

Plataforma de hardware livre para auxílio ao ensino da programação**Free hardware platform to assist programming teaching**

DOI:10.34117/bjdv6n2-106

Recebimento dos originais: 30/12/2019

Aceitação para publicação: 11/02/2020

Jhonatan Gonçalves A. Dantas

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) - Cachoeiro de Itapemirim - ES,
jhonatan.goncalves@live.com

Bruno Missi Xavier

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) - Cachoeiro de Itapemirim - ES
bruno.xavier@ifes.edu.br

Júlio Cesar Madureira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) - Cachoeiro de Itapemirim - ES,
jmadureira@ifes.edu.br

Everson Scherrer Borges

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) - Cachoeiro de Itapemirim - ES,
everson@ifes.edu.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo de placa de prototipação rápida de baixo custo financeiro, capaz de equipar projetos de automação e robótica, principalmente robótica educacional, que possam ser distribuídas como substituto ao produto Arduino. Além disto, busca-se desenvolver o conceito de produto para a prototipação de circuitos eletrônicos em projetos de automação, visando como mercado, a própria rede do Instituto Federal do Espírito Santo, adicionando assim, um valor acadêmico à uma possível marca. Quanto a metodologia, apresenta-se a necessidade de estudos aprofundados quanto a confecção das trilhas de circuitos e nos modelos de componentes que podem ser utilizados, levando-se em conta que alguns destes são criados para manipulação em escala industrial. Para um resultado satisfatório, muitos desafios são observados, dentre os principais o uso dos Dispositivos de Montagem Superficial (do inglês, Surface-Mount Device, SMD), que integram parte do interesse deste projeto.

Palavras-chave: Plataforma de Prototipação, Educação e robótica, Lógica de Programação, Hardware.

RESUMO

The objective of this work is to develop a low cost fast prototyping board model capable of equipping automation and robotics projects, especially educational robotics, that can be distributed as a replacement for the Arduino product. In addition, we seek to develop the product concept for the prototyping of electronic circuits in automation projects, aiming at the market, the very network of the Federal Institute of Espírito Santo, thus adding an academic value to a possible brand. As for the methodology, there is the need for in-depth studies regarding the making of circuit paths and the

component models that can be used, considering that some of these are created for industrial scale manipulation. For a satisfactory result, many challenges are noted, including the use of Surface Mount Devices (SMD), which are part of the interest of this project.

Keywords: Keywords: Prototyping Platform, Education and robotics, Programming Logic, Hardware.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de hardwares livres tem sido cada vez mais frequentes atualmente. Isso se dá em virtude do grande avanço tecnológico mundial e da busca incessante pelo desenvolvimento científico. O hardware livre do inglês “Open Source hardware”, pode ser entendido como um hardware eletrônico projetado e distribuído com o mesmo conceito do software de código livre. O conceito empregado se baseia na disponibilidade e compartilhamento irrestritos de informações por parte dos desenvolvedores sobre o projeto, como o esquemático, lista de componentes e layout de placa, permitindo aos usuários fazer modificações e evoluir os projetos conforme as suas necessidades, além da isenção de royalty para produção e comercialização dos produtos.

A autonomia para criação de projetos ficou mais acessível devido ao custo desses dispositivos e a possibilidade de melhorar o hardware original. A aplicação de tecnologias de livre (acesso) se remete ao conceito de “Faça Você Mesmo”, permitindo que o uso da tecnologia seja universal e proficiente. A teoria do “Faça Você Mesmo” (do inglês, “Do It Yourself”, DIY), se refere a ideia de que pessoas comuns podem construir ou promover melhorias em bens, de natureza material, a partir de ferramentas que têm a sua disposição. O termo geralmente está associado a movimentos anticapitalistas e se traduz em formas de autoprodução, onde não se espera por soluções prontas. (ROCHA, 2014; SUPER, 2011).

Em paralelo à filosofia do “Faça Você Mesmo”, uma nova dinâmica para a fabricação avançada tem sido promovida na Alemanha e está sendo cada vez mais adotada por outros países. Trata-se da união entre tecnologias digitais, físicas e biológicas ao longo da cadeia de valor dos produtos na tentativa de transformar a produção de bens e serviços (MAYNARD, 2015; MARR, 2016). Mais especificamente, diz respeito a um movimento crescente para explorar a convergência entre tecnologias emergentes, fomentando uma abordagem que combina tecnologias como a fabricação aditiva, a automação, os serviços digitais, a Internet das Coisas e os sistemas ciber- físicos (MAYNARD, 2015; MARR, 2016).

Esse movimento tem sido chamado de “quarta revolução industrial”, que, por meio da digitalização, da nanotecnologia, das tecnologias de informação/comunicação, da aprendizagem automática, da robótica e da inteligência artificial, visa mudar a forma como os produtos são feitos e usados (MAYNARD, 2015; MARR, 2016; SYAM; SHARMA, 2018). A promessa é que essa nova dinâmica transforme as formas e os ambientes em que vivemos (PEARCE, 2012). Essa é uma

realidade que já está sendo experimentada pelas pessoas em diferentes situações (GUPTA et al., 2017), como no caso do crescimento da Internet das Coisas, um tipo de tecnologia digital que possibilita o intercâmbio dinâmico de informações entre dispositivos em rede e, conseqüentemente, abre novos horizontes para a indústria e para distintos estilos de vida (MAYNARD, 2015; MARR, 2016; SYAM; SHARMA, 2018).

Além disso, o uso das impressoras 3D, uma tecnologia física, tem sido cada vez mais intenso, permitindo a fabricação de aditivos, materiais avançados e sistemas biológicos “im- primíveis” (MAYNARD, 2015). Há também o uso de tecnologias biológicas, por exemplo, na genética e na neurotecnologia, ajudando pessoas com deficiência física a controlarem próteses ou cadeiras de roda apenas com suas mentes (HOCHBERG et al., 2012). Por fim, é possível também citar o uso comercial da convergência potencialmente transformadora entre inteligência artificial baseada em nuvem e hardware e software de código aberto, com o intuito de criar novas plataformas para interfaces humanas e máquinas inovadoras (MAYNARD, 2015).

A primeira plataforma a usar o conceito de hardware livre, responsável pela popularização do conhecimento em eletrônica programável é o projeto Arduíno, que foi criado para ser uma plataforma livre, de fácil programação e interação com outros componentes, como sensores e atuadores. Sua aplicação é extensa, sendo utilizado com o objetivo de facilitar a prototipação de circuitos de entrada e saída. Este projeto teve grande aceitação devido a facilidade de utilização e o encapsulamento de conceitos da eletrônica, não sendo necessário conhecimentos avançados, ou mesmo intermediários, para se iniciar um projeto. Outra vantagem desta iniciativa é o baixo custo de desenvolvimento e comercialização do equipamento, comparado ao seu concorrente industrial (CLP- Programmable Logic Controller). Neste sentido, muitas áreas tem se beneficiado da utilização de uma placa de prototipação de baixo custo, no aprimoramento, automação e controle de seus processos.

No ambiente educacional, as placas de prototipação também têm sido utilizadas em conjunto com a impressão 3D para a construção de peças mecânicas. Chama-se comumente de robótica a união de três áreas do conhecimento, a mecânica, eletrônica e computação. (OLIVEIRA, 2014) afirma que a visão construcionista associada à robótica educacional tem influenciado professores em todo o país a utilizarem essa nova metodologia como um apoio às aulas teóricas, no qual o aluno pode aplicar os conceitos abstratos para resolver problemas reais, dando a ele autonomia, emancipação e estimulação para a sua criatividade

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A aplicação das placas de prototipação de baixo custo, tem despertado interesse de diversas áreas do conhecimento científico, com aplicação em vários experimentos.

Na agricultura de Precisão, o uso de componentes de automação aplicados na construção de equipamentos laboratoriais (PAIM et al., 2018), monitoramento de parâmetros ambientais (BITELLA et al., 2014; MESAS-CARRASCOSA et al., 2015; KHOSRO-ANJOM; REHAL; VOUGIOUKAS, 2015; PASCUAL et al., 2015), redes de sensores (RODRIGUES et al., 2013; ZHANG; CHEN; WANG, 2014; POPOVIC' et al., 2017), e de diversos outros parâmetros com a característica da avaliação em tempo real (GUNAWARDENA et al., 2018; RAJU; VARMA, 2017).

