

PROJETO DE UMA PLACA ELETRÔNICA DIDÁTICA PARA CURSOS DE TECNOLOGIA E ENGENHARIA

Pedro Henrique Dono (IC) e Massaki de Oliveira Igarashi (Orientador)

Apoio: PIBIC Santander

RESUMO

As indústrias brasileiras apresentam uma dificuldade sistêmica de implementar as mudanças propostas pela quarta revolução industrial. Semelhantemente, estudantes de ciência, tecnologia, empreendedorismo e matemática precisam de abordagens mais práticas para desenvolverem habilidades fundamentais em suas áreas. Diante desse cenário, foi proposto, durante o BTSym 2020, o desenvolvimento de um sistema microcontrolado destinado especificamente ao uso em *makerspaces* nessas atividades de ensino. Este artigo busca expandir o texto publicado com os avanços obtidos das fases iniciais da prototipagem e do desenvolvimento de seu modelo de negócios.

Palavras-chave: Educação, indústria 4.0, empreendedorismo

ABSTRACT

Brazilian industries have a systemic difficulty in implementing the changes proposed by the fourth industrial revolution. Similarly, students of science, technology, entrepreneurship, and math need more practical approaches to develop critical skills in their fields. Given this scenario, it was proposed, during BTSym 2020, the development of a microcontrolled system specifically intended for use in makerspaces in these teaching activities. This article seeks to expand the published text with the advances made in the early stages of prototyping and the development of its business model.

Keywords: Education, industry 4.0, entrepreneurship.

1. INTRODUÇÃO

A literatura sugere que os métodos de educação para o empreendedorismo carecem de uma abordagem metodológica aplicada que envolva e exponha os alunos a aprendizagem e *design thinking*¹. Assim, é necessária uma revisão e reformulação para permitir aos alunos o aprendizado e a reflexão sobre o processo empreendedor por meio de interação e experiências (GHAFAR, 2020; Neck & Greene, 2011).

Não obstante, o Brasil ainda tem um fraco mercado nacional de microeletrônica, sequer consolidado (FURTADO, 2017). O país também carece de estratégias nacionais de pesquisa e desenvolvimento, apesar de ter realizado algumas ações em prol da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e estimulando parcerias entre iniciativas públicas e privadas nos últimos anos (DE VASCONCELOS, 2019).

Como resultado desta falta de incentivos e de um mercado consolidado, as empresas nacionais que optam por desenvolver as próprias soluções de automação dependem de *hardware* importado, frequentemente oriundo da China; e, atualmente, submetendo-se a taxas e às dificuldades impostas pelo câmbio das moedas envolvidas; o que têm encarecido muito estas aquisições.

Todo este cenário apresentado se resume em uma carência de educação tecnológica empreendedora e estímulos à CT&I. Esse contexto, somado à necessidade de um ambiente econômico estável e políticas de incentivo, retratam os principais problemas que ainda precisam ser sanados para que o Brasil possa sair da atual posição de 3º mundo e de um exportador de commodities.

1.2 Justificativa

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (2018), as micro e pequenas empresas representam 93,9% das indústrias do país, mas são responsáveis por apenas 12% da produção total da indústria. Esta disparidade pode ser explicada pela baixa competitividade e baixa automatização dos seus processos. Este panorama evidencia a necessidade de inserção de uma automação versátil e de custo acessível. Segundo a FIESP (2018), poucas empresas sequer chegaram a terceira revolução industrial, com sua manufatura dependendo muito ainda de atividades manuais. Logo, uma solução que agregue valor buscando atender as necessidades específicas do cenário nacional encontra um mercado amplo e com grande potencial de desenvolvimento.

¹ *Design Thinking*: metodologia de desenvolvimento de produto focada na solução de problemas de forma coletiva e colaborativa, em uma perspectiva de empatia máxima com seus stakeholders (interessados) (BROWN, 2020).

Nesse contexto, a utilização de plataformas eletrônicas (ou seja, placa adicional com sensores já inseridos, circuito eletrônico, módulo central microcontrolado disponível comercialmente e software livre) cuja fabricação e montagem sejam nacionais agregam valor final a produtos comerciais muito utilizados em metodologias de aprendizagem pode contribuir para inserir estas empresas até mesmo na tão sonhada quarta revolução industrial e Educação 4.0 (SANTOS, 2017). Por isso, os cursos de tecnologia e engenharia precisam qualificar seus estudantes para proveres soluções nacionais a acessíveis que possam contribuir para a atualização tecnológica da indústria nacional.

Por exemplo, Taheri, Robbins e Maalej (2020) publicaram uma revisão sobre espaços *makers* (*makerspaces*) e os benefícios de sua incorporação às atividades de ensino, em especial no primeiro ano de cursos de tecnologia e engenharia. O artigo retrata resultados positivos referentes ao senso de comunidade, autoconfiança e habilidades empreendedoras; e melhora no aprendizado ativo dos alunos. Destaca-se também que o modelo *makerspace* é originário da comunidade DIY (acrônimo para *Do-It-Yourself*); ou seja, faça você mesmo. O termo DIY está entre as palavras-chave mais importantes no ensino de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (mais conhecido pelo acrônimo STEM (*Science, Technology, Engineering e Mathematics*)). Não menos importante, o artigo também destaca que os impulsionadores do “movimento *Maker*” incluem tecnologia de baixo custo, hardware e software de código aberto, bem como a globalização. Estes *Makerspaces* geralmente incluem marcenaria, eletrônica, robótica e fabricação.

