

Da Teoria à Prática com o GPH: Metodologia para Desenvolvimento de Cursos *Maker*

Otávio Barbosa¹, Lisandry Azuaje¹, Alba Araújo¹, Vinicius Cruz¹, Samaherni Dias¹

¹Laboratório de Sistemas Embarcados (LASEM),
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – Natal – RN – Brazil

otavio.barbosa.017@ufrn.edu.br

Abstract. This article presents a methodology for developing courses that promote the teaching and dissemination of knowledge related to the maker culture, based on the research and extension activities of the Hardware Research Group (GPH) at UFRN. The methodology integrates material production, class application, and student evaluation, with the goal of creating a modularized course adaptable to different contexts and audiences. The courses cover basic concepts of electronics, programming, microcontrollers, 3D model design, printed circuit board (PCB) fabrication, and electronic component soldering. In addition to exploring the maker culture as a movement that promotes experimentation, innovation, and learning, highlighting the importance of technology and maker education. As a result, the application of C++, Arduino, and prototyping courses is achieved, with teaching materials, technical support, and practical projects.

Resumo. Este artigo apresenta uma metodologia para desenvolver cursos que promovam o ensino e a disseminação de conhecimentos relacionados à cultura maker, com base nas atividades de pesquisa e extensão do Grupo de Pesquisa em Hardware (GPH) da UFRN. A metodologia integra a produção de materiais, a aplicação das aulas e a avaliação dos alunos, visando criar um curso modularizado e adaptável a diferentes contextos e públicos. Os cursos abrangem conceitos básicos de eletrônica, programação, microcontroladores, design de modelos 3D, elaboração de placas de circuito impresso (PCB) e soldagem de componentes eletrônicos. Além de explorar a cultura maker como um movimento que promove a experimentação, a inovação e o aprendizado, destacando a importância da tecnologia e da educação maker. Como resultado tem-se a aplicação dos cursos de C++, Arduino e prototipagem, com materiais didáticos, suporte técnico e projetos práticos.

1. Introdução

Em meados de 1950, durante a Terceira Revolução Industrial, emergiu o movimento *Do It Yourself* (DIY). Este movimento incentiva a sociedade a desenvolver habilidades para criar objetos pequenos, resolver problemas domésticos e realizar consertos por conta própria, promovendo um consumo mais consciente e a prática do “faça você mesmo” [Carvalho 2024].

O movimento DIY permite que as pessoas lidem com seus problemas de forma autônoma, sendo considerado um precursor da cultura *maker* [Carvalho 2024]. Hoje,

o termo *maker* abrange tanto aqueles que produzem em casa quanto os que participam de espaços colaborativos, compartilhando conhecimento em comunidades *online* ou presenciais [J. Debowski e Ryan 2024]. Essa evolução reflete a expansão da colaboração e inovação.

A cultura *maker* ganhou destaque após o lançamento da revista *maker Magazine* e do evento Maker Faire. Em 2005, Dale Dougherty publicou um manifesto que destacou o papel da cultura *maker* em relação às novas tecnologias digitais, como impressoras 3D e internet das coisas (IoT - *Internet of Things*), impulsionando a criação de objetos inovadores [Tabarés e Boni 2023]. Adicionalmente, as comunidades *online* permitiram o compartilhamento de ferramentas, trabalhos e ideias, garantindo uma maior colaboração e participação global dos adeptos ao movimento [Papavlasopoulou et al. 2017]. Isso facilitou a disseminação de conhecimentos e a realização de projetos colaborativos em escala global.

Ao interagir com a cultura *maker*, o indivíduo apresenta melhorias nas suas habilidades cognitivas, psicomotoras e comportamentais [J. Debowski e Ryan 2024]. Durante o desenvolvimento dos seus trabalhos também é possível aprimorar as suas habilidades interpessoais como o trabalho em equipe, a gestão de tarefas, comunicação, criatividade, pensamento crítico e entre outros aspectos avaliados pelo mercado de trabalho [Tabarés e Boni 2023].

A crescente digitalização no setor empresarial e industrial, atrelado ao desenvolvimento da Indústria 4.0, tem favorecido aqueles que desenvolvem soluções inteligentes, conectadas e automatizadas. Diante dessa necessidade, muitos desses setores têm apostado na disseminação dos conhecimentos em STEM (*Science, Engineering, Technology and Mathematics*) para avançar na aprimoração da produção [Tabarés e Boni 2023]. Ao aliar as práticas *maker* com os conhecimentos em STEM e o incentivo do DIY, muitos profissionais estarão aptos a aplicar soluções inovadoras e criativas para as necessidades emergentes da indústria.