Para a automação residencial, as placas de prototipação permitiram uma verdadeira revolução, levando pessoas com poucas experiência e boas ideias a investirem tempo em projetos domésticos com resultados satisfatórios. Destes, alguns projetos se destacam: Controle inteligente de luminosidade e cortinas (TANG et al., 2017; SOLIMAN et al., 2017), reconhecimento de comandos de voz (KHALID et al., 2014; MITTAL et al., 2015; PANDYA; MEHTA; JAIN, 2016;

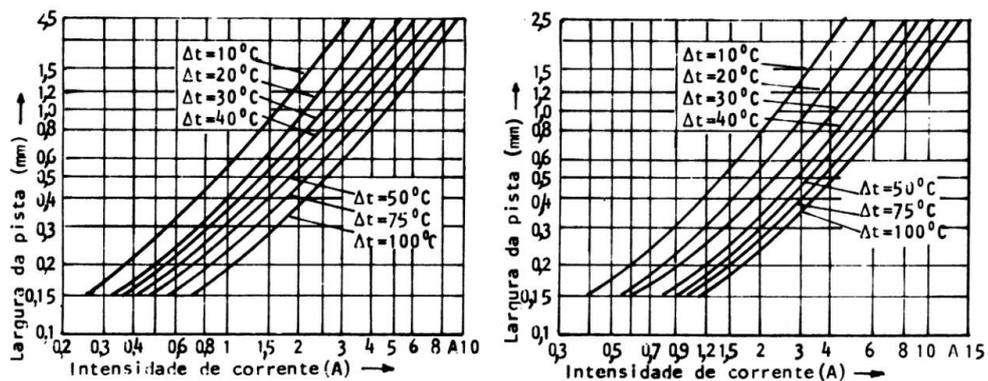
ARIPIN; OTHMAN, 2014), fechaduras eletrônicas com controle de segurança (KAMELIA et al., 2014; SEO; KO; NOH, 2015; WEI et al., 2015; AGARWAL et al., 2016; NEHETE et al., 2016), sistemas de segurança e alarmes inteligentes (JVALE et al., 2013; CHANDRAMOHAN et al., 2017), dentre outros.

No contexto da educação, a plataforma de prototipação tem a capacidade de aproximar do aluno os conceitos abstratos tratados em sala de aula, a partir da comunicação com sensores e atuadores acopláveis através das portas de entrada e saída. Nesta perspectiva, o aprendizado torna-se mais intuitivo, gerando uma relação entre os conceitos estudados em sala de aula e o cotidiano do aluno (ACKERMANN, 2001). Algumas experiências bem-sucedidas tem sido aplicadas ao estudo da física (JR et al., 2009; SOUZA et al., 2011; CAVALCANTE; TAVOLARO; MOLISANI, 2011; ROCHA; MARANGHELLO; LUCCHESI, 2014; ROSA et al., 2016; KAMADA W., 2018), matemática (ARAÚJO; COSTA; JÚNIOR, 2016; BESSA et al., 2017; RODRIGUES et al., 2013; ROSSO et al., 2018; STERNIG; SPITZER; EBNER, 2017), biologia (ROSSO et al., 2018), e estudos multidisciplinares (SILVA et al., 2015; BATISTA et al., 2015; SILVA, 2018). Neto et al. (2015) afirma que apesar de a robótica educacional ser uma pratica pedagógica de ensino bastante recente, já produz ótimos resultados, despertando a curiosidade (KING; GURA, 2007), a motivação (PORTSMORE; CYR; ROGERS, 2001), e a concentração dos estudantes (ROGERS; PORTSMORE, 2004).

As Placas de Circuito Impresso (do inglês, Printed Circuit Board, PCB) permeiam a sociedade em componentes eletrônicos, seja na industria ou em aplicações residenciais, como micro-ondas, os aparelhos de som, computadores, televisores e muitos outros. Seu objetivo interligar os componentes eletrônicos em um espaço físico cada vez menor, evitando o emaranhado de fios e mau contato. As placas de PCB mais comuns são compostas de uma camada de 1,5mm de fenolite, um tipo plástico

fibroso, e uma fina camada de cobre variando de 18 a 35 microns. Esta camada de material condutor corróida formando as trilhas por onde passam os sinais elétricos que transitam entre os componentes. A Figura 1 apresenta a relação entre a espessura da trilha e a corrente máxima transmitida. Os produtos que incorporam microcontroladores em seu sistema visam principalmente, aumentar seus recursos, reduzir seu tamanho e custo, melhorar sua confiabilidade e diminuir o consumo.

Figura 1: Figura 1(a) - espessura do cobre = 18 microns - Figura 1(b) - espessura do cobre = 35 microns



Fonte: NBR 8188/89.

Para contemplar um bom desenho, a espessura de trilhas e a disposição dos componentes na placa de circuito impresso (PCI) devem seguir regras para assegurar que o diagrama esquemático do circuito se comporte como desejado e que as normas de compatibilidade eletromagnéticas sejam respeitadas (LIMA, 2010).

Os circuitos impressos foram criados para unir de forma permanente e eficiente os circuitos integrados aos diversos outros componentes de um circuito eletrônico, minimizando e em muitos casos até substituindo a utilização de fios, realizando as devidas ligações do circuito (OLIVEIRA; ANDRADE, 2006).

O desenho esquemático do circuito de uma PCI é elaborado por um *software* adequado. Conforme a complexidade do projeto o circuito deverá ser simulado ou até mesmo montado para garantir o seu funcionamento. (LIMA, 2010). Os programas profissionais de PCI permitem que as conexões do diagrama esquemático sejam exportadas para o *software* de desenho. Neste ponto, entram as habilidades de desenho e conhecimento técnico do desenhista que irá manipular o *software* para confecção do esquemático do circuito.

2.1 MÉTRICAS

Para a criação de uma placa de prototipação eletrônica, deve-se avaliar cuidadosamente os processos de confecção dos circuitos da PCI identificando quais deles apresentam resultados

satisfatórios quanto a qualidade das trilhas. Outro ponto de análise importante é a espessura e distância entre as trilhas que deverá ser calculado em razão da corrente elétrica que circula entre os componentes.

A polegada é a unidade de medida bastante utilizada, desse modo a maioria dos componentes eletrônicos possui as suas dimensões com esta unidade, tal como as trilhas e vias nos softwares para desenho dos esquemáticos. A polegada é uma unidade imperial enquanto o milímetro é a unidade métrica, veja exemplos na Tabela 1.

Tabela 1: Métricas utilizadas

Imperial (polegada)	Métrica (mm)	Nome usual
1	25,4 (2,54cm)	1 inch pitch ou pitch
0.2	5,08	0.2 inch pitch ou pitch
0.1	2,54	100 mils ou 100 th (thou)
0.05	1,27	50 mils ou 50 th (thou)
0.01	0,25	10 mils ou 10 th (thou)

Fonte: LIMA, 2010

Os valores de referências empregados nos desenhos de encapsulamentos dos componentes é de 100 mils, que é a distância entre pinos. (LIMA, 2010) afirma que para desenhos a regra é sempre usar a unidade imperial seguindo as frações de 100 mils, como 50,75 e 200 mils, por exemplo.

2.2 ENCAPSULAMENTOS

Os encapsulamentos são invólucros de componentes eletrônicos, e possuem a disponibilidade na maior parte das bibliotecas de software de desenho. Existem uma gama de componentes, no entanto, dependendo da necessidade do desenhista, pode-se necessariamente a criação dos seus próprios componentes ou alterados para se adequar às necessidades do projeto ou a não existência de algum específico. Existem dois principais tipos de componentes eletrônicos. O THT ou PTH ("Plated Through-Hole"), que significa inserido através de furo, estes componentes utilizam terminais que atravessam a placa de circuito impresso. O segundo é o tipo SMD (Surface Mount Device) que são dispositivos de montagem na superfície. A o desenhista deve possuir familiarização com nome dado aos diversos encapsulamentos para poder definir que tipo de componente será empregado na montagem da placa (LIMA, 2010).

Os encapsulamentos são desenhados de acordo com o espaçamento entre os pinos do componente, esta técnica é estampada em forma de "pads". Os componentes PTH, os pads são representados em torno do pino do componente e o diâmetro do furo de inserção onde o pino será inserido. Nos componentes SMD pads são representados pelas áreas de cobre na superfície da placa

de soldagem que será fixado os terminais do componente. O encapsulamento também apresenta o desenho que será impresso sobre a placa de cobre ou PCI, o que facilita a identificação do tipo de componente eletrônico, facilitando como referência para a sua solda na placa e melhor orientação. A Figura 2 apresenta alguns formatos e encapsulamentos de componentes eletrônicos.