O projeto também se justifica pela aplicação de conceitos de linguagem de programação e eletricidade básica aprendidos no curso de engenharia que serão aliados a formação técnica em mecatrônica do autor deste trabalho, que inclusive já participou e chegou nas fases eliminatórias finais do concurso nacional organizado pela confederação nacional da indústria; onde a competição testava conhecimentos de soluções utilizando placas com microcontroladores como STM32F103C8, que são uma opção polivalente e de baixo custo (ZHANG, KANG; 2013); também é possível utilizar placas microcontroladores tipo AVR (Exemplo Arduino) (DA SILVA, ARAÚJO, CAVALCANTE; 2019), ou ARM ou até mesmo Tensilica Xtensa LX6 (DE OLIVEIRA BORGES, 2019).

1.3 Objetivos

A proposta é desenvolver placa dedicada ao ensino de programação, eletricidade básica e empreendedorismo a ser utilizada em todos os cursos de engenharia; podendo ser utilizada até mesmo para ensino de conceitos de automação e manufatura avançada. Para isto, são descritos os objetivos específicos a seguir:

- Integrar simultaneamente três unidades (microcontroladas) diferentes em um mesmo sistema educacional, capazes de trazer para o contexto educacional o comando e controle de operações industriais de forma coerente as tendências utilizadas no ensino de linguagem de programação (CORDOVA, VARGAS, 2016; DO AMARAL AIRES, MOREIRA, DE SÁ FREIRE, 2017).
- Acompanhar as tendências da indústria 4.0 e as mudanças que esta traz para a indústria.
- Desenvolver uma plataforma aberta que poderá ser utilizada nas universidades e cursos tecnológicos, viabilizando sua prototipagem através dos recursos disponíveis no Mackenzie Campinas.
- Expandir o artigo enviado para o Brazilian Technology Symposium 2020 (BTSym) com os resultados obtidos nas fases de prototipagem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Educação 4.0

Conforme definido por Rüßmann (2015), a indústria 4.0 está baseada no uso de nove tecnologias diferentes (robótica autônoma, simulações, segurança cibernética, internet das coisas (IoT), realidade aumentada, manufatura aditiva, big data, integração de sistemas verticais e horizontais e computação em nuvem) para possibilitar melhoria contínua no sistema de manufatura através de tomadas de decisão automatizadas e reparametrizações constantes dos processos.

Essas tecnologias estão intimamente ligadas à recursos avançados da microeletrônica, e dependem das comunicações entre diferentes dispositivos em diferentes níveis da automação. As unidades microcontroladas podem ser observadas controlando sensoriamento, tomada de decisão, processamento de dados e os atuadores do sistema de produção. Devido a essas características, é imprescindível que, para que seja possível implementar essas mudanças na indústria, existam profissionais capacitados para lidar com essa tecnologia.

Para tal, os cursos de tecnologia podem beneficiar-se de abordagens mais focadas no protagonismo estudantil, com abordagens mais práticas. O uso de *makerspaces* na educação tecnológica têm crescido e apresentado resultados positivos entre os estudantes de cursos nas áreas da ciência, tecnologia engenharia e matemática (TAHERI, ROBBINS, MAAHLEJ;

2020). Os estudantes envolvidos com a cultura *maker* apresentaram maior confiança, senso de comunidade e capacidades empreendedoras.

Portanto, ao propor o desenvolvimento de uma placa de circuito microcontrolada condizente com as tendências mais atuais da indústria voltada para o ambiente educacional, espera-se enriquecer os *makerspaces* e aproximar os estudantes envolvidos da realidade da quarta revolução industrial, seguindo as tendências no ensino de linguagens de programação (CORDOVA, VARGAS, 2016; DO AMARAL AIRES, MOREIRA, DE SÁ FREIRE, 2017).

2.2 Filosofias de design

Devido à natureza educacional do projeto, seu desenvolvimento precisa levar em consideração filosofias de design que agreguem valor para os estudantes que o utilizarão. Ao ambiente de ensino, as características fundamentais às placas de circuito impresso são versatilidade e facilidade de uso.

A placa deve permitir o uso de diferentes tipos de componentes periféricos, sejam sensores ou atuadores, para que seja possível seu uso nas mais diferentes situações de aprendizagem. Para alcançar essa característica, o projeto foi dividido em três placas de circuito, cada uma com um dos microcontroladores selecionados. As placas podem ser montadas para uso simultâneo dos três processadores, para serem utilizados aos pares, ou com cada uma delas individualmente. Dessa maneira, é possível que as peculiaridades de cada um sejam estudadas individualmente em situações de aprendizagem mais específicas, ou em conjunto para aplicações que envolvam comunicações entre elas.

Cada uma das placas individuais também recebe periféricos montados modularmente sobre elas. Essa escolha de design dificulta que erros aconteçam durante a montagem, evitando que componentes possam ser danificados por ligações erradas. A arquitetura modular também permite que vários tipos de periféricos diferentes sejam utilizados e facilmente trocados, conferindo maior grau de versatilidade ao projeto.

Para minimizar a probabilidade de erro, também é interessante que o layout das placas e do sistema seja elaborado segundo a filosofia *Poka-yoke*. Esta consiste em utilizar o formato das placas e dos *headers*² dos componentes como indicativos físicos da maneira adequada de utilizar o conjunto (evitando, consequentemente, erros de encaixe), conforme a figura abaixo.