O incentivo à evolução da cultura *maker* é apoiado por governos como o dos Estados Unidos e da China. Nos Estados Unidos, tem-se o exemplo da iniciativa *Educate to Innovate* que incentivou a construção de Laboratórios de Fabricação Digital (FabLabs) em instituições de ensino para promover a aprendizagem baseada em problemas. Enquanto que, na China, pode-se citar a iniciativa semelhante à dos Estados Unidos para a construção de FabLabs apelidados por eles de “XinCheJian”, traduzido como novas oficinas ou indústrias [Tabarés e Boni 2023].

No contexto brasileiro, a cultura *maker* é utilizada para o ensino de robótica, programação e engenharia por meio dos FabLabs. Esse processo vem aliado às abordagens de ensino ativas, como a aprendizagem baseada em problemas (PBL - *Problem-Based Learning*). O ensino *maker* tem sido utilizado para alavancar o letramento digital, garantindo o uso das tecnologias e a apropriação tecnológica por crianças e adolescentes [Carvalho 2024]. Isso contribui para a formação de uma geração capacitada para enfrentar os desafios tecnológicos do futuro.

Neste trabalho, será apresentado uma metodologia de desenvolvimento de cursos e atividades extracurriculares que buscam alavancar o ensino e a propagação de alguns conhecimentos atrelados à cultura *maker*. Essa metodologia é fruto das atividades de

pesquisa e extensão do Grupo de Pesquisa em Hardware (GPH), um grupo de pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

A metodologia integra a produção de materiais, aplicação das aulas e avaliação dos alunos, visando criar um curso modularizado e adaptável a diferentes contextos e públicos. As atividades tornam-se práticas versáteis e podem ter objetivos de avaliação específicos. Entre os conhecimentos abordados estão o ensino de conceitos básicos de eletrônica, programação, microcontroladores, *design* de modelos 3D, elaboração de placas de circuito impresso (PCB) e soldagem de componentes eletrônicos.

2. Fundamentação Teórica

A cultura *maker* é um movimento que promove a experimentação, a inovação e o aprendizado dentro e fora da sala de aula. O CEO (*Chief Executive Officer*) da 3D Robotics, Chris Anderson, considera essa cultura uma “nova revolução cultural” essencial na educação contemporânea, baseada em quatro pilares: criatividade, colaboração, sustentabilidade e escalabilidade [Anderson 2012]. Essa abordagem é aplicada em diversas áreas do conhecimento, como engenharia, eletrônica, desenho, programação e robótica.

No entanto, a estrutura tradicional de ensino é frequentemente hierárquica, com o professor como o transmissor de conhecimento [Borri 2021]. Em contraste, a abordagem moderna, como o “terceiro professor” [Daniela 2021], incentiva a participação ativa dos alunos, focando na construção de habilidades e competências. Nesse contexto, o foco principal não é mais a transmissão de informações, mas sim a criação de ferramentas e habilidades práticas.

A tecnologia desempenha um papel crucial na cultura *maker*, permitindo que os alunos sejam coautores do seu aprendizado. Linda Daniela, professora e pesquisadora sênior na Universidade da Letônia, destaca o uso de plataformas físicas e digitais, como impressoras 3D e computadores, para integrar tecnologias no processo educacional. Essas plataformas oferecem oportunidades de aprendizado interativo, permitindo que os alunos trabalhem com tecnologias avançadas, como impressão 3D e soldagem, que antes eram restritas a ambientes de pesquisa e indústria [Daniela 2021].

Quando inserida dentro do contexto da educação, a cultura *maker* resulta na chamada educação *maker*. Esse modelo de ensino permite que os alunos desenvolvam as habilidades de resolução de problemas, criatividade, trabalho em equipe e liderança. No entanto, para que isso seja possível, é importante a presença de espaços como os FabLabs, que reúnem as ferramentas necessárias para os estudantes transformarem as suas ideias em realidade [Carvalho 2024].