Figura 2: Encapsulamento dos circuitos integrados.



Fonte: <<http://www.gmelectronica.com.ar/gm/graficos/catalogo/!021ENCA.JPG>>

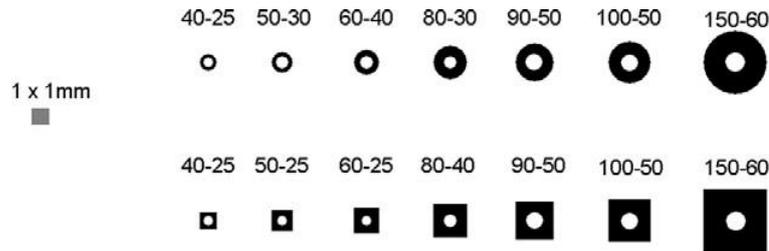
A utilização de componentes estendidos, de Encapsulamento em Linha (do inglês, Dual In-Line Package, DIP ou DIL) ocupa uma quantidade de espaço considerável em duas camadas da placa, devido ao seu formato e disposição dos terminais. Para a prototipação de circuitos, estes componentes são amplamente utilizados, pela facilidade do manuseio e montagem nas placas. Em contraponto a este formato, os Dispositivos de Montagem Superficial (SMD) foram projetados para encapsular toda a funcionalidade dos componentes DIP em um tamanho bastante reduzido e com montagem na superfície de apenas uma camada. Apesar disto, seu uso não muito comum em protótipos de circuitos, pela dificuldade do manuseio e soldagem dos componentes, sendo estes utilizados amplamente na indústria.

2.3 DESENHO DE PADS, VIAS E TRILHAS

O pad pode ser caracterizado como o em torno do pino de um componente (encapsulamentos PTH). Este local será utilizado para fixação em solda do componente e por onde o pino será inserido. Deve se ter cuidado para não errar as dimensões, pois pode ocasionar dificuldade para atravessar os pinos pelos furos. As vias são similares aos pads, porém, são empregadas para realizar conexões elétricas em placas de várias superfícies de cobre com a ligação das camadas superior e inferior, e camadas intermediárias.

É boa prática manter o diâmetro das vias igual ao dobro da largura da trilha que conecta. Em frequências elevadas as vias maiores possuem maior indutância, por isso, devem ser evitadas (LIMA, 2010).

Figura 3: Exemplo de Pads PTH, X-Y (X = diâmetro ou largura externa, Y = diâmetro do furo interno, em mils).



Fonte: LIMA, 2010

As trilhas são os caminhos de cobre que percorre a superfície da placa do circuito impresso, no caso, onde os circuitos impressos fluirão. Quanto menor o seu comprimento, menor será as propriedades elétricas como resistência, capacitância e indução intrínseca.

"É bom manter um coeficiente de segurança no dimensionamento das trilhas, lembrando que o aumento de temperatura demanda uma trilha mais larga do que uma empregada em uma temperatura menor"(LIMA, 2010).

Outra questão de relevância quando realiza o desenho das trilhas é a distancia entre trilhas adjacentes e pontos eletronicamente distintos. A distancia será empregada de acordo com a diferença de tensão entre os pontos. Cada trilha possui uma distancia mínima que possa ser submetidas para diferentes potenciais elétricos.

Tabela 2: Largura mínima da trilha de acordo com a corrente que deverá suportar

Tensão (DC ou AC de pico)Distância entre trilhas		
0-30 V	0,1mm	8 mils
31-50 V	0,6 mm	25 mils
51-100 V	1,5 mm	60 mils
101-170 V	3,2 mm	150 mils
171-250 V	6,4 mm	300 mils
251-500 V	12,5 mm	500 mils

Fonte: O Autor.

2.3.1 Regras de desenho utilizadas

Para a realização da melhor qualidade de desenho na placa de circuito impresso, foi realizado um estudo inicial quanto as normas principais de compatibilidades eletromagnéticas e questões de estética do circuito.

Algumas regras podem haver exceções, desde que se saiba o que se está fazendo. Com a prática, as técnicas de desenho vão sendo aperfeiçoadas durante a criação do circuito e os desenhos terão uma melhor aparência e organização, apresentando também, robustez elétrica e mecânica. (LIMA, 2010) Entre essas principais boas práticas relatadas pelo autor estão:

- Para placas com mais de uma superfície ou camadas de cobre, se deve criar planos independentes de terra e alimentação (VCC).
- Evitar trilhas de potência ao longo de toda extensão da placa.
- Evitar a proximidade entre trilhas de potência e sinal e mesmo de alta potência e baixa potência, para não afetar as propriedades entre si.
- Aumentar a espessura do cobre próximo aos terminais, vias, etc, sempre mantendo a estética.
- Não se deve deixar planos de cobre isolados sem conexão à terra do circuito.
- A organização dos componentes requer demanda e realizar conexões curtas o mais próximo possível
 - Separar espacialmente circuitos de potência dos circuitos digitais.
 - Separar a terra digital da terra analógica.
 - Aterrizar a carcaça metálica de componentes que as tenham, tais como: cristais osciladores, dissipadores e blindagens.
- Capacitores de filtro para ruídos de alta frequência, os chamados capacitores de desacoplamento (geralmente de 100 nF), só tem utilidade se são colocados próximo ao circuito integrado que devem proteger.

Figura 4: Trilhas em ângulos de 45 grau(s)



Fonte: LIMA, 2010

Outro ponto importante é quanto os dimensionamentos das trilhas, vias e pads. O seu dimensionamento deve ser adequado aos componentes, tensões e correntes que permanecerão no circuito. Empregar polígonos nas trilhas e maior espessura sempre que possível. No desenho das trilhas, o ideal é evitar mudanças de direção com ângulos de 90°. Angulo ideal para se trabalhar é de 45°. O padrão é 45° e não deve ser alterado. Este ângulo melhora o desenho da placa e suas características elétricas (LIMA, 2010).

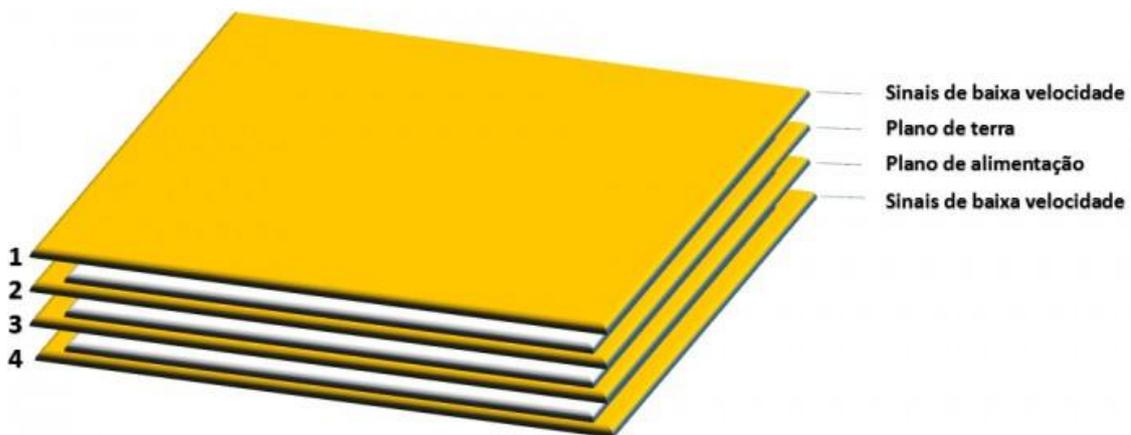
Figura 5: Trilhas em forma de polígonos e ângulos de 45 grau(s)



Fonte: LIMA, 2010

A complexidade do circuito pode ser empregada através de uma placa de face simples em que o cobre está somente um dos lados, ou dupla face em que o cobre em ambos lados, existem também as placas de várias camadas, formando um sanduíche. Quanto mais simples a placa, menor é o seu custo. O principal viés da placa de face simples é a quantidade de jumpers que a mesma pode influenciar na sua menor robustez elétrica. A figura 6 pode exemplificar como seria internamente estas placas de multicamadas.