² *headers*: conectores elétricos de pinos comumente utilizados para ligar placas em aplicações de prototipagem

2.3 Análise de mercado

Estudos recentes apontam que o estímulo a metodologias de ensino mais aplicadas pode ser útil não somente no ensino de STEM, como também em empreendedorismo (GHAFAR, 2020; Neck & Greene, 2011). Com essa tendência atual do mercado de cada vez mais trazer *makerspaces* para ambientes educacionais, o que se observa é um crescimento do interesse das instituições por sistemas microeletrônicos.

Apesar da expansão do mercado de microcontroladores educacionais, ele ainda é pouco explorado nacionalmente. Enquanto mundo a fora este encontra-se mais consolidado, a indústria microeletrônica brasileira ainda não é muito bem desenvolvida (FURTADO; 2017). Portanto, existe uma grande oportunidade no mercado para que um negócio nacional se desenvolva.

Esse mercado é parametrizado pela quarta revolução industrial. As nove tecnologias que constituem as mudanças mais recentes nos sistemas de manufatura, que estão intimamente ligadas à microeletrônica, e demandam recursos adequados para que sejam aplicadas.

Para que a quarta revolução industrial aconteça, é exigido que essas tecnologias sejam aplicadas em conjunto. Isso acaba denotando uma tendência à integração de diferentes tecnologias também no ambiente educacional, com diferentes microcontroladores e periféricos trabalhando juntos em sistemas IoT. Portanto, é possível dizer que esse mercado oscila conforme as tendências da tecnologia.

2.3.1 Concorrência

Diversas fabricantes de microcontroladores, como Arduino, Espressif, STMicroelectronics disputam esse mercado. Esses fabricantes são os que detêm uma maior parcela do mercado de placas microcontroladas, e costumam produzir microcontroladores unitários. Os mais populares são Arduino e Espressif, com suas versões mais básicas passaram a integrar, por exemplo, o currículo de escolas técnicas, como o SENAI.

O Arduino traz como proposta de valor a facilidade de uso e programação, tirando vantagem da arquitetura modular que frequentemente é utilizada para seus periféricos, e de uma IDE³ intuitiva, com diversos exemplos de código disponíveis. Os microcontroladores da Espressif compartilham dessa característica, visto que podem ser programados a partir da

³ IDE: Ambiente de desenvolvimento integrado (*Integrated development environment, IDE*) são softwares que agrupam ferramentas de edição de código fonte, compilação e teste.

mesma IDE, porém, possuem algumas limitações de pinagem. Isso acaba por tornar esses microcontroladores mais adequados para projetos envolvendo IOT, e pouca dependência de periféricos.

Os microcontroladores da STMicroelectronics possuem uma proposta de valor bastante semelhante, porém, possuem arquitetura ARM⁴, uma tecnologia que os aproxima dos microcontroladores industriais mais recentes. Também dispõe de uma IDE bastante simples, porém, apesar de ter ganhado bastante espaço internacionalmente, ainda não possui uma comunidade muito bem estabelecida no Brasil, diferente do Arduino e Espressif.

2.3.2 Perfil de cliente alvo

O mercado alvo é o setor de microcontroladores educacionais. Os clientes desse mercado são principalmente estudantes de cursos de tecnologia de todos os níveis, mas também existem instituições de ensino básico que trazem microcontroladores para sua base curricular. Esses diferentes níveis de ensino acabam causando uma sutil segmentação no mercado, visto que cada um deles valoriza diferentes recursos desses dispositivos.

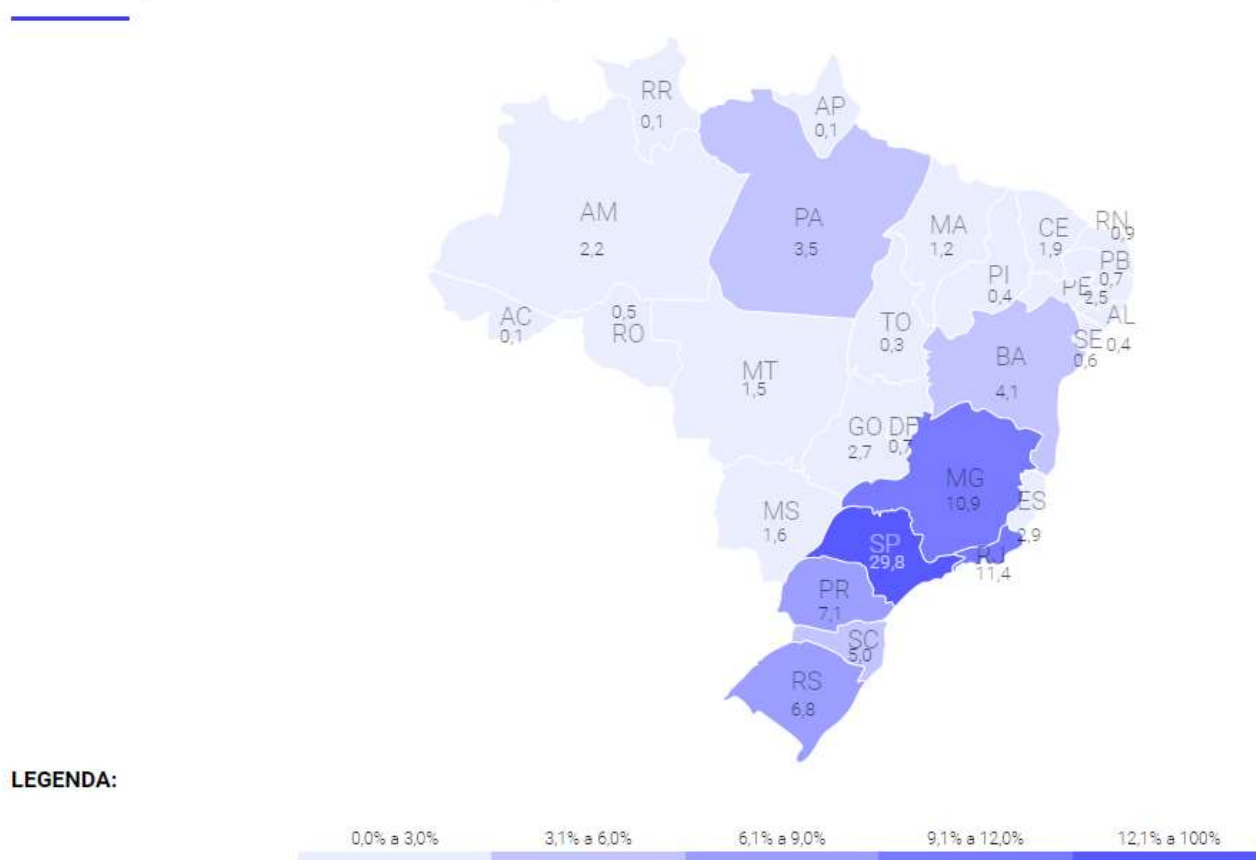
Apesar dessa segmentação, o negócio tem como público-alvo o mercado de microcontroladores como um todo. Isso é possível devido aos diferentes recursos empregados no desenvolvimento das PCs, que acabaram trazendo a facilidade de uso valorizada por *hobbistas* e alunos de cursos mais básicos através do *Poka-yoke* e arquitetura modular, enquanto sua escalabilidade permite que seja utilizado por estudantes em níveis mais avançados.