A criação, disseminação e popularização dos espaços *makers* promovem um aprendizado mais significativo comparado com os métodos tradicionais [Blikstein 2018]. Isso ocorre porque os alunos podem projetar, construir e testar suas ideias, ao invés de apenas absorver o conhecimento de forma passiva. Além disso, esses espaços aumentam o acesso a ferramentas de fabricação digital, como impressoras 3D e cortadoras a laser, permitindo que alunos, professores e comunidades utilizem tecnologias avançadas que antes eram restritas a núcleos de pesquisas e grandes indústrias.

No contexto brasileiro, a cultura *maker* enfrenta desafios na implementação devido falta de infraestrutura adequada, professores capacitados e recursos financeiros. Isso

limita a implementação dessa forma de ensino e do letramento digital principalmente a instituições privadas de ensino.

Alguns dos conhecimentos disseminados na cultura *maker* podem ser destacados: a produção de modelos 3D utilizando da manufatura aditiva, onde impressoras depositam filamentos camada a camada; a produção de PCB que envolve máquinas fresadoras que desgastam o cobre para formar trilhas de conexão entre os componentes eletrônicos; a programação, que o foco está no desenvolvimento de lógica e *firmware* em C/C++, incentivando o pensamento lógico e soluções otimizadas para sistemas embarcados.

3. Materiais e Métodos

A metodologia proposta neste trabalho é focada no desenvolvimento de habilidades essenciais para a cultura *maker* como prototipagem e programação. A mesma foi desenvolvida para disciplinar a elaboração de cursos que se adaptem a diversos públicos e a transmissão de conteúdos variados.

A metodologia proposta inicia com um *brainstorm* entre pessoas especializadas no assunto que o curso abordará. Nesta etapa é discutida a estruturação do curso, como se dará sua aplicação no formato *Hands-On*, as habilidades a serem desenvolvidas, as atividades a serem trabalhadas, a progressão do assunto a ser ministrado e a integração entre os cursos oferecidos pelo grupo.

O próximo passo é a seleção de conteúdos, a qual deve ser pensada objetivando uma ampla modularização, tanto em conteúdos, como em abordagem. Assim, se trabalha para desenvolver um curso facilmente adaptável para públicos distintos, carga horária distinta, recursos distintos ou qualquer outra necessidade de modularização considerada no *brainstorm*. Isso possibilita uma melhor adequação ao público e a transmissão de conhecimento de forma mais rápida e clara para cada ocasião. Também, procura-se dividir as habilidades interpessoais e técnicas que serão abordadas em cada etapa do curso, a fim de facilitar a avaliação de cada aluno.

Em seguida, vem a definição dos materiais utilizados no curso e o planejamento do apoio técnico necessário. Como os cursos são *Hands-On*, se faz necessário planejar todo o apoio técnico com uma ampla utilização de monitores para minimizar os impactos da diferença de conhecimentos prévios e como se dará o treinamento prévio desses monitores. Além disso, destaca-se a importância de discutir o conteúdo de cada aula, desenvolver os materiais didáticos, integrar os conteúdos das aulas passadas e sempre pensar em atividades, ou desafios, para o final de cada aula. Por fim, os cursos devem buscar ensinar aos alunos a transformar ideias em soluções reais e automatizar tarefas, utilizando ferramentas acessíveis, *softwares* e *hardware* livre.

3.1. Aplicação da Metodologia no GPH

Os cursos desenvolvidos pelo GPH (Grupo de Pesquisa em Hardware) buscam ensinar ao aluno os conhecimentos necessários para ingressar na cultura *maker*. Entre os cursos ofertados pelo grupo pode-se destacar os: cursos de prototipagem, curso de Arduino e o curso de C++. Todos eles possuem uma forma de serem estruturados e elaborados a fim de garantir ao aluno um aprendizado ativo e eficiente.

O curso de C++ é utilizado para o ensino de conceitos de programação para os iniciantes. Esse curso é onde o grupo aborda os conceitos de lógica de programação,

algoritmos de ordenamento, estruturas de dados, laços de repetição e blocos lógicos. Para o aluno que está iniciando os seus estudos é o primeiro passo para o desenvolvimento de seus projetos. Assim, ao longo das aulas o aluno aprenderá a criar os seus primeiros programas e será motivado a desenvolver um projeto a ser entregue ao final do curso, onde em cada aula aprenderá um assunto novo que permite construir uma nova parte da solução. O material didático é distribuído de forma eletrônica e conta com apresentações do conteúdo, códigos fontes de exemplo, desafios, instruções sobre o projeto e materiais auxiliares. Para o curso são planejados uma proporção de um monitor para cada quatro alunos, os quais irão atuar especificamente no suporte *Hands-On*. Na Tabela 1, é possível visualizar a estrutura final do Curso de C++, que integra os conteúdos e carga horária de cada aula.

