



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

Desenvolvimento e aplicação de um sensor contador de passos para aplicação em solado impresso em 3D

Development and application of a step counter sensor for application on 3D printed soles

Daniel Perdigão Lobato, Fabia Regina Gomes Ribeiro[†],

Victória de Barros Marcondes Machado Rosisca[¶], Liliana de Luca Xavier Augusto[§],

Leandro da Silva Pereira[‡]

RESUMO

A impressão 3D tem se desenvolvido em diversas áreas do conhecimento e nas mais variadas aplicações. Uma delas é para a criação de vestuários e objetos vestíveis, como bijuterias, bolsas, calçados e protótipos de *wearables* (do inglês “vestível”, isto é, tudo aquilo que envolve tecnologia e que o usuário pode vestir). inteligentes. Estes objetos são, normalmente, feitos de diferentes materiais, não necessariamente de tecidos a partir de fibras têxteis, e não estão atrelados indispensavelmente ao corpo. Dessa forma, neste trabalho desenvolveu-se um *wearable* inteligente para utilização em calçados tecnológicos. Foi desenvolvida uma sola de tênis acoplada a um contador de passos inteligente, que informa ao usuário o número de passos caminhados por meio de notificações em seu *smartphone*, via WiFi. O contador é composto por uma bateria alcalina de 9 volts, uma placa de circuito arduino WiFi e um sensor de inclinação.

Palavras-chave: Impressão 3D, Arduino, Sensor, Contador de passos.

ABSTRACT

3D printing is being developed in different areas and for various applications. One of them is the creation of garments and wearable objects, such as jewelry, bags, shoes and prototypes of smart *wearables* (i.e, everything that involves technology and that the user can wear). These objects are usually made of different materials, not necessarily woven from textile fibers, and are not indispensably attached to the body. Thus, in this study an intelligent wereable was developed for use in technological footwear. A sneaker sole coupled to an intelligent step counter was developed, which informs the user of the number of steps walked through notifications on their smartphone, using bluetooth. The meter consists of a 9 volt alkaline battery, a WiFi arduino circuit board and a tilt sensor.

Keywords: 3D printing, Arduino, Sensor, Step counter

1 INTRODUÇÃO

Atualmente os materiais estão se tornando cada vez mais tecnológicos, com novas funcionalidades, quando são agregados sensores. Várias áreas da ciência têm buscado a integração de novas habilidades em materiais comuns, produzindo pesquisa e desenvolvimento, agregando a expertise de materiais com multifunções (Grimmelsmann et al., 2016).

* Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana; Paraná, Brasil; daniellobato@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana; fabiaribeiro@utfpr.edu.br

¶ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana;Paraná, Brasil victoria.rosisca@gmail.com

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana;Paraná, Brasil lilianad@utfpr.edu.br

‡ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana;Paraná, Brasil leandropereira@utfpr.edu.br

Na área têxtil e calçadista, várias funções podem ser alcançadas por técnicas de acabamento, ou seja, modificações físicas e/ou químicas de superfícies. A integração de componentes eletrônicos, no entanto, ainda sofre de incompatibilidades por questões de software, peças eletrônicas rígidas e produtos altamente flexíveis, laváveis e desgaste com o uso. Pode-se levantar assim a seguinte questão: é possível a produção de um solado de baixo custo e com tecnologia de ponta embarcada? Nesse sentido, o desenvolvimento do protótipo de uma sola inteligente e de custo acessível (em contraste com outras tecnologias já disponíveis no mercado tais como *smartwatches*, aplicativos de celulares, etc) corrobora de forma benéfica ao desenvolvimento do comércio calçadista, objetivo alcançado no presente projeto.

A impressão 3D vem colaborar para que se consiga esta integração têxtil/componentes eletrônicos, realizando de forma eficaz as conexões elétricas com produtos têxteis. Os produtos *smart* (inteligentes) combinam materiais com novas funcionalidades, como sensores que têm a capacidade de interagir com o ambiente. Eles podem ser usados para medir os sinais vitais e frequência de pulso, por exemplo (Stoppa et al., 2015).

Este trabalho teve como principal objetivo desenhar e imprimir uma sola de calçado em 3D, embarcando uma tecnologia arduino WiFi junto a um sensor de inclinação para a contagem de passos e posterior envio de notificação a um *smartphone*.

2 MÉTODO (OU PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA)

Para a execução desse trabalho, os desenhos e modelagens 3D das peças criadas foram executados no *software* de CAD Autodesk Inventor®, que fornece ferramentas profissionais para a criação de protótipos tridimensionais virtuais. Apesar de ser um *software* pago, comercializado pela empresa Autodesk, é possível conseguir uma licença estudantil utilizando o e-mail institucional da universidade. A Fig. 1 mostra a tela principal do programa.