Esse mercado, apesar de distribuído por todo o Brasil, está intimamente ligado às indústrias, visto que as competências técnicas adquiridas no estudo desses microcontroladores são majoritariamente voltadas para aplicações industriais. A CNI (2018) realizou um mapeamento das indústrias brasileiras por estado, e devido a sua proximidade com o mercado de microcontroladores, esse mercado é mais forte nos lugares com maior presença da indústria.

4 ARM: Advanced RISC Machines São processadores que utilizam uma série mais simples e reduzida de instruções para realizar as tarefas. RISC significa conjunto reduzido de instruções de computador (*Reduced instruction set computer*).

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA INDÚSTRIA

PARTICIPAÇÃO NO PIB DA INDÚSTRIA - 2018 (%)



Fonte: CNI, 2018.

Apesar da variedade de interesses que aparecem nesse mercado, a maioria das soluções oferecidas atualmente concentra-se em unidades de processamento unitárias, com pouca ênfase nos conceitos mais recentes empregados nos sistemas industriais, como computação de borda e processamento paralelo. Portanto, o negócio proposto encontra, em meio a uma concorrência forte, uma oportunidade ainda pouco explorada, o que mais uma vez justifica a proposta de valor.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho de pesquisa tem natureza qualitativa e fez uso do método pesquisa-ação-técnica; na qual, segundo Tripp (2005), o pesquisador toma uma prática existente de algum outro lugar e a implementa em sua própria esfera de prática para realizar uma melhoria. Considera-se também o que foi destacado pelo mesmo autor, que esta é uma

forma de investigação-ação que utiliza técnicas de pesquisa consagradas para informar a ação que se decide tomar para melhorar a prática.

Este projeto de Pesquisa de Iniciação Empreendedora, Tecnológica e Inovação (PIBIETI) assumiu a premissa de que a inovação de produtos pode ser resultante da descoberta de oportunidades empreendedoras e através do estudo da técnica pretende criar um novo empreendimento, sustentando-se em cinco principais fases: 1 - Investigação das técnicas/aplicações, 2 - Projeto do protótipo, 3 – Validação do projeto e 4 - Negócio/empreendimento 5-Entrega de Relatórios e publicações, todas cumpridas dentro do cronograma previsto no projeto.

Ademais ao projeto desenvolvido como resultado desta pesquisa, o pesquisador também se desafiou a ir além do proposto, a utilizando os materiais destacados no item 3.1 a seguir, desenvolveu um primeiro protótipo para testes de conceito.

3.1 Materiais

- Multímetro
- Estanho Lead Free
- Ferro de solda
- Componentes eletrônicos
- Malha dessoldadora
- Placa de fenolite
- Centro de Usinagem Romi D800
- Chanfrador 6mm
- Fresa piramidal 0.1mm
- Broca HSS 1mm

3.2 Procedimento

3.2.2 Esquemático e Layout

Uma vez definidas as filosofias de design a serem empregadas no projeto, o desenvolvimento das placas de circuito impresso pode ser iniciado. A primeira etapa é a elaboração do diagrama esquemático do circuito. Esse mostra os componentes envolvidos em cada placa e as ligações elétricas entre eles, sem levar em consideração suas posições físicas. O objetivo é definir essas conexões e evidenciar o funcionamento idealizado para o sistema.

O diagrama esquemático é base para a produção do layout da placa de circuito. Esse desenho mostra as posições físicas dos componentes na placa, bem como suas dimensões,

formato e trilhas condutoras. A partir do layout, os arquivos de fabricação das placas podem ser emitidos para execução das próximas etapas. Ambos os desenhos (esquemático e layout) são produzidos a partir do mesmo software, o Autodesk Eagle. Este permite que as informações de um arquivo sejam transferidas para o outro, facilitando eventuais modificações.

