado. Ocorre que a partir da década de 2010 viu-se a popularização dos *hardwares* de prototipação rápida, seja para uso acadêmico ou de produção não seriada.

Atualmente, há grande oferta destes equipamentos no mercado nacional. Assim, com a tecnologia disponível e os equipamentos em patamar financeiro acessível aponta-se para viabilidade de operacionalização deste processo em ensino e pesquisa.

As impressoras 3D utilizam-se da tecnologia *Fusion Deposition Modeling* (FDM), modelagem por fusão e depósito. Basicamente, após a modelagem eletrônica realizada e o encaminhamento de comandos numéricos para a impressora, o bico extrusor deposita um termoplástico que fundido dá o formato a peça ou modelo desejado.

Figura 4 – Exemplo de impressora 3D.



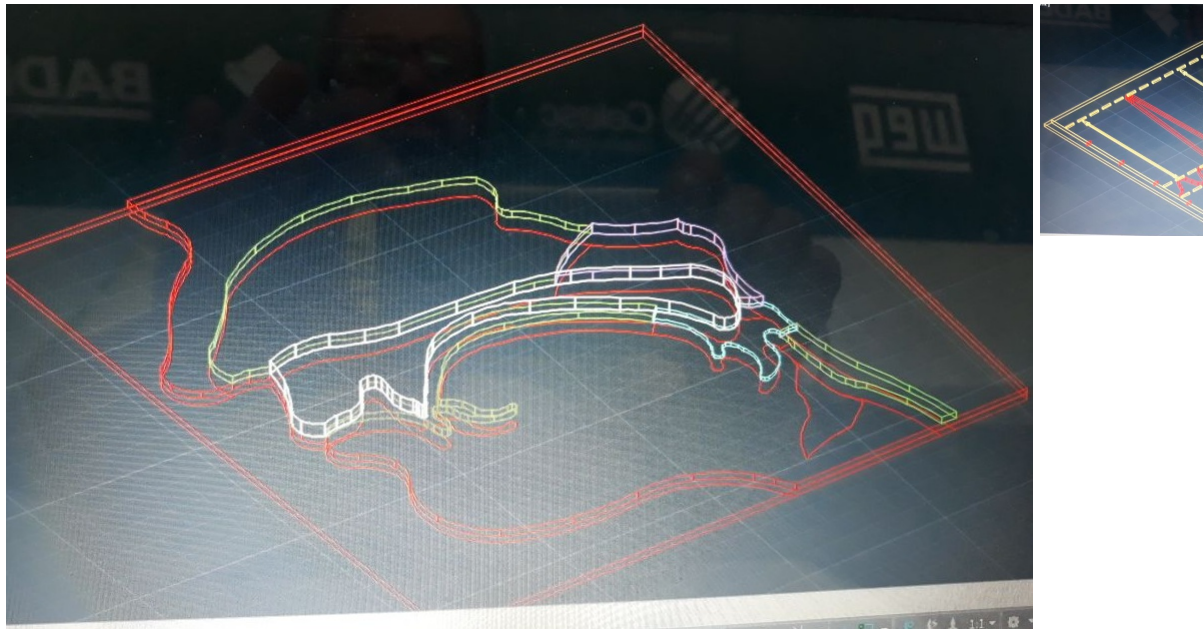
Fonte: GTMax Graber.

Este processo de produção eletrônica baseia-se em três principais etapas: (1) modelagem eletrônica: produção do modelo eletronicamente com uso de *softwares* vetoriais específicos (Blender, Tinkercad); (2) slicer do modelo: com o modelo tridimensional a impressora matematicamente realizará a colocação de filamento a partir de camadas, e para tanto, é necessário uma etapa eletrônica para esta produção. Há *softwares* específicos para este fim: Cura ou Repetier; (3) impressão, propriamente: basicamente trabalho de *hardware* que, pode levar desde alguns minutos até dezenas de horas dependendo da qualidade e dimensões do modelo pretendido.

Modelagem eletrônica

A modelagem é a realização do processo eletrônico de construção do desenho tridimensional, ou seja, é a elaboração do modelo propriamente dito. Esta fase requer algumas habilidades visuais desenvolvidas, como: conhecimento de desenho de observação e abstração volumétrica, e alguns conhecimentos específicos relacionados a *softwares*. A cultura *maker* apoia-se e difunde o uso de *softwares* livres, que é uma das bases deste movimento, desta forma recomenda-se, e destaca-se que nesta investigação foi utilizado *software* livre Blender.

Figura 5, 6 e 7 – Produção da modelagem eletrônica.



Fonte: autor.

Slicer do modelo

Ainda como parte do processo eletrônico, se faz necessário o “fatiamento” do modelo como etapa que precede a impressão. A impressora receberá comandos numéricos, geralmente um código G (g-code) que realizará o deslocamento do bico extrusor nos eixos X, Y e Z e para esta realização o modelo necessita ser virtualmente cortado horizontalmente em pequenas linhas que são calibradas em milímetros caracterizadas como altura das camadas de impressão.

Figura 8 – Definição dos parâmetros para impressão.