Tabela 1. Plano de aulas do curso de C++

Dia	Conteúdo	Carga Horária
1	Introdução a algoritmos, pseudocódigo e linguagem C++	2h
2	Sintaxe do C++, tipos de variáveis e operadores	2h
3	Estruturas de seleção e repetição	2h
4	Arrays, strings e matrizes no C++	2h
5	Introdução a funções e bibliotecas	2h
6	Desenvolvimento do projeto final (Jogo da Velha)	2h

O curso de Arduino é o passo seguinte para o aluno que finalizou o curso de C++, pois é ensinado uma aplicação direta da linguagem de programação aprendida. Neste curso, o aluno conhecerá a plataforma Arduino composta pela placa de desenvolvimento, para o curso utiliza-se do Arduino Uno R3, e da Arduino IDE para a programação. Ao longo do curso, o aluno deverá escolher um projeto a ser desenvolvido de forma autônoma e entregue no último dia de aula, sendo que é preciso programar a placa e utilizar dos sensores apresentados no curso. O material didático é distribuído de forma eletrônica e também conta com apresentações do conteúdo, códigos fontes de exemplo, desafios, instruções sobre o projeto e materiais auxiliares como folha de dados dos componentes eletrônicos. Para este curso, também se define uma lista prévia de sensores e periféricos de entrada e saída. Para o curso são planejados uma proporção de um monitor para cada quatro alunos, os quais irão atuar no suporte *Hands-On*, dúvidas teóricas e dúvidas de conhecimento eletrônicos. A Tabela 2 sintetiza os conteúdos e carga horária de cada aula.

Tabela 2. Plano de aulas do curso de Arduino

Dia	Conteúdo	Carga Horária
1	Introdução ao Arduino, IDE de programação, componentes básicos	2h
2	Portas digitais, entradas e saídas, uso de botões e LEDs	2h
3	Portas analógicas, sensores e atuadores	2h
4	PWM, controle de motores e LEDs RGB	2h
5	Comunicação serial e monitoramento de dados	2h
6	Protocolos de comunicação (I2C e SPI)	2h
7	Desenvolvimento de projeto final	2h

Por último, o curso de prototipagem oferece ao aluno a possibilidade de expandir os seus projetos, já que é composto por três oficinas que abordam o design de PCB (*Printed Circuit Board*), a soldagem de componentes eletrônicos e a modelagem 3D, permitindo que os alunos desenvolvam protótipos robustos e replicáveis. Este curso foi estruturado para ser ministrado ao longo de cinco dias divididos da seguinte forma: os dois primeiros dias dedicados ao design da PCB, um dia para a soldagem dos componentes eletrônicos e os dois últimos dias para a modelagem 3D. Além disso, os alunos possuem um objetivo claro para ser desenvolvido ao longo do curso, pois recebem um mini projeto a ser desenvolvido e entregue no último dia de aula. Mais uma vez, o material didático é distribuído de forma eletrônica e também conta com apresentações do conteúdo, instruções sobre o projeto e materiais auxiliares. Para este curso, faz-se necessário um ambiente adequado, estações de solda, componentes eletrônicos, PCB, *case* 3D, entre outros materiais de consumo. Para o curso são planejados uma proporção de um monitor para cada três alunos, os quais irão atuar no suporte *Hands-On* dos projetos e no auxílio da montagem das placas.

Na Tabela 3, é possível visualizar a estrutura final do Curso de Prototipagem, que integra os conteúdos e carga horária de cada aula. As oficinas geralmente iniciam com a apresentação do projeto a ser desenvolvido e a plataforma que será utilizada, proporcionando aos participantes uma visão clara dos objetivos. Enquanto que os participantes também são avaliados por habilidades interpessoais, como gestão de tempo, essencial para a produção e entrega das atividades, e atenção, crucial para garantir a precisão nas conexões do circuito e no manuseio das ferramentas. Dessa forma, os alunos desenvolvem as competências tanto técnicas quanto sociais, preparando-os para trabalhar de forma eficaz em seus projetos *makers*.