3.2.2 CAM e Usinagem

O método escolhido para prototipar as placas de circuito é a usinagem CNC, devido à precisão conferida pelo centro de usinagem permitir o uso de componentes menores no projeto, tornando-as mais compactas. São utilizadas, além da máquina ROMI D800, fresas piramidais de 0.1mm e chanfrador de 6mm. O acabamento é feito manualmente para evitar problemas de fixação do material durante o processo, e são usadas serra manual e limas murças para remoção das rebarbas.

O Centro de Usinagem é programado através de um software de manufatura assistida por computador (CAM), o MasterCam. Este recebe o desenho do layout da placa de circuito, e permite que a programação seja feita visualmente. As ferramentas de simulação do MasterCam também ajudam a evitar erros de programação que poderiam danificar as placas, as ferramentas ou a máquina.

3.2.3 Montagem

Por fim, os componentes eletrônicos são soldados na placa usando estanho e ferro de solda. Apesar de haver componentes do tipo SMD no projeto, os métodos de solda convencionais são suficientes para realizar a montagem.

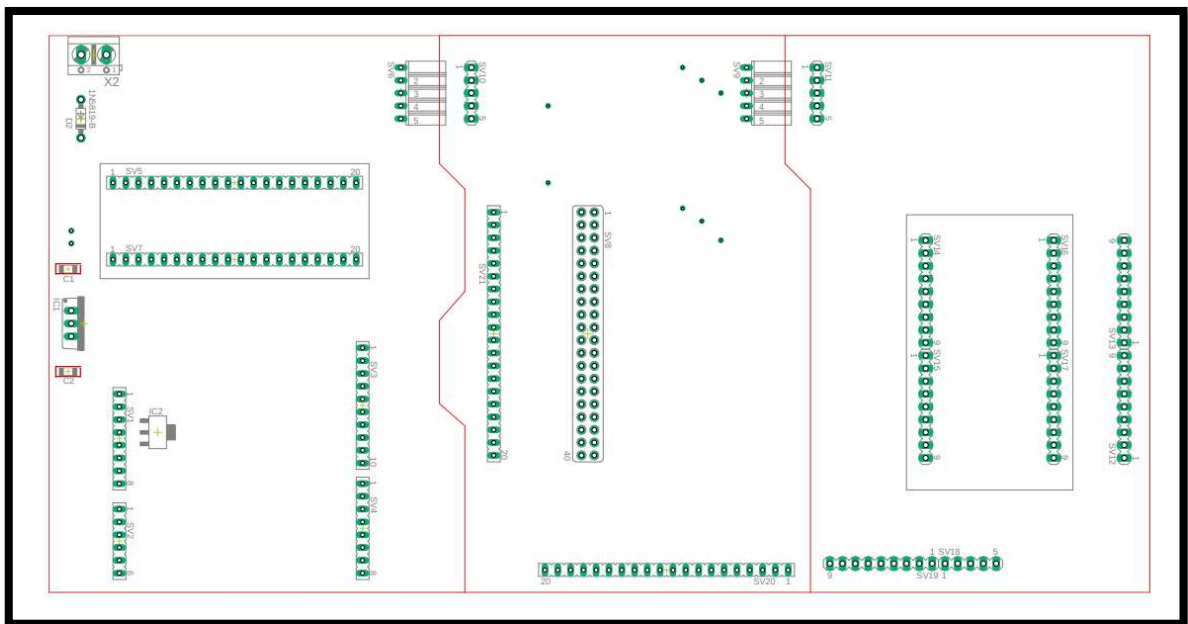
Devido à ausência de máscara de solda na placa de circuito prototipada, é normal a usinagem deixar alguns curto-circuitos entre as trilhas, ilhas terminais e malha de sinal negativo. Também é possível que esses defeitos surjam devido ao estanho da solda escorrer para fora do terminal, fechando o curto-circuito. Portanto, as trilhas e condutores precisam ter a continuidade testada entre diferentes sinais, para encontrar e corrigir eventuais defeitos, sejam eles deixados pela máquina, ou pela solda.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Projeto e Protótipos das placas eletrônicas

A primeira versão do protótipo tem no esquemático e no layout as três unidades microcontroladas juntas (Figura 1). Isso permitiu uma visão mais ampla do funcionamento do sistema como um todo, não somente das ligações entre os microcontroladores, como também das conexões físicas entre as placas.

Figura 1- Layout



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Na Figura 1 é possível observar o *poka yoke* aplicado ao formato das placas. Estas encaixam-se umas nas outras de modo a indicar as conexões adequadas, dificultando que erros que possam danificá-las sejam cometidos. A arquitetura modular aparece na placa dedicada à operação dos periféricos, controlada pelo STM32F103C8T6 (à esquerda). As ilhas mais inferiores recebem barras de pinos no formato das Shields do Arduino, permitindo que diversos periféricos possam ser facilmente montados.