Figura 6: Proposta de placas de circuito impresso multicamadas com 4 camadas simples



FONTE: <https://www.embarcados.com.br/placas-de-circuito-impresso/>

2.4 VIABILIDADE TÉCNICA

O Laboratório de Robótica Aplicada (LABORA) do campus Cachoeiro de Itapemirim, conta com máquinas de Comando Numérico Computadorizado (CNC), e impressora 3D, necessárias para o desenvolvimento da proposta. Além disto, os componentes eletrônicos utilizados para a confecção do projeto, são fornecidos pelo laboratório de eletrônica do campus.

3 METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE AÇÃO

Os microcontroladores, presentes na maioria das placas de automação, constituem a parte mais importante do projeto, pois encapsulam um núcleo de processador, memória e portas de Entrada e Saída (E/S), todos interligados por um barramento de alta capacidade de transferência de dados. A

grande vantagem dos microcontroladores que estes são programáveis, o que lhes confere flexibilidade e a capacidade de readaptação ou correção de eventuais erros ou falhas no dimensionamento do projeto, visto que suas funcionalidades são definidas por software. A programação em microcontroladores feita utilizando linguagem de montagem (Assembly), ou C/C+.

Para a criação de uma placa de prototipação eletrônica, deve-se avaliar cuidadosamente os processos de confecção dos circuitos da PCB identificando quais deles apresentam resultados satisfatórios quanto a qualidade das trilhas. Outro ponto de análise importante a espessura e distância entre as trilhas que deverá ser calculado em razão da corrente elétrica que circula entre os componentes. A nível de refinamento do projeto, deve-se discutir a possibilidade de utilizar camadas simples, duplas ou múltiplas (DAMEROW; KOCIN, 1987)

Outra etapa importante para o desenvolvimento do projeto, é a avaliação do microcontrolador a ser utilizado. Existem vários modelos e diversos fabricantes destes Circuitos Integrados com diferentes configurações de pinagem, frequência e formato, entre outras. A definição destes componentes impacta diretamente no alcance do projeto, limitando a quantidade de interações com sensores e atuadores e a capacidade de resposta em tempo adequado.

O Microcontrolador é o componente chave na tomada de decisões na hora de se desenvolver o controle do projeto, devido a sua capacidade de ser programado, permitindo extrema flexibilidade. Portanto, usar um microcontrolador, se torna necessário a um circuito quando se deseja realizar operações e procedimentos que variam conforme estímulos ou condições de um ambiente, comandos, procedimentos, análises e correções (SCHUNK; LUPPI, 2001).

No processo de definição destes componentes, observou-se dezenas de fabricantes e milhares de modelos disponíveis. Entretanto, existem fatores que influenciam na compra destes componentes, como:

- Tamanho da memória RAM: Memória de acesso randômico é utilizada pelo programa principal com a função de executar rotinas.
- Capacidade de memória Flash: Setor onde o programa principal fica armazenado permanentemente de forma eletrônica e rápida.
- Número de E/S ou (I/O): A quantidade se faz é necessária, devido grande número de portas para se trabalhar com dados do meio externo e processá-los.
- Tempo de atuação do fabricante no mercado: É ideal verificar sempre a experiência e o tempo de atuação do fabricante escolhido, pois alguns componentes podem se tornar obsoletos e sair de produção.
- Suporte do Desenvolvedor: Verificar o apoio do fabricante ao conceder material e ferramentas que facilitem o desenvolvimento com uso da sua tecnologia.

Entre as principais famílias segundo estes parâmetros, encontra-se: PIC, AVR. Serão analisadas as duas famílias, e o motivo pela escolha de um componente da família AVR, o Atmega328P.

Em relação a memória interna e E/S, tanto o PIC quanto AVR possuem uma diversidade de modelos semelhantes, com que faz que estes quesitos não influenciem na tomada de decisão entre estas duas famílias.

Uma diferença notável se tratando em desempenho de velocidade, está nos MIPS ((mi- lhões de instruções por segundo). O clock da família PIC é internamente dividido por 4MHz, em que temos um clock interno de 1MHz, ou seja, cada ciclo da máquina dura 1us (microsegundo) (SOUZA, 2005). No caso dos microcontroladores da família AVR, não ocorre divisão por 4, utilizando o mesmo clock externo de 4MHz, consegue efetuar 4 ciclos de máquinas por segundo. Outro ponto importante é a questão do custo. O microcontrolador Atmega328P é frequentemente utilizado e comum nas placas de prototipação de diversas marcas, entre elas a Arduino. O custo deste microchip varia na faixa de R\$18,00 á R\$ 22,00 no Brasil, e no mercado estrangeiro, com importações pode chegar até R\$ 6,50 a peça.

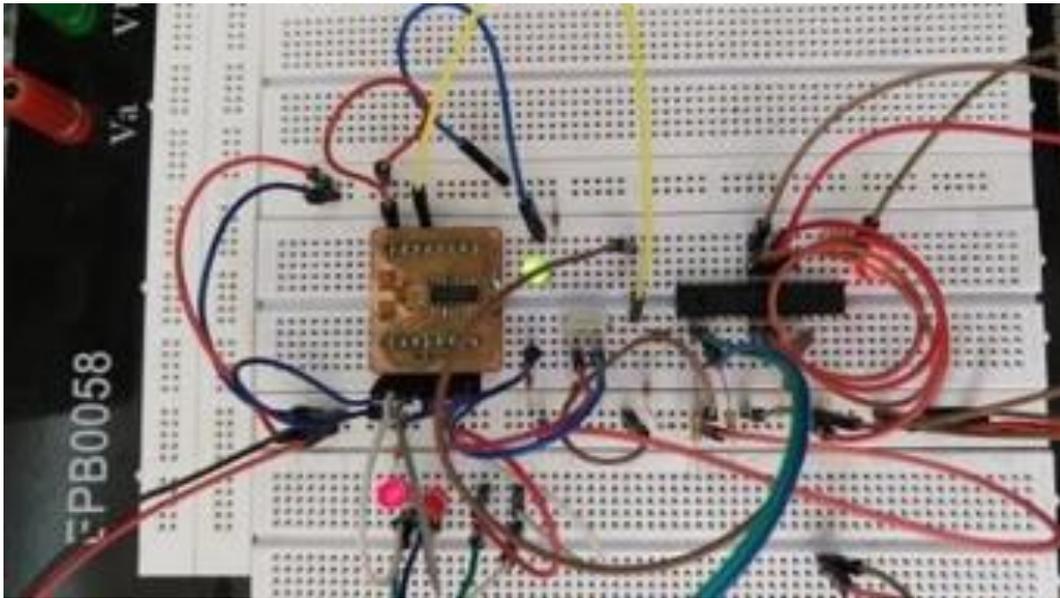
Este microcontrolador possui facilidade de acoplamento no circuito eletrônico desenvolvido, facilidade de solda manual, sem a necessidade de processos de soldas industriais. O autor, juntamente com o orientador definiu que este microcontrolador pela sua capacidade de compatibilidade com diversas placas de prototipação, o seu preço, e fácil manuseamento seria adequado para se utilizar, assim também foram executados testes, e estudos com cursos usando esta tecnologia bastante difundida.

Baseado nos custos da placa a ser desenvolvida, e fator determinante pelo Atmega328P, aplicou-se também na escolha do microchip de comunicação com o microcontrolador principal. A opção pelo CH340G, se deve pela quantidade mínima de pinagem apenas necessária para comunicação de dados, além de ser frequentemente utilizado como alternativa barata a marcas e produtos mais estabelecidos, como o FTDI (FT232RL).

3.1 MONTAGEM DO PROTÓTIPO

Para a concepção de um teste inicial, foi utilizado uma placa de ensaio ou matriz de contato, (ou protoboard, ou breadboard em inglês). A Protoboard é uma placa com furos (ou orifícios) e conexões condutoras para montagem de circuitos elétricos experimentais (CRUZ, 1964). Para a montagem na protoboard, optou-se por utilizar componentes de características THT (do inglês, Throught Hole Technology), tendo em vista que os terminais deviam ser conectados mecanicamente na ferramenta em questão. Todos os componentes eram disponíveis em versão THT, exceto o CH340G, onde foi necessária a confecção de uma placa auxiliar para o uso na protoboard.