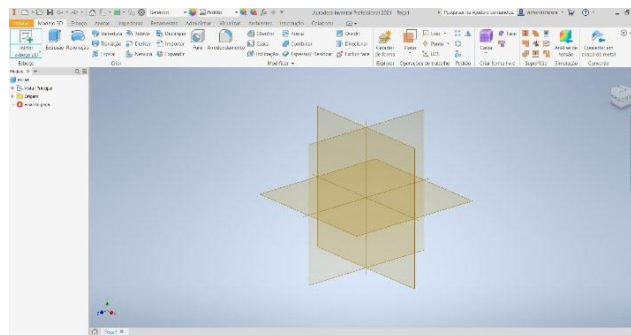
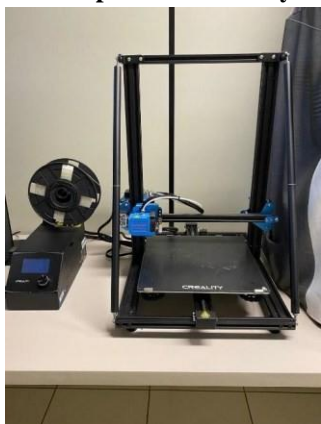


Figura 1. Interface do Autodesk Inventor®
Fonte: Autor (2021).

Em seguida, o modelo criado foi enviado para outro software para realização do fatiamento da peça, consistindo em converter o modelo 3D em instruções para que a impressora realize a impressão do protótipo. Nesta etapa são definidas, por exemplo, a temperatura do bico extrusor e da mesa, a velocidade de extrusão, o tipo de preenchimento e a posição dos suportes (quando necessário). Tais informações dependem, entre outros fatores, da resolução desejada para a peça final e do filamento escolhido para a impressão. As instruções são armazenadas em um arquivo específico para ser, então, lido pela impressora escolhida para a produção da peça. Para esta etapa, foi utilizado o *software* Cura Ultimaker, que é *open-source* e gratuito.

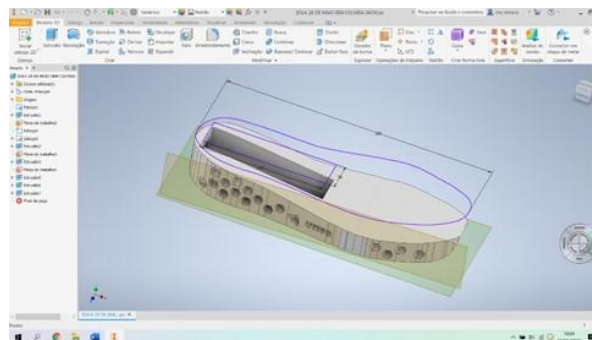
Para a impressão das peças, criadas através do *software* Autodesk Inventor® e com as instruções geradas pelo Cura Ultimaker, foi utilizada a impressoras 3D modelo CR-10, da fabricante Creality, de estrutura aberta com mesa de impressão de dimensões 300 x 300 x 400 mm, mostrada na Fig. 2. Para a representação da sola, um desenho tridimensional foi construído utilizando o *software* Autodesk Inventor, conforme apresentado na Fig. 3.

Figura 2. Impressora Creality CR-10



Fonte: Autor (2021).

Figura 3. Desenho tridimensional da sola final.



Fonte: Autor (2021).

O protótipo final da sola foi impresso e as propriedades e configurações dos parâmetros de impressão estão descritos na Tab. 1.

Tabela 1 – Especificações de impressão

Impressora	CR-10
Filamento	TPU-Flex
Temperatura do Bico	230°C
Temperatura da mesa	65°C
Espessura da camada	0,16mm
Velocidade de impressão	30mm/s
Tipo de preenchimento	Cúbico
Porcentagem de preenchimento	20%
Ângulo de suporte	45°

Fonte: Autor (2021).

O protótipo foi impresso com as dimensões para um solado de tamanho 37, inclinando a face superior da sola para o formato anatômico de uma pisada. A maior dificuldade encontrada nessa etapa foi construir as linhas do desenho em diferentes planos sem distorcê-lo para chegar a esse formato anatômico. Além do mais, estruturas vazadas em formato hexagonal (colmeia) foram adicionadas em sentido longitudinal à largura da peça, com o propósito de deixar o solado mais leve, utilizar menos material e absorver melhor o impacto de uma pisada, deformando-se levemente.

Na próxima etapa do projeto foi realizado o desenvolvimento do circuito e a montagem do contador de passos na sola. O sensor utilizado neste trabalho mede a inclinação por meio de uma gota de mercúrio líquido que, por ser condutor elétrico, identifica a inclinação quando do deslocamento cinético do mercúrio (Fig. 4). Este tipo de sensor é muito utilizado pelo fato de possuir baixo custo e de ser próprio para a plataforma arduino, além de apresentar uma alta eficiência e precisão na contagem dos passos. Por fim, para a montagem do circuito de contagem de passos, foi utilizado um módulo arduino WiFi, conforme o modelo apresentado na Fig. 5. Este módulo possui um microcontrolador (**Node MCU ESP8266**) que tem a função de receber e executar a programação predefinida, bem como possui a capacidade de se conectar via WiFi na rede de internet.