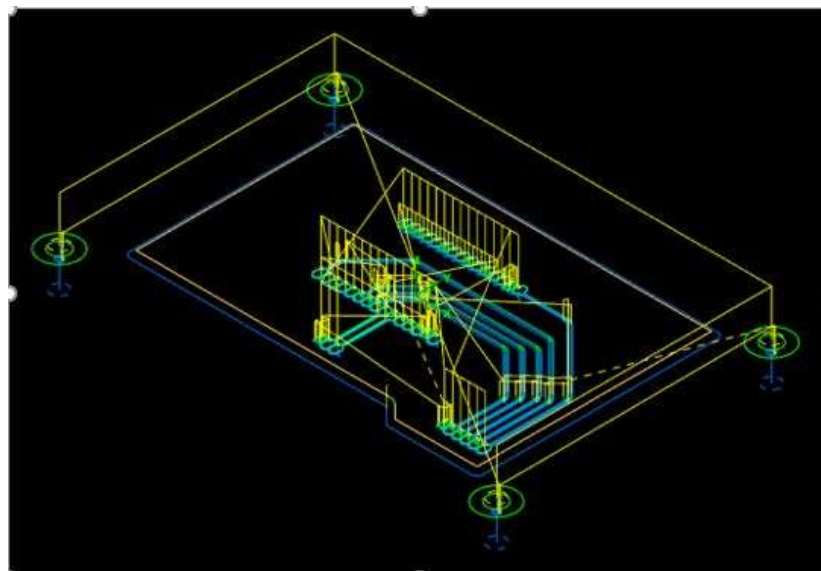
Esse layout foi exportado no formato de arquivo DXF e utilizado para elaboração do arquivo CAM, a programação do centro de usinagem. Nesse primeiro protótipo, as únicas ferramentas utilizadas para a usinagem foram: broca de 1mm e a fresa piramidal de 0.1mm.

O Centro de usinagem selecionado não é a máquina mais adequada para a operação. Devido ao baixo RPM, ferramentas menores não conseguem alcançar suas condições

otimizadas de operação. Isso resultou em uma usinagem demorada devido aos parâmetros de avanço das ferramentas precisarem ser mais baixos, sendo (INSERIR PARAMETROS). Cada operação resultou em um processo de cerca de quarenta minutos, apesar da simplicidade. Portanto, a agilização da usinagem foi selecionada como possível ponto de melhoria.

Devido ao primeiro protótipo consistir na usinagem de três placas diferentes, também foi possível utilizar algumas partes do processo para testar parâmetros mais agressivos, esperando com isso obter maior velocidade no processo. Essa decisão resultou na quebra da ferramenta, apesar da dureza baixa do cobre e placa de fenolite usinadas, e os parâmetros anteriores foram adotados para futuras prototipagens.

Figura 2 - Programação CAM.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

As placas usinadas atenderam aos requisitos propostos. Suas trilhas ficaram funcionais, e foi possível realizar a soldagem para efetuar os primeiros testes. Entretanto, algumas decisões durante a programação CAM (Figura 2) poderiam ter facilitado o acabamento manual e a soldagem. Os pads dos terminais poderiam ter sido feitos em tamanho maior para facilitar a aderência do estanho, e ajudar a impedir que este escorresse curto-circuitando as ilhas com a malha de sinal GND.

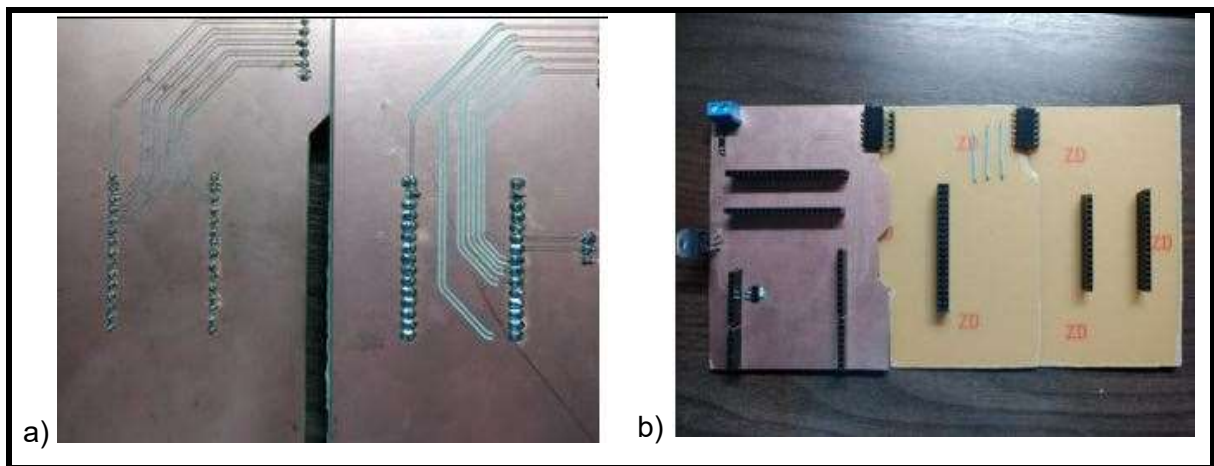
Outro problema encontrado foi que algumas das trilhas acabaram ficando do mesmo lado da placa de circuitos que os componentes *through-hole* a ela ligados. Isso também dificultou sua soldagem, uma vez que os terminais atrapalhavam o aquecimento das ilhas pelo ferro de solda.

Nessa primeira versão, o acabamento externo e o formato foram danificados durante a remoção da placa do material bruto. A baixa espessura dificultou sua fixação, e como não havia desbaste nas arestas que delimitavam suas dimensões, a fragilidade da peça demandou um processo manual difícil e demorado.

Todos esses problemas foram levados em conta para elaboração do segundo protótipo. Algumas das trilhas foram reposicionadas para que ficassem do lado oposto dos componentes *Through-hole* que ligam. O formato dos *pads* dos componentes também foi alterado para que tivessem uma área maior. Essas duas medidas facilitaram bastante o processo de solda, deixando-o mais rápido e resultando em uma maior qualidade na montagem.