Figura 7: Montagem do circuito em protoboard



Fonte: O AUTOR, 2019

Para o circuito definitivo, montado em Placa de Circuito Impresso (PCI), optou-se por utilizar Dispositivos de Montagem Superficial (Surface Mount Technology, SMD), com o propósito de o circuito ficar mais compacto. Os únicos componentes THT que seriam utilizados seriam o próprio microcontrolador ATMEGA328P e alguns conectores. Então iniciou-se um estudo prévio quanto as dimensões físicas da placa, pois é uma característica que requer atenção.

3.2 DESENVOLVIMENTO DA PCI COM SOFTWARE FRITIZING

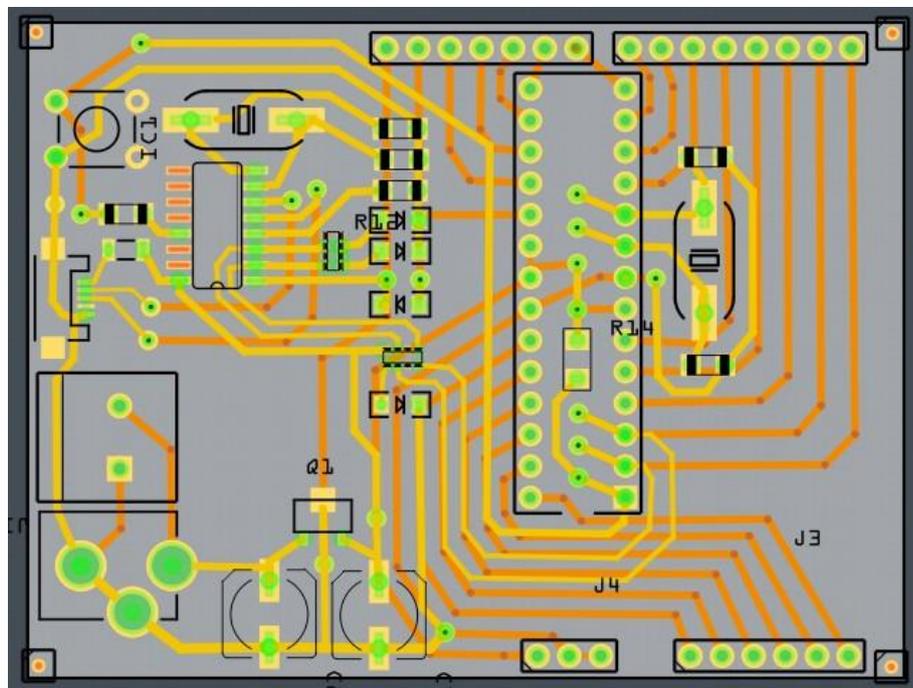
A primeira etapa do desenvolvimento do esquemático da PCI, ou seja, o desenho dos circuitos elétricos do hardware, utilizou-se o software Fritizing. Este software é uma iniciativa de hardware open-source multiplataforma, e o seu desenvolvimento ocorreu nos laboratórios da Universidade Aplicada de Postdam, na Alemanha. O software auxilia o usuário na criação de esquemas e dos circuitos eletrônicos, na prototipagem e layout de placas de circuito impresso.

O software Fritizing foi selecionado por possuir uma licença mais flexível, bastante utilizando pela maior parte de desenvolvedores open-hardware, outra questão foi a sua característica multiplataforma, com isto, se tornou possível a operação de trabalho no sistema operacional Linux. Com este software foi capaz de realizar a criação do diagrama eletrônico muito mais rápido, permitindo uma impressão visual bem fiel ao resultado final. Este software possui 3 modos, Protoboard, Esquemático e modo PCB. O projeto foi desenvolvido em modo PCB, e de forma automática o software converteu para os outros modos os esquemáticos da placa. Depois de ter montando e gerado o esquemático, os componentes não apresentaram uma boa organização, um fator que contribuiu para isso foi o espaço limitado de camada simples proposta inicialmente. Para nível

de refinamento da produção do hardware em questão, houve a real necessidade de trabalhar com camadas duplas devido ao grande número de conexões necessárias de fios e componentes eletrônicos. Portanto, obteve-se melhor organização dos dispositivos a partir da camada dupla, garantindo uma boa qualidade do desenho final e aproveitando todas as dimensões da placa que possui 5,5 cm por 7,5 cm, tornando-a um tamanho compacto.

As camadas são intituladas no software Fritizing como "Top"(em cima) e "Bottom"(em baixo). A 8 exhibe o esquema de montagem dos componentes e a passagem dos fios na placa, para a camada de cima destacado na cor amarela e a camada de baixo com a cor laranja e os pontos de furos destacados na cor verde.

Figura 8: Montagem da placa e seus circuitos no software Fritizing



Fonte: O AUTOR, 2019

A geração automática das trilhas e conexões do circuito através do software apresentaram algumas distorções e erros. Foi necessário refazer manualmente trilha por trilha, de acordo com as regras de desenho estudadas, empregando polígonos e o ângulo padrão em todas as trilhas tornando eletricamente eficientes. Os planos de alimentação e terra se concentraram nas extremidades, permitindo a melhor distribuição das correntes ao longo da placa.

3.3 PROCESSO DE CORROSÃO

Os processos de confecção de uma placa consistem na retirada de material condutor mantendo apenas as trilhas para interligação dos componentes. Existem vários métodos de eliminar a camada de cobre da placa, o método por líquido corrosivo e por máquinas de precisão. Nesta seção será descrito todos os pontos importantes processos de corrosão aplicados para o hardware proposto.

3.3.1 Processo por Máquina de Controle Numérico - CNC

Os processos de confecção de uma placa consistem na retirada de material condutor mantendo apenas as trilhas para interligação dos componentes. Existem vários métodos de eliminar a camada de cobre da placa, os mais comuns estão relacionados à transposição de material gráfico ou tinta para a placa e posteriormente submersão em líquido corrosivo, onde o líquido elimina toda a camada de cobre exposta deixando apenas as partes cobertas pela tinta. Este processo, apesar de rápido, não apresenta grande precisão, podendo gerar falhas na aderência da tinta ao cobre ou no tempo de exposição ao líquido corrosivo. Outro processo conhecido a fresagem dos circuitos, que apesar de ser menos utilizado por necessitar de equipamento de precisão, como uma Máquina de Controle Numérico (do inglês, Computer Numerical Control, CNC). O seu funcionamento consiste na operação de uma fresa de alta rotação. Esta fresa elimina o cobre formando as trilhas do circuito.

A máquina de controle numérico é um conceito de automatização dos movimentos de máquinas que fazem o uso da interpretação direta de instruções codificadas na forma da união de números e letras, fazendo com que o sistema receba as instruções por meio de entrada própria, compilando as instruções e as transmitindo em forma de sinais de saída aos componentes da máquina, realiza operações na sequência programada (MARCICANO, 2005). Para esta sequência programada utilizou-se a linguagem de Código G, do inglês G-Code, é a nome dado à linguagem de programação criada para padronização a partir da necessidade de maquinários industriais que faziam uso de sistemas Comando Numérico Computadorizado (CNC).

A codificação g-code possui como função principal instruir a movimentação da máquina geometricamente nas três dimensões (do plano cartesiano), x, y e z. É uma linguagem de interpretação simples e rudimentar, as sequências de instruções são linha por linha responsável por uma tarefa específica até o fim do código. Portanto foi necessário dominar esta linguagem g-code para evitar problema com a fresagem do circuito e conquistar autonomia para calibração da CNC.

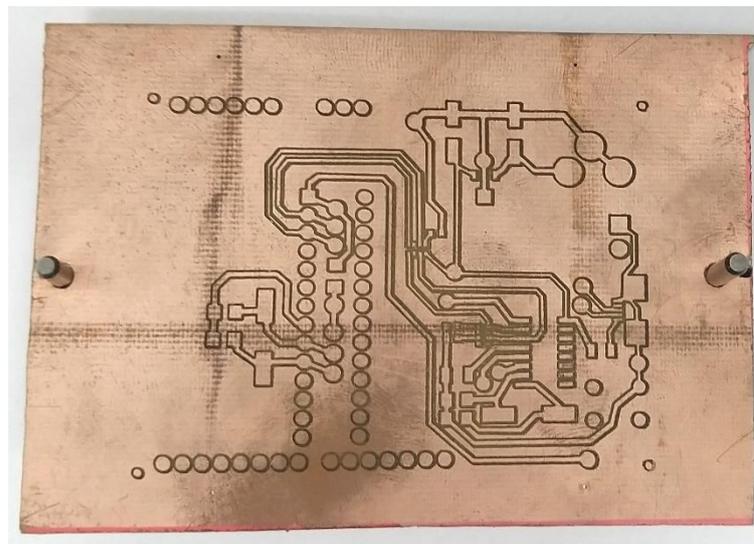
Á máquina de fresagem CNC utilizada é constituída de uma parte mecânica que se refere toda a sua estrutura física, de uma parte eletroeletrônica e por ultimo a parte interligada a eletrônica chamada de sistema computadorizado. Esta parte é a mais importante da máquina e comanda todo o seu funcionamento. O sistema computadorizado consiste em um software capaz de fazer o interfaceamento entre o microcontrolador e o computador, a fim que possa ser transmitida, interpretada e executada a programação g-code. Para tal programação o software utilizado foi bCNC e a sua escolha foi devido possuir uma versão gratuita e seu código disponibilizado.