Figura 4 – Sensor de inclinação



Fonte: Autor (2021).

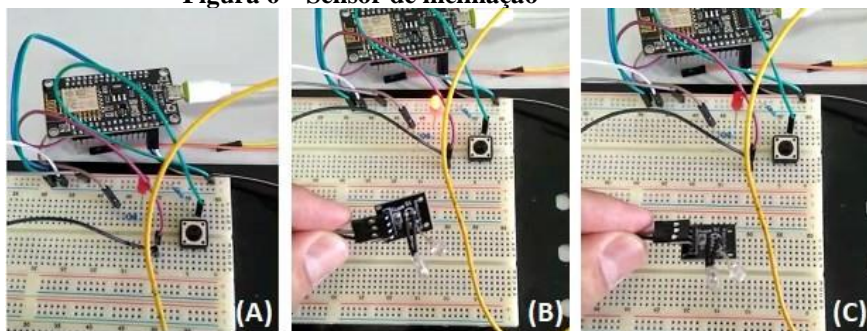
Figura 5 – Placa Wifi



Fonte: Autor (2021).

O microcontrolador possui entradas que podem ser conectadas a um computador, que são utilizadas para transferir o programa desenvolvido pelo projetista ao circuito microcontrolado. Quando conectado ao computador a tensão fornecida pela entrada USB do computador gera a alimentação para que o microcontrolador permaneça ligado, conforme observado nas Fig. 6 (A-C).

Figura 6 – Sensor de inclinação

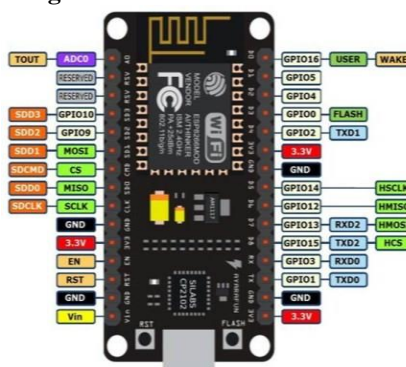


Fonte: Autor (2021)

Para manter o arduino ligado dentro do protótipo desenvolvido e impresso em 3D, foi necessário acoplar a alimentação por meio de uma bateria de 9 volts. Para a montagem do sistema, utilizou-se do *datasheet* dos componentes fornecidos pelo fabricante, para conectar as entradas e saídas de cada componente eletrônico.

A realização da conexão entre o **Node MCU ESP8266** e o sensor de inclinação (como representado na Figura 6) com a finalidade da contagem de passos foi feita por meio das informações constantes nos *datasheets* dos componentes, de forma a se identificar a pinagem correta a ser utilizada nas interligações eletrônicas. A Fig. 7 demonstra a pinagem do Node MCU ESP8266.

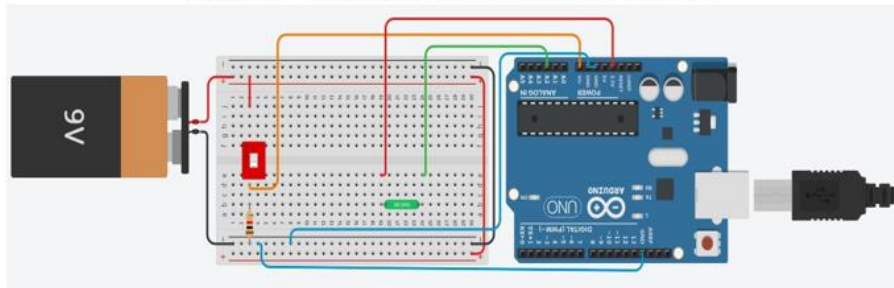
Figura 7 – NodeMCU ESP8266



Fonte: Components101 (2021).

Por fim, ao entender o funcionamento do módulo arduino, foi realizada uma simulação prévia na plataforma *Tinker Cad*® conforme mostrado na Fig. 8, com a bateria 9V, interruptor (On/Off), sensor de inclinação e um Arduino UNO para rodar a programação. Os contatos do sensor de inclinação foram ligados ao arduino, a fim de transmitir os dados gerados quando o sensor for atuado. E, conforme o sensor é ativado, a contagem de passos é realizada através do circuito eletrônico, que estava acoplado dentro da sola impressa em 3D, conforme observamos na Fig. 9 dos Resultados.

Figura 8 – Simulação do Node MCU ESP8266



Fonte: Autor (2021).