Tabela 3. Plano de aulas do curso de prototipagem

Dia	Conteúdo	Carga Horária
1	Introdução ao EasyEDA e apresentação do projeto em PCB	2h
2	Design, roteamento e exportação da PCB	2h
3	Técnicas, segurança e prática de soldagem	2h
4	Introdução à modelagem 3D e apresentação da <i>case</i>	2h
5	Design e ajustes da <i>case</i>	2h

Os cursos desenvolvidos possuem a possibilidade de adaptação por meio de oficinas. Para a área de prototipagem, existem as oficinas de modelagem 3D, soldagem eletrônica e design de PCB de forma individualizadas, onde o projeto a ser desenvolvido é adaptado ao objetivo do público alvo. Quanto ao curso de C++, a oficina é construída baseada no nível de conhecimento do público e na carga horária disponibilizada. Por último, a oficina para Arduino é determinada de forma semelhante a de C++, com a diferença estabelecida entre os sensores e funcionalidades da placa que serão abordados.

Sendo assim, os cursos e oficinas ofertados pelo GPH fornecem uma trilha de conhecimento do mundo *maker* para que o aluno possa adquirir os conhecimentos básicos para a elaboração de seus projetos eletrônicos. Assim como, possuir a habilidade de produzir as suas próprias placas de circuitos e seus modelos 3D para ampliar a robustez de seus projetos e aprimorar a sua autonomia de desenvolvimento, evoluindo de protótipos

básicos em *prot-o-boards* para soluções mais robustas, ampliando sua confiança e habilidades para desenvolver soluções pessoais, comerciais ou educacionais. Dentre os principais objetivos dos cursos, encontra-se a possibilidade de proporcionar o aprendizado por meio da prática, permitindo que os estudantes se engajem ativamente no processo de aprendizagem.

4. Resultados

O GPH já aplicou 6 cursos e 2 oficinas (ver Tabela 4) seguindo a metodologia proposta. O Curso de Prototipagem, primeiro a ser implementado, foi desenvolvido com a colaboração de participantes especializados em *design* de PCB e soldagem eletrônica. Conforme dito anteriormente, o curso de prototipagem é composto por três oficinas e na primeira edição 10 alunos participaram de duas oficinas integradas: uma sobre *design* de placas com o software EasyEDA e outra de soldagem de componentes eletrônicos. A segunda versão, com 25 inscritos, manteve a estrutura dual, enquanto as edições de 2024 e 2025, com duração de 5 dias, introduziram a modelagem 3D com o software OnShape, ampliando o escopo para incluir desde a concepção até a impressão final. Para garantir maior absorção do conteúdo, as atividades passaram a ser distribuídas em dois dias, com exceção da oficina de soldagem, permitindo que os alunos desenvolvessem projetos completos – desde a placa de circuito até o *case* personalizado.

Tabela 4. Lista de cursos já ofertados pelo GPH

Ano	Curso	Período	Alunos
2024	Curso de C++ Nível Básico	04/11 - 20/11	26
2023	Curso de Prototipagem para Iniciantes	22/05- 24/05	10
2023	Curso de Prototipagem para Iniciantes	30/10 - 01/11	25
2024	Curso de Prototipagem para Iniciantes	06/05 - 10/05	20
2024	Curso de Prototipagem - ciências biológicas	23/09 - 27/09	15
2025	Curso de Prototipagem para Iniciantes	05/05 - 09/05	21
2024	AltoLab: Oficina de Modelagem 3D	23/11 - 23/11	22
2024	AltoLab: Oficina de montagem de Arduino	23/11 - 23/11	22

A evolução do curso também permitiu adaptações para diferentes públicos. No segundo semestre de 2024, uma versão especializada foi ministrada para alunos de graduação e pós-graduação do Instituto do Cérebro da UFRN, seguindo o modelo intensivo de cinco dias. As entregas de cada oficina vão se complementando até virar o projeto final. O resultado esperado dos alunos é que eles elaborem a PCB para um circuito que acenda um Led ao pressionar um botão, e, apague o outro Led quando o outro botão for pressionado. Esse circuito elabora os conceitos de *pull-up* e *pull-down*, ao varia o estado inicial de cada Led. Como pode ser visto na Figura 1 (a), na primeira oficina, os alunos devem entregar o projeto da PCB e exportar para a produção. Em seguida, na Figura 1 (b), é possível ver o resultado da oficina de soldagem com os componentes fixados à placa. Por último, é possível ver o resultado da junção da PCB com a *case* 3D, após a finalização de todo o curso (Figura 1 (c)).