Portanto, considerando o trabalho já realizado anteriormente, com projeto da placa de circuito impresso elaborado no software de desenho Fritizing, era necessário realizar a exportação para um tipo de formato chamado de "Gerber"5

Depois do formato gerber gerado, foi necessário utilizar o software FlatCAM também de código aberto, escrito em linguagem Python. A utilização deste software se deve a fatores de refinamento do projeto, quanto a geração final do gerber para utilização do bCNC que possui características mais apropriadas apenas para manipulação e gerenciamento de interface máquina durante a fabricação. A utilização do FlatCAM se define os espaçamentos das trilhas, quanto a profundidade de fresagem, e o isolamento de muitas tarefas. Concluído as adequações necessárias é efetuado a exportado para linguagem g-code e então a utilização do arquivo exportado está apto para ser aberto no software bCNC.

Durante o processo de fabricação, uma placa de fenolite é cortada com serra manual em tamanho 10cmx10cm e fixada a bandeja da mesa fresadora CNC. Para melhor fixação e orientação do código programado pelo software é utilizado marcadores(pinos) e furos na placa para sincronizar os dois lados, foram feitos dois furos em pontos diferentes da placa, traçamento entre uma linha e outro em 8cm de comprimento entre os raios.

Figura 9: Marcadores de apoio durante a fresagem da fenolite



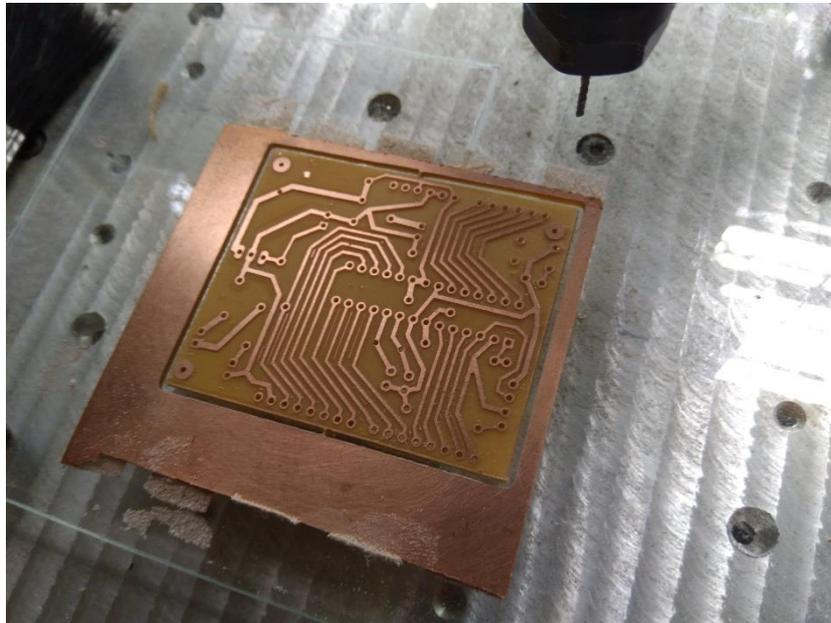
Fonte: O AUTOR, 2019

Após o processo de fixação das placas é preparado as fresas de corte. As fresas utilizadas nesse equipamento de corte lateral, com duas entradas de espessuras que variam de 0,06mm a 0,08mm, e fresas de perfuração de 1mm. As fresas são feitas de material duro e resistente, com a propriedade maior que o cobre, material qual o fenolite é produzido.

A velocidade e o avanço são pontos importantes e requer cuidados na hora da fabricação. A velocidade de ponto de contato da fresa é o contato entre corte e a superfície que será usinada, quanto maior o diâmetro da fresa maior sera a velocidade tangencial. Enquanto o avanço é a velocidade a qual a ferramenta se desloca ao longo dos eixos. Estas propriedades devem ser testadas antes da

produção e já pré configurada no g-code. Com estas premissas concluídas, o projeto é executado no software bCNC a placa de fenolite está pronta para produção do circuito impresso. A Figura 2 apresenta as trilhas de uma placa de hardware sendo fresada com uma máquina CNC.

Figura 10: Processo de confecção da PCB com fresagem CNC.



Fonte: O Autor.

3.4 LIMPEZA DA PLACA

A placa de fenolite possui uma camada de cobre, essa camada oxida facilmente. Para resolver esse problema foi necessário a limpeza desta placa com escova de aço, como movimentos uniformes na mesma direção, e para retirar os resíduos da escova sobre a placa, usou-se álcool Isopropílico caracterizado por possuir menos que 1% de água em sua composição. Depois deste processo, a placa fica com aspecto brilhante e pronta para receber a camada de proteção, na qual se utilizou verniz apropriado para circuitos eletrônicos.

3.5 SOLDAGEM DOS COMPONENTES NA PLACA

A solda dos componentes foram feitas com uso de ferro de solda, com uma potência aproximada de 40W. Com o ferro de solda super aquecido foi utilizado a quantidade pequena de estanho em um espaço de tempo mínimo, pois alguns componentes possuem maior sensibilidade a temperatura. Para ajudar na fixação e o preenchimento de todo o ponto de solda, foi utilizado pasta de soldagem, principalmente para a fixação dos componentes de categoria SMD. A fixação dos componentes desta categoria (SMD) é bastante trabalhosa na forma manual, visto que, estes componentes são usados em escala industrial. As máquinas de montagens recebem estes componentes em rolos e fixam na placa. Na forma manual, a solda precisa ser efetuada com cautela e precisão,

além do auxílio de um microscópio digital. O processo de soldagem utilizou pastas de solda, para facilitar a aderência dos componentes inseridos na placa.

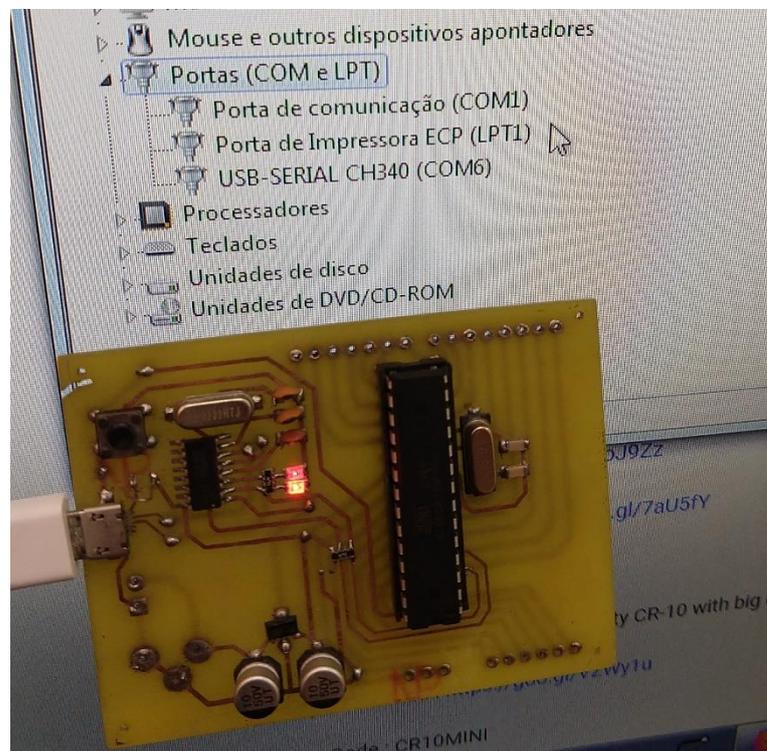
3.6 SILKSCREEN DA PLACA

A parte visual da placa é muito importante para montagem e interatividade de uso da placa. A parte gráfica da placa se planeja conter dados, como numeração dos componentes, nomes dos pinos, detalhes da placa e logo marca. Primeira camada gráfica aplicada, foram substâncias de vernizes apropriadas para circuitos eletrônicos. Futuramente, se planeja que esta parte gráfica contenha informações importantes como o nome batizado escolhido pelo autor de ArduIFES, a data e versão.