Material: PLA

[Verificar compatibilidade](#)

Configuração de Impressão

Recomendado | Personalizado

Perfil: Coarse Quality - 0.4mm

Buscar...

Qualidade

Altura de Camada: 0.2 mm

Perímetro

Espessura de Parede: 0.8 mm

Espessura Superior/Inferior: 0.8 mm

Preenchimento

Densidade do Preenchimento: 5 %

Passos Graduais de Preenchimento: 0

Material

Temperatura de Impressão: 200 °C

Temperatura do Bico de Impressão: 200 °C

Altura de Camada

A altura das camadas em mm. Valores mais altos produzem impressões mais rápidas em resoluções baixas, valores mais baixos produzem impressão mais lentas em resolução mais alta. Recomenda-se não deixar a altura de camada maior que 80% do diâmetro do bico.

Afeta

- Camadas Superiores
- Camadas Inferiores
- Espessura da Camada de Preenchimento
- Largura Mínima de Contorno para Expansão
- Velocidade Regular da Ventoinha na Camada
- Espessura de Camada do

112.5 mm 150 %

92.25 mm 150 %

40.875 mm 150 %

Alinhar Redimensionamento

Redimensionamento Uniforme

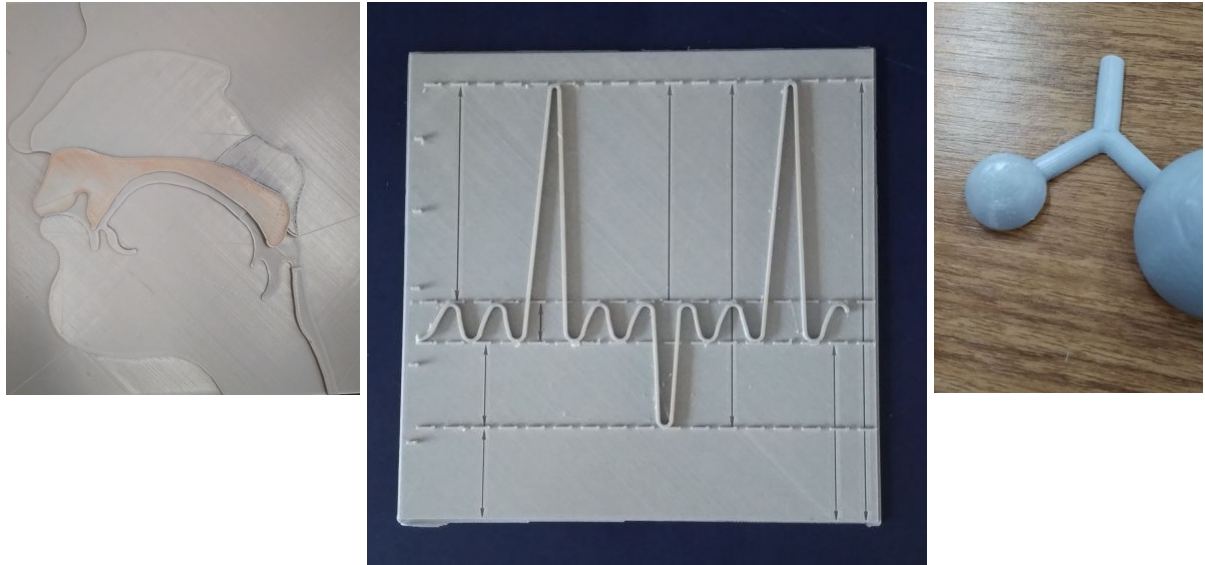
Fonte: autor.

Impressão

Como apresentado anteriormente, a última fase da produção é a impressão. O tempo de impressão dependerá diretamente das dimensões, do nível de detalhamento e acabamento do modelo pretendido, assim como ocorre em impressões tradicionais. Os materiais mais comuns utilizados para materiais pedagógicos são: o plástico Acrilonitrila Butadieno Estireno, popularmente e comercialmente conhecido como ABS, com características de rigidez e leveza e o outro material mais empregado é o

ácido polilático, o PLA. Este último um polímero biodegradável, pode ser a base de amido de milho, por exemplo. Os resultados dos modelos produzidos com este material são de elevada rigidez e baixa resistência a temperaturas mais elevadas.

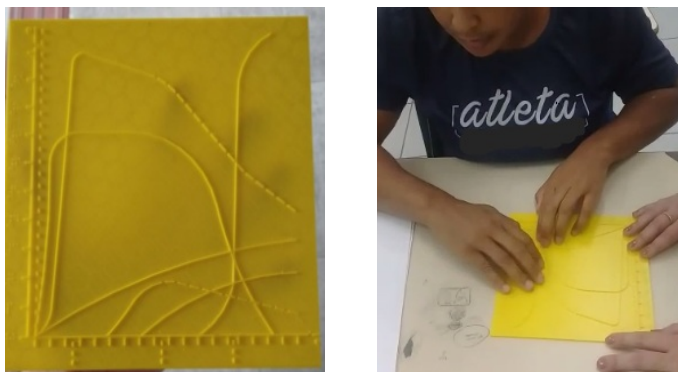
Figura 9, 10 e 11 – Modelos impressos.