A usinagem da segunda versão também foi aprimorada (Figura 3a. e Figura 3b). O uso de uma fresa maior permitiu avanço mais agressivo em desbastes que não precisavam ser de dimensões tão pequenas, e um chanfrador foi utilizado para desbastar parte dos limites externos da placa de circuito impresso. Isso reduziu muito o tempo gasto para separar a peça do material em bruto, e conferiu maior qualidade ao acabamento, visto que as quebras das camadas externas do fenolite tornaram-se mais pontuais.

Figura 3 – Protótipo desenvolvido (a. Trilhas e b. Terminais montados)



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Após desenvolvido o projeto da placa e realizado o desenvolvimento do primeiro protótipo a ser testado, foi desenvolvido também o modelo de negócio para um próximo passo de possível incubação deste.

4.2. Modelo de Negócios

O modelo de negócios para comercialização do sistema microcontrolado educacional também pôde ser desenvolvido. Para tal, foi desenvolvida uma matriz de necessidade e competência (Quadro 1). Na matriz é possível observar cada uma das facetas da proposta de valor almejada pelo projeto.

Quadro 1 - Matriz de necessidade e competência.

	ELEMENTO 1	ELEMENTO 2	ELEMENTO 3	
	Necessidade	Oferta de Valor	Competências	Recursos
Nível 3	Sonhos / Desejos / Propósito para a sociedade: Desenvolver a cultura <i>maker</i> nos estudantes de tecnologia Sonhos / Desejos / Propósito do cliente: Ser capaz de construir os próprios projetos, fazer parte da quarta revolução industrial	Impacto para Sociedade: Fomento à inovação Impacto para cliente: O cliente terá acesso a tecnologia de ponta para desenvolver seus projetos pessoais	Competências Essenciais: Habilidade com mídias digitais	Recursos Essenciais: Vídeos educacionais
Nível 2	Dores: Os microcontroladores mais comuns requerem conhecimento pré-existente de eletrônica para serem bem utilizados, mesmo quando o objetivo do usuário é mais voltado para programação ou IoT.	Benefício: A arquitetura modular do sistema facilita a montagem, tornando o estudo mais focado no aspecto tecnológico em questão.	Competências Distintivas : Fabricação segundo arquitetura modular e <i>poka-yoke</i>.	Recursos Essenciais: Referencial teórico sobre filosofias de Desenvolvimento de produto.
Nível 1	Cliente / Tarefa (Necessidade original) Microcontrolador para uso educacional e prototipagem DIY (<i>Do-it-yourself</i>, faça você mesmo).	Produtos / Serviços: Placa de circuito com três unidades microcontroladas	Competências Básicas: Operação de Softwares de prototipagem, conhecimentos práticos e teóricos em microeletrônica	Recursos Básicos: Eagle (software de prototipagem), componentes, placas de fenolite, ferramentas para montagem (ferro de solda, estanho e afins)

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Com a proposta de valor bem definida, o modelo de negócios pôde ser estruturado. Existem duas possibilidades de clientes-alvo: escolas e faculdades de tecnologia que poderiam incorporar o sistema microcontrolado em suas aulas, e os usuários finais que podem adquiri-la para uso em projetos pessoais. Para cada grupo é possível traçar um modelo de vendas diferente, apesar da estrutura de custos dos dois serem semelhantes.

A venda para instituições de ensino requer do negócio menor atenção ao pós-venda, visto que estas já dispõem do know-how para operá-las. Isso acontece porque o sistema microcontrolado integra tecnologias já difundidas no mercado, oferecendo um jeito fácil de operá-las em conjunto.

Por outro lado, é interessante para o consumidor final que encontre aulas de como usar as três placas de circuito em conjunto. Ao utilizar as placas para uso pessoal, não é possível presumir que estes tenham o conhecimento para utilizar todas as funções do sistema. Nesse caso, a proposta de negócios (Quadro 2) inclui a produção de tutoriais em vídeo a serem divulgados através das mídias sociais, agregando valor ao produto.

Quadro 2- Business Model Canvas. Desenvolvido pelo autor.

PARCERIAS CHAVE	ATIVIDADES CHAVE	OFERTA DE VALOR	RELACIONAMENTO COM CLIENTES	SEGMENTO DE CLIENTES
Fabricantes de PCI	Produção dos kits Desenvolvimento de vídeo aulas P&D	Facilidade de uso, aplicações da quarta revolução industrial	Atuação no Makerspace através de tutoriais em vídeo	Consumidores finais Instituições de ensino de tecnologia
	RECURSOS CHAVE		CANAIS	
			Mídias sociais, site próprio	
ESTRUTURA DE CUSTOS		MODELO DE RECEITA		
Componentes e produção das PCIs		Venda dos kits de microcontroladores		

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Os custos mais expressivos do negócio, em especial nas fases iniciais, são referentes aos componentes e impressão das placas da versão de fabricação. Os componentes para montagem das três placas de circuito durante as fases de prototipagem foram comprados por

R\$50,00, e espera-se que pouco mude para as versões de fabricação. A impressão das placas foi cotada em R\$15,84 por unidade a partir de um lote de quinze, pela empresa AlfaPress. Assim, somando os custos dos microcontroladores (ESP32: R\$52,50, STM32F103C8: R\$49,00, Raspberry Pi Zero: R\$217,87), pode ser feita a estimativa por placa montada e finalizada com todos os componentes e microcontroladores de R\$ 416,89 por protótipo finalizado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe uma grande variedade de situações de aprendizagem que podem empregar o sistema microcontrolado. As configurações com apenas um microcontrolador e seus periféricos são as montagens mais simples que podem ser utilizadas, enquanto as montagens mais complexas podem levar os três microcontroladores integrados a uma rede externa intercomunicava.