3.7 RESULTADOS

Os testes de reconhecimento da placa com o computador, obteve êxito, a partir do momento que verificou que os dados programados para a interface do microcontrolador foram compilados. Portanto se estabeleceu conexão com o computador, através de cabo USB 2.0, no qual foi possível observar e comprovar o funcionamento do sistema. No procedimento do teste, foi programado para a saída digital 13 acender e apagar o LED da placa, com um intervalo de 1 segundo entre cada ação. A Figura 11 mostra o dispositivo conectado na porta COM6 do computador.

Figura 11: ArduIFES Hardware reconhecido pelo computador



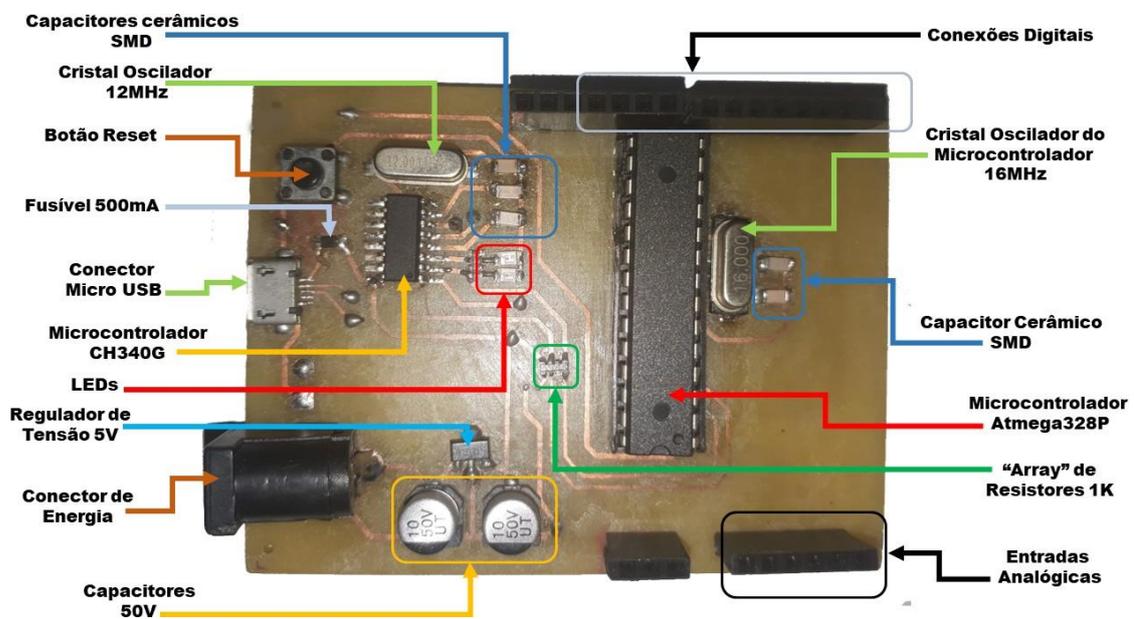
Fonte: Autor

A placa consegue desempenhar seu papel sem nenhuma restrição, no entanto, esta qualidade se deve ao processo de teste do hardware como um todo. Para garantir esta confiabilidade foi utilizado

ferramentas como multímetros, que nos permitiu a verificação das conexões do circuito quanto a suas propriedades elétricas, além da capacidade de dissipação de calor dos componentes reguladores.

O conector para fonte de alimentação fica localizada na parte inferior no lado esquerdo, abaixo do conector USB. Esta área está concentrada todo o processo de alimentação da placa, como o regulador de tensão de 5 volts(5V), ele recebe como capacidade qualquer tensão entre 7V e 16V, em que esteja sendo fornecida pelo conector de alimentação e convertendo em tensão constante de 5 volts. Apesar do seu tamanho ser bastante pequeno, ele possui a capacidade enorme de dissipação de calor, quando é submetido a correntes razoavelmente alta. A Figura 12 mostra os principais componentes inseridos na placa.

Figura 12: Descrição dos componentes do hardware ArduIFES



Fonte: Autor

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da plataforma de prototipação eletrônica (ArduIFES), desenvolvida no decorrer do referente trabalho, é considerada uma excelente ferramenta para auxílio do aprendizado, visto que trata-se de um dispositivo considerado de alto nível de abstração e de baixo custo, quando comparado com os dispositivos já existentes no mercado. Desse modo, a utilização da nova ferramenta (ArduIFES), proporciona um progresso notável na formação intelectual dos usuários e promove um maior raciocínio lógico para a programação, além de ser uma tecnologia acessível à maioria das classes de população.

A plataforma desenvolvida é baseada no paradigma Hardware e Software open source. Portanto, todo o hardware proposto foi conceituado em cima dessas estruturas e buscando o

compartilhamento irrestrita da informações neste projeto desenvolvido, além de permitir que toda e qualquer pessoa possa aprender nesta plataforma e uma excelente estratégia de melhoria no estudo de tecnologias e programação, visto que este dispositivo pode ampliar as habilidades do usuário e permitir um maior raciocínio lógico. Além disto, a construção do conhecimento neste projeto tem um caráter interdisciplinar, envolvendo as áreas da elétrica, mecânica e computação. A evolução deste desta plataforma de prototipação, possibilitará o desenvolvimento, a menor custo, de materiais didáticos para disciplinas de Matemática, Física, Química, Biologia, entre outros, para atendimento específico de escolas públicas de ensino fundamental e médio.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos pelo financiamento FAPES, edital FAPES/CNPq No 13/2018, e IFES, edital No 05/2018 - Pibiti e 06/2018 - Pibic. Agradecimentos ao Laboratório de Robótica Aplicada (LABORA), IFES Campus Cachoeiro de Itapemirim - ES.

REFERÊNCIAS

- ACKERMANN, E. Piaget's constructivism, papert's constructionism: What's the difference. Future of learning group publication, v. 5, n. 3, p. 438, 2001.
- AGARWAL, A. et al. Smart door lock system for elderly, handicapped people living alone. International Journal of Smart Home, v. 10, n. 6, p. 155–162, 2016.
- ANTUNES, C. Como desenvolver as competências em sala de aula. [S.l.]: Editora Vozes Limitada, 2011.
- ARAÚJO, J. P. P. de; COSTA, G.; JÚNIOR, J. G. R. Matematech: Plataforma de apoio à aprendizagem de matemática nos anos iniciais do ensino fundamental. In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). [S.l.: s.n.], 2016. v. 27, n. 1, p. 110.
- ARIPIN, N. bt; OTHMAN, M. Voice control of home appliances using android. In: IEEE. Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS), 2014. [S.l.], 2014. p. 142–146.
- BATISTA, E. J. S. et al. Utilizando o scratch como ferramenta de apoio para desenvolver o raciocínio lógico das crianças do ensino básico de uma forma multidisciplinar. In: Anais do Workshop de Informática na Escola. [S.l.: s.n.], 2015. v. 21, n. 1, p. 350.
- BESSA, S. et al. Utilizando scratch e arduino como recursos para o ensino da matemática. In: Anais do Workshop de Informática na Escola. [S.l.: s.n.], 2017. v. 23, n. 1, p. 538.