O segundo curso desenvolvido e implementado pelo GPH foi o Curso de C++, estruturado em dois encontros semanais durante três semanas de aulas. Com foco em

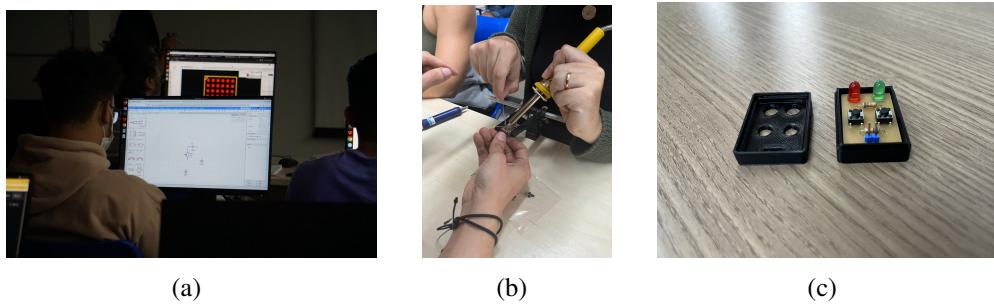


Figura 1. Atividades das oficinas do curso de prototipagem

fundamentos de algoritmos e lógica de programação, o curso utiliza a linguagem C++ como ferramenta pedagógica. Os alunos têm como objetivo principal desenvolver um jogo da velha interativo, que inclui interação com o usuário, validação de jogadas, menus intuitivos e exibição do tabuleiro via terminal. A metodologia adota uma abordagem progressiva: os conteúdos são apresentados de forma modular, permitindo que os estudantes construam o projeto por etapas, desde a estrutura básica até a implementação completa. Implementado no segundo semestre de 2024, o curso contou com 26 inscritos e seguiu uma estrutura pedagógica detalhada, conforme apresentado na Tabela 1. Além de introduzir estruturas de dados, decisões e laços de repetição, o curso incentivou habilidades como gestão de tempo, organização pessoal e trabalho em equipe, essenciais para resolver problemas complexos de forma colaborativa.

O Curso de Arduino foi aprovado no edital de apoio a cursos de extensão da Pró-Reitoria de Extensão (Proex) da UFRN, consolidando-se como uma iniciativa para difundir práticas da cultura *maker*. A estrutura pedagógica integra experimentos práticos com sensores e componentes eletrônicos, utilizando kits elaborados para o curso pela loja Natalmakers, conforme ilustrado na Figura 2. Dessa forma, esta abordagem permite que os alunos adquiram o material necessário para acompanhar as aulas e expandam seus estudos de forma autônoma.



Figura 2. Kit utilizado no curso de Arduino

A Tabela 2 sintetiza os conteúdos e carga horária de cada aula, que incluem atividades práticas diárias na *prot-o-board* para controle via Arduino UNO. Os alunos desen-

volvem projetos livres, desde que utilizem os sensores abordados, codifiquem soluções e apresentem resultados no último encontro. Para estimular as competências interpessoais, recomenda-se a formação de grupos de trabalho, incentivando colaboração, comunicação e liderança durante a execução das atividades.

Devido a versatilidade do curso de prototipagem construído a partir de oficinas, em 2024, a oficina de modelagem 3D foi adaptada para crianças do sexto ano do ensino fundamental de uma escola pública do município do Alto do Rodrigues (RN). Para essa faixa etária, a carga horária foi reduzida e o *software* comumente utilizado foi substituído pelo Tinkercad, que utiliza interfaces lúdicas e intuitivas. Os jovens aprenderam conceitos como furos, preenchimentos, geometria e visualização 3D, demonstrando a versatilidade da metodologia em diferentes contextos educacionais.

Chamada de AltoLab, a iniciativa no município do Alto do Rodrigues, implementou em conjunto da oficina de modelagem 3D, utilizando o Tinkercad, a oficina de Arduino para crianças de ensino fundamental. Essa oficina integrou conceitos do Curso de Arduino e Curso de C++, adaptando metodologias para o público infantil. A plataforma Tinkercad permitiu que os alunos aprendessem programação por meio de blocos visuais, desenvolvendo habilidades lógicas e criativas. Em atividades práticas, eles combinaram a eletrônica básica (montagem de circuitos com Arduino) e programação para controlar um Led. A oficina seguiu a abordagem *maker* do GPH, incentivando a resolução de problemas e a colaboração em equipe, enquanto adaptava ferramentas como o Tinkercad para interfaces intuitivas.