Essa versatilidade é bastante explorada pela proposta de valor, visto que é igualmente relevante para os dois tipos de clientes alvo, as instituições de ensino e consumidores finais. A proposta de valor também se concretiza por trazer para os estudantes as tendências da indústria 4.0, mantendo-os atualizados com as necessidades das empresas que incorporam essas mudanças.

Os primeiros protótipos não somente demonstraram a viabilidade técnica do projeto, como também possibilitaram a identificação de importantes melhorias que podem ter um impacto substancial nos processos de fabricação e prototipagem, e para o usuário final. Espera-se que testes adicionais resultem em uma versão de fabricação mais bem otimizada e pronta para atender as necessidades dos clientes alvo do negócio. Mesmo com o sucesso parcial, ainda há pontos de melhoria a serem abordados. Testes adicionais podem revelar diferentes aplicações para o projeto, e tornar ainda mais evidentes a proposta de valor no design do projeto.

Por fim, apesar de ainda não colocado em prática, o modelo de negócios proposto apresenta uma viabilidade teórica suficiente para basear sua incubação. A proposta de valor foi concretizada através dos protótipos, sendo visíveis na simplicidade com a qual as placas se conectam e estas são visualmente fáceis de entender. O segmento de clientes é consistente, e a proposta é adequada para atender as suas necessidades e sonhos, conforme o mostrado no quadro 1.

Devido à ausência de máscara de solda na placa de circuito prototipada, é normal a usinagem deixar alguns curto-circuitos entre as trilhas, ilhas terminais e malha de sinal

negativo. Também é possível que esses defeitos surjam devido ao estanho da solda escorrer para fora do terminal, fechando o curto-circuito. Portanto, as trilhas e condutores precisam ter a continuidade testada entre diferentes sinais, para encontrar e corrigir eventuais defeitos, sejam eles deixados pela máquina, ou pela solda.

Agradecimentos

Ao programa Santander Universidades pela bolsa SANTANDER GRADUAÇÃO 1º Semestre de 2020, à coordenação do curso de Engenharia de Produção e ao corpo diretivo do Centro de Ciências e Tecnologia – CCT/Mackenzie Campinas – SP.

Contatos: dono109.pd@gmail.com e/ou massaki.igarashi@mackenzie.br

REFERÊNCIAS

BROWN, Tim. Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Alta Books, 2020.

CNI. Perfil da indústria brasileira. 2020. Disponível em:
<http://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br/#/industria-total>. Acesso em: 16 mar. 2020

CORDOVA, Tania; VARGAS, Ingobert. Educação Maker Sesi-SC: inspirações e concepção. In: Anais FAB Learn conference, São Paulo. 2016.

DA SILVA, Rogério Oliveira; ARAUJO, Warley Monteiro; CAVALCANTE, Maxwell Machado. Visão Geral Sobre Microcontroladores e Prototipagem com Arduino. TECNOLOGIAS EM PROJEÇÃO, 2019, 10.1: 36-46.

DE OLIVEIRA BORGES, Eduardo Augusto. Sistema de automação residencial utilizando a tecnologia ESP32 como alternativa de baixo custo. Engenharia de Computação, 2019

DE VASCONCELOS, Cleiton Rodrigues; DA SILVA, Daniel Pereira. Intellectual property challenges for the roads of innovation in Brazil. Innovation & Management Review, 2019.

DO AMARAL AIRES, Regina Wundrack; MOREIRA, Fernanda Kempner; DE SÁ FREIRE, Patricia. Indústria 4.0: desafios e tendências para a gestão do conhecimento. SUCEG-Seminário de Universidade Corporativa e Escolas de Governo, 2017, 1.1: 224-247

FIESP (São Paulo). FIESP identifica desafios da indústria 4.0 no Brasil e apresenta propostas. 2018. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/noticias/fiesp-identifica-desafios-da-industria-4-0-no-brasil-e-apresenta-propostas/>. Acesso em: 16 mar. 2020

FURTADO, João, et al. Indústria 4.0: a quarta revolução industrial e os desafios para a indústria e para o desenvolvimento brasileiro. 2017.

GHAFAR, Abdul. Convergence between 21 st Century Skills and Entrepreneurship Education in Higher Education Institutes. International Journal of Higher Education, v. 9, n. 1, 2020.

Neck, H. M., & Greene, P. G. (2011). Entrepreneurship education: Known worlds and new Frontiers. Journal of Small Business Management, 49(1), 55-70. <https://doi.org/10.1111/j.1540-627X.2010.00314.x>

IGARASHI M., Dono P. ; Didatic Board for Internet of Things and Edge Computing. BTSym 2020 Proceedings. ISSN 2447-8326. V.1

RÜßMANN, Michael, et al. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. Boston Consulting Group, 2015, 9.1: 54-89.

SANTOS, Nelson Duarte Berto dos. Indústria 4.0: aplicação da internet das coisas na área industrial. Estudo de caso no grupo Tecnofita. 2017. Master's Thesis

TAHERI, Pooya; ROBBINS, Philip; MAALEJ, Sirine. Makerspaces in First-Year Engineering Education. Education Sciences, v. 10, n. 1, p. 8, 2020.

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. Educação e pesquisa, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005

ZHANG, Hui-fu; KANG, Wei. Design of the data acquisition system based on STM32. Procedia Computer Science, 2013, 17: 222-228