- BITELLA, G. et al. A novel low-cost open-hardware platform for monitoring soil water content and multiple soil-air-vegetation parameters. *Sensors*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 14, n. 10, p. 19639–19659, 2014.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Physics with arduino for beginners. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 33, n. 4, p. 4503–4503, 2011.
- CHANDRAMOHAN, J. et al. Intelligent smart home automation and security system using arduino and wi-fi. *International Journal Of Engineering And Computer Science*, v. 6, n. 3, 2017.
- CRUZ, R. A. Test board for electronic circuits. [S.l.]: Google Patents, 1964. US Patent 3,145,483.
- DAMEROW, M. F.; KOCIN, M. J. Dual printed circuit board module. [S.l.]: Google Patents, 1987. US Patent 4,689,721.
- GUNAWARDENA, N. et al. Development and evaluation of an open-source, low-cost distributed sensor network for environmental monitoring applications. *Measurement Science and Technology*, IOP Publishing, v. 29, n. 2, p. 024008, 2018.
- GUPTA, S. et al. Digital revolutions in public finance. [S.l.]: International Monetary Fund Washington, DC, 2017.
- HOCHBERG, L. R. et al. Reach and grasp by people with tetraplegia using a neurally controlled robotic arm. *Nature*, Nature Publishing Group, v. 485, n. 7398, p. 372, 2012.
- JAVALE, D. et al. Home automation and security system using android adk. *International journal of electronics communication and computer technology (IJECCCT)*, v. 3, n. 2, p. 382–385, 2013.
- JR, A. G. B. et al. Tecnologias livres e ensino de física: uma experiência na utfpr. *XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, v. 17, 2009.
- KAMADA W., J. A. C. O uso do arduino com o ciclo de modelagens: Uma pesquisa no ensino de física. *POSGERE-Pós-Graduação em Revista/IFSP-Campus São Paulo*, p. 5–12, 2018.
- KAMELIA, L. et al. Door-automation system using bluetooth-based android for mobile phone. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, v. 9, n. 10, p. 1759–1762, 2014.
- KHALID, M. et al. Design and development of low cost voice control smart home device in the south pacific. In: *IEEE. Computer Science and Engineering (APWC on CSE), 2014 Asia-Pacific World Congress on*. [S.l.], 2014. p. 1–6.
- KHOSRO-ANJOM, F.; REHAL, R. S.; VOUGIOUKAS, S. G. A low-cost, efficient strawberry yield monitoring system. In: *AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. 2015 ASABE Annual International Meeting*. [S.l.], 2015. p. 1.
- KING, K. P.; GURA, M. Classroom robotics: Case stories of 21st century instruction for millennial students. [S.l.]: IAP, 2007.

- LIMA, C. B. Técnicas de projetos eletrônicos com os microcontroladores avr. Edição do autor-Clube de Autores,, 2010.
- MARCICANO, J. P. P. Introdução ao controle numérico. USP. São Paulo, 2005.
- MARR, B. Why everyone must get ready for the 4th industrial revolution. The Forbes, 2016.
- MAYNARD, A. D. Navigating the fourth industrial revolution. Nature nanotechnology, Nature Publishing Group, v. 10, n. 12, p. 1005, 2015.
- MESAS-CARRASCOSA, F. et al. Open source hardware to monitor environmental parameters in precision agriculture. Biosystems engineering, Elsevier, v. 137, p. 73–83, 2015.
- MITTAL, Y. et al. A voice-controlled multi-functional smart home automation system. In: IEEE. India Conference (INDICON), 2015 Annual IEEE. [S.l.], 2015. p. 1–6.
- NEHETE, P. R. et al. Literature survey on door lock security systems. Int. J. Comput. Appl, v. 153, n. 2, 2016.
- NETO, R. P. B. et al. Robótica na educação: uma revisão sistemática dos últimos 10 anos. In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). [S.l.: s.n.], 2015. v. 26, n. 1, p. 386.
- OLIVEIRA, A. S. de; ANDRADE, F. S. de. Sistemas embarcados: hardware e firmware na prática. [S.l.]: Editora Érica Ltda, 2006.
- OLIVEIRA, I. P. d. Projeto de um kit arm para simulação de um clp residencial de baixo custo com placa de expansão de relês sem fio. 2014.
- PAIM, P. F. E. et al. Seed counting system evaluation using arduino microcontroller. Tecno-Lógica, v. 22, n. 1, p. 90–95, 2018.
- PANDYA, B.; MEHTA, M.; JAIN, N. Android based home automation system using bluetooth & voice command. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Volume, v. 3, p. 2395–0072, 2016.
- PASCUAL, R. L. et al. A wireless sensor network using xbee for precision agriculture of sweet potatoes (ipomoea batatas). In: IEEE. Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), 2015 International Conference on. [S.l.], 2015. p. 1–4.
- PEARCE, J. M. Building research equipment with free, open-source hardware. Science, American Association for the Advancement of Science, v. 337, n. 6100, p. 1303–1304, 2012.
- POPOVIC´, T. et al. Architecting an iot-enabled platform for precision agriculture and ecological monitoring: A case study. Computers and Electronics in Agriculture, Elsevier, v. 140, p. 255–265, 2017.

- PORTSMORE, M.; CYR, M.; ROGERS, C. Integrating the internet, labview™, and lego bricks into modular data acquisition and analysis software for k-college. *age*, v. 5, p. 2, 2001.
- RAJU, K. R. S. R.; VARMA, G. H. K. Knowledge based real time monitoring system for aquaculture using iot. In: IEEE. Advance Computing Conference (IACC), 2017 IEEE 7th International. [S.l.], 2017. p. 318–321.
- ROCHA, B. M. Do it yourself e improviso: por uma outra epistemologia da projeção. bruno massara rocha. 2014.
- ROCHA, F. S. da; MARANGHELLO, G. F.; LUCCHESI, M. M. Acelerômetro eletrônico e a placa arduino para ensino de física em tempo real. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 1, p. 98–123, 2014.
- RODRIGUES, L. M. et al. A system based on interval fuzzy approach to predict the appearance of pests in agriculture. In: IEEE. IFSA World Congress and NAFIPS Annual Meeting (IFSA/NAFIPS), 2013 Joint. [S.l.], 2013. p. 1262–1267.
- ROGERS, C.; PORTSMORE, M. Bringing engineering to elementary school. *Journal of STEM Education: innovations and research*, v. 5, n. 3, 2004.
- ROSA, C. T. W. da et al. Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e arduino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, p. 292–305, 2016.
- ROSSO, A. O. de et al. O ensino da lógica matemática usando android e arduino. *ENPEX-Salão de Ensino, Pesquisa e Extensão do IFRS Campus Canoas*, v. 1, n. 7, 2018.
- SCHUNK, L. M.; LUPPI, A. Microcontroladores AVR—Teoria e Aplicações. [S.l.]: Érica, São Paulo, 2001.
- SEO, D. G.; KO, H. S.; NOH, Y. D. Design and implementation of digital door lock by iot. *KIISE Transactions on Computing Practices, Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, v. 21, n. 3, p. 215–222, 2015.
- SILVA, J. L. de S. et al. Recard: Robô baseado na plataforma arduino como facilitador no processo de ensino-aprendizagem multidisciplinar. *RENOTE*, v. 12, n. 2, 2015.
- SILVA, M. V. d. Robótica educacional: um recurso para a exploração de conceitos relacionados à transferência de calor no Ensino Médio. Dissertação (Mestrado) — UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI, 2018.
- SOLIMAN, M. S. et al. Design and implementation of a real-time smart home automation system based on arduino microcontroller kit and labview platform. *International Journal of Applied Engineering Research*, v. 12, n. 18, p. 7259–7264, 2017.
- SOUZA, A. R. de et al. A placa arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo pc. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, p. 1702, 2011.

SOUZA, D. J. de. Desbravando o PIC: ampliado e atualizado para PIC 16F628A. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2005.

STERNIG, C.; SPITZER, M.; EBNER, M. Learning in a virtual environment: Implementation and evaluation of a vr math-game. In: Mobile Technologies and Augmented Reality in Open Education. [S.l.]: IGI Global, 2017. p. 175–199.

SUPER. Super Interessante: A volta da cultura do "faça você mesmo". 2011. Disponível em <<https://super.abril.com.br/cultura/a-volta-da-cultura-do-faca-voce-mesmo-conteudo-extra>>. Acesso em: 08-Novembro-2017.

SYAM, N.; SHARMA, A. Waiting for a sales renaissance in the fourth industrial revolution: Machine learning and artificial intelligence in sales research and practice. *Industrial Marketing Management*, Elsevier, v. 69, p. 135–146, 2018.

TANG, S. et al. Development of a prototype smart home intelligent lighting control architecture using sensors onboard a mobile computing system. *Energy and buildings*, Elsevier, v. 138, p. 368–376, 2017.

WEI, C.-C. et al. The implementation of smart electronic locking system based on z-wave and internet. In: IEEE. Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2015 IEEE International Conference on. [S.l.], 2015.

ZHANG, S.; CHEN, X.; WANG, S. Research on the monitoring system of wheat diseases, pests and weeds based on iot. In: IEEE. Computer Science & Education (ICCSE), 2014 9th International Conference on. [S.l.], 2014. p. 981–985.