5. Conclusões

O presente artigo abordou a elaboração de uma metodologia para o desenvolvimento de cursos na área *maker*. Esse processo detalhou a estruturação das aulas e a organização da equipe responsável por ministrar e desenvolver os planos de aula. Adicionalmente, ressaltou-se a capacidade de modularizar e adaptar os cursos ao público-alvo, ao tempo disponível e ao espaço alocado para a execução.

Os cursos são focados no aprimoramento de conceitos relacionados à cultura *maker*, destacando a importância da experimentação, da colaboração e da criatividade no processo educacional. A metodologia também busca integrar habilidades técnicas, como prototipagem, programação e *design* de modelos 3D, permitindo que os alunos adquiram os conhecimentos necessários para desenvolver seus próprios projetos.

A aplicação prática dos conhecimentos adquiridos nos cursos visa capacitar os alunos a utilizar de forma otimizada os ambientes como os FabLabs. Esses espaços promovem a disseminação de conhecimentos em STEM e da cultura *maker*, oferecendo as ferramentas necessárias para que os alunos coloquem em prática suas habilidades. Dessa forma, ao concluir os cursos, os alunos podem trabalhar de maneira mais autônoma nesses espaços, elevando o nível de seus trabalhos.

A aplicação dos cursos dentro da universidade e em outras instituições de ensino demonstra um avanço significativo proporcionado pela metodologia de desenvolvimento de cursos na área *maker*. No entanto, para contornar a falta de infraestrutura adequada e de recursos financeiros, a metodologia se mantém em constante adaptação, buscando novas ferramentas de uso livre que sigam as filosofias *hardware* e *software* livres. Além disso, a

disponibilização dos materiais de aula, exemplos e projetos no repositório do GitHub do GPH (<https://github.com/GrupoDePesquisaEmHardware/Cursos>) é fundamental para que os alunos continuem a utilizar o material e a sugerir novas alterações, promovendo um ciclo contínuo de aprendizado e aprimoramento.

No futuro, é crucial ampliar a metodologia para a capacitação de docentes, visando expandir o alcance da cultura *maker*. Essa colaboração pode acelerar a inovação e o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e escaláveis, ao capacitar mais professores na área e incentivá-los a desenvolver atividades semelhantes com um número maior de alunos. Ademais, a continuidade das pesquisas e a adaptação das metodologias educacionais às novas tecnologias são essenciais para garantir que a cultura *maker* continue a inspirar e a capacitar futuras gerações.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PROPESQ) - EDITAL N° 01/2025.

Referências

- Anderson, C. (2012). *Makers: The New Industrial Revolution*. Crown, New York.
- Blikstein, P. (2018). Maker movement in education: History and prospects. In de Vries, M. J., editor, *Handbook of Technology Education*, pages 419–437. Springer.
- Borri, S. (2021). From classroom to learning environment. In et al., D. S., editor, *Makers at School, Educational Robotics and Innovative Learning Environments*, volume 240 of *Lecture Notes in Networks and Systems*, page Especificar páginas se disponíveis. Springer.
- Carvalho, A. B. G. P. d. (2024). Fablab e educação no brasil: as ações de disseminação da cultura maker na educação básica e no ensino superior. *Texto Livre*, 17:e52809.
- Daniela, L. (2021). Pedagogical considerations for technology-enhanced learning. In et al., D. S., editor, *Makers at School, Educational Robotics and Innovative Learning Environments*, volume 240 of *Lecture Notes in Networks and Systems*, page Especificar páginas se disponíveis. Springer International Publishing.
- J. Debowski, D. C. e Ryan, B. (2024). The value of a makerspace: cultural (re-)production and the making of a city. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 0(0):1–23.
- Papavlasopoulou, S., Giannakos, M. N., e Jaccheri, L. (2017). Empirical studies on the maker movement, a promising approach to learning: A literature review. *Entertainment Computing*, 18:57–78.
- Tabarés, R. e Boni, A. (2023). Maker culture and its potential for stem education. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(1):241–260.