Fonte: autor.

Após a produção do material foram duas as abordagens sequenciais. Uma primeira de utilização do material pedagógico em sala de aula e, a partir desta utilização ocorrida pela aluna deficiente visual, foram observados em análise qualitativa os devidos comentários de ordem prática, como: aumentar a diferença de espessura do alto-relevo, ajustar o diâmetro do ponto que compõe o braile, padronizar a rugosidade do material, etc. Estes comentários foram apontados e culminaram nas adaptações da modelagem. Por fim, as modelagens produzidas foram divulgadas em repositório em rede específico (thingiverse.com) para colaboração e disseminação deste conhecimento prático produzido.

Figura 12 e 13 – Aluna utilizando com orientação da professora um dos modelos impressos.



Fonte: autor.

Finalizando esta fase de produção do material didático, especificamente para utilização da aluna cega, remete-se aos estudos de Silveira (2015) para que reflexões sejam colocadas no aspecto da popularização e divulgação deste conhecimento construído.

Silveira aponta que *softwares* são linguagens essenciais de uma sociedade em rede, da qual não conhecemos sua gramática, mas mesmo assim podemos utilizá-los. Os seus desenvolvedores, aqueles que escrevem seus códigos-fonte, têm um poder social de relevância crescente. Definem nos códigos fonte nossas possibilidades de comunicação, o "como podemos dizer" e, em alguns casos, "o que podemos dizer".

Há mais de uma década atrás que o movimento colaborativo de desenvolvimento e uso *desoftware* esteve presente em todo o mundo contaminou outras áreas da produção simbólica e cultural. O *Creative Commons* é um exemplo dessa irradiação contrária ao atual modelo hegemônico de propriedade de bens intangíveis, inspirado pelo movimento do *software* livre, avançou para a produção de outros bens culturais, tais como a música, a literatura e artes.

Se há mais de uma década abordam-se metodologias de colaboração estamos em momento importante de aplicação e divulgação destes princípios incluindo os conhecimentos no campo da educação. Com o advento da colaboração em rede, ou seja, a possibilidade destes arquivos produzidos estarem disponibilizados na internet e o próprio *hardware* (a impressora) possuir meios de produção com encaminhamentos livres, sem patentes ou amarras industriais, vislumbra-se e concretiza-se a possibilidade pedagógica da divulgação da metodologia e penetração em locais que necessitam de apoios diversos para que ocorram adequadamente múltiplas aprendizagens.

Silveira finaliza e, particularmente corroboro com seu posicionamento que, cabe destacar que, seja nas grandes empresas de tecnologia ou nas empresas de manufatura há que se apontar a existência de uma fissura importante em relação ao modelo colaborativo.

O uso desta metodologia em instituição de ensino superior, com recursos para inclusão em grupo de disciplina de bases biológicas, da aluna deficiente visual evidencia o potencial de utilização destes conceitos.

Considerações Finais

O desenvolvimento deste trabalho aponta contribuições sob aspecto de desenvolvimento de material pedagógico de modo colaborativo a partir da utilização da fabricação digital no ambiente acadêmico. Espera-se que as referências acadêmicas aqui produzidas e apresentadas neste trabalho possam servir, de alguma forma, para futuros trabalhos ou mesmo de inspiração e desafio para novas formas de produção de materiais em uma via não necessariamente comercial e de exploração de patentes, uma vez que essa tecnologia vem setornando instrumento potencializador para o ensino de diversas áreas do conhecimento.

Referências

AIRES, Margarida de Mello. **Fisiologia**. 3 .ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

CAVALCANTI, Gui. **Is it a hackerspace, makerspace, techshop or fablab?** Disponível em: <<https://makezine.com/2013/05/22/the-difference-between-hackerspaces-makerspaces-techshops-and-fablabs/>>. Acesso em: 29 out. 2017.

CERQUEIRA, Jonir Bechara; FERREIRA, Elise de Melo Borba. Recursos didáticos na educação especial. **Revista Brasileira Para Cegos**: Instituto Benjamin Contant, Rio de Janeiro, v. 516, p.12-14, abr. 2000. Trimestral.

FRANCO, Maria Amélia Santoro. Prática docente universitária e a construção coletiva de conhecimentos: possibilidades de transformação no processo ensino-aprendizagem. **Cadernos de Pedagogia Universitária**, São Paulo, v. 1, n. 10, p.23-48, set. 2009.

MELO, Fernanda dos Santos Camara. **Fabricação digital no ensino-aprendizagem de biologia celular**. 2016. 75 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Católica de Santos, Santos, 2016.

RIFKIN, Jeremy. **A Terceira Revolução Industrial – Como o poder lateral está transformando a energia, a economia e o mundo**. São Paulo: M. Books do Brasil, 2011.

SAMAGAIA, Rafaela; DELIZOICOV NETO, Demétrio. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2015. **Educação científica informal no movimento "Maker"**. Águas de Lindóia: Enpec, 2015. p. 1 – 8.

SILVEIRA, Sérgio Amadeu da. **A mobilização colaborativa e a teoria da propriedade do bem intangível**. 2005. 123 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Política, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.