3 RESULTADOS

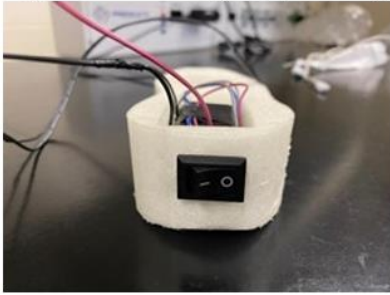
A impressão realizada em filamento flexível proporcionou um bom acabamento estético ao protótipo, apenas com algumas rebarbas decorrentes dos apoios criados durante o processo de impressão. No entanto, estes foram facilmente retirados com ajuda de um alicate de bico e uma lixa.

O protótipo apresentou um bom aspecto superficial, com boa flexibilidade, compatível com uma sola de borracha convencional. A resistência deste protótipo foi testada por um voluntário adulto de peso aproximado de 70 kg, que permaneceu em pé sobre a sola durante alguns minutos, simulando passos. Neste teste, a sola mostrou-se resistente o suficiente para suportar um adulto sem que ocorresse uma possível quebra. Por se tratar de um protótipo, não foram realizados num primeiro momento testes específicos sobre conforto do solado. Entretanto, dadas as características do material extrudado (filamento *flex*), espera-se um ganho expressivo em termos de conforto do solado protótipo. Uma vez que a impressora 3D permite inclusão de pausas no decorrer da impressão, os equipamentos eletrônicos empregados foram inseridos durante as pausas de impressão, nas cavidades projetadas, e em seguida com o decorrer da impressão, tais cavidades foram fechadas, resultando em um tipo de vulcanização dos equipamentos na sola. Tal ação minimiza possíveis acidentes elétricos com o solado.

Após o teste de resistência da sola, passou-se para a etapa do teste de funcionalidade do *smart shoes*. Para tanto, o interruptor que ativa o contador foi encaixado na parte traseira da sola e o circuito foi colocado no compartimento interno da sola, conforme descrito pelas Fig. 9 e 10. Em termos de custos, estima-se no total um valor em torno de US\$ 10.5 para a produção do protótipo. Em uma possível produção em larga escala, tal valor seria drasticamente reduzido, o que contrasta em muito com os valores de tecnologias similares presentes no mercado. Destaca-se também a pouca disponibilidade comercial de produtos similares ao protótipo desenvolvido, sem entrar no mérito da aplicabilidade de tal dispositivo em situações médicas, fisioterápicas e desportivas.

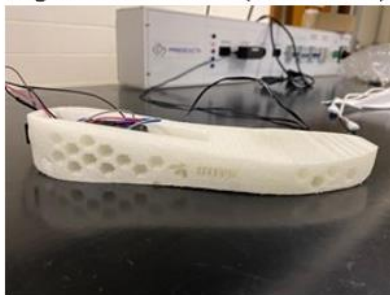


Figura 9. Sola final (vista posterior).



Fonte: Autor (2021).

Figura 10. Sola final (vista lateral).



Fonte: Autor (2021).

Figura 11. Contagem dos passos



Fonte: Autor (2021).

Com o contador ativado e conectado à um *smartphone*, a sola foi fixada ao pé de um voluntário, que realizou uma caminhada. Com o movimento das passadas, o sensor de inclinação era ativado, permitindo que a placa contabilize os passos e envie essa informação por meio de notificações para o *smartphone* do voluntário via tecnologia WiFi. A Fig. 11 ilustra a contagem de passos realizada no software desenvolvido neste trabalho.

4 CONCLUSÃO

Por meio deste trabalho foi possível desenvolver uma sola de calçado impressa em 3D com um sensor contador de passos embarcado ao solado. Após o acoplamento foram realizados testes de registro e envio de notificação a um *smartphone* com a contagem dos passos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao PIBIT junto à PROPPG da UTFPR e a Fundação Araucária pelo apoio financeiro por meio de bolsa, para a pesquisa de iniciação tecnológica e desenvolvimento deste projeto. E a coordenação do curso de Engenharia Elétrica, pela disponibilização da impressora 3D para utilização neste projeto.

REFERÊNCIAS

- Components101. **Node MCU ESP8266**. Disponível em: <https://components101.com/development-boards/nodemcu-esp8266-pinout-features-and-datasheet>. Acesso em: 03 set. 2021.
- GRIMMELSMANN, Nils; MARTENSA, Yasmin; SCHÄLA, Patricia; MEISSNERA, Hubert; EHRMANN, Andrea. **Mechanical and electrical contacting of electronic components on textiles by 3D printing**. Procedia Technology, Ed. 26, p. 66-71, 2016
- STOPPA, Matteo; CHIOLERIO, Alessandro. **Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review**. Sensors S Ed. 14; p. 11957-92, 2014.