

Digitalizando o Microscópio Óptico: a solução do *Parasite Watch*

Andrea C. S. Doreste¹, Igor D. B. do Amaral², Taisa G. Gonçalves¹, Guilherme H. Travassos¹

¹ PESC/COPPE/UFRJ ² POLI/UFRJ

{doreste, taisa, ght}@cos.ufrj.br, igordominices@poli.ufrj.br

Abstract. *Parasitic Infections affects more than one billion people in 149 developing countries, and its diagnosis is made through a slow process, capable of adversely affect the health of specialized professionals. Inspired by that, this work proposes a low-cost infrastructure to transform ordinary optical microscopes into digital ones. The solution makes it possible to visualize the microscope's image on a regular screen, as well as to capture images and relevant information about them. Besides, these devices can use IoT platforms to deploy such images. This procedure makes the process easier and more comfortable, avoiding health problems related to the constant and regular use of a conventional microscope.*

Resumo. *As infecções parasitárias afetam mais de um bilhão de pessoas em 149 países em desenvolvimento e, para diagnosticá-las, utiliza-se um processo lento, capaz de afetar negativamente a saúde dos profissionais envolvidos. Visando este problema, propõe-se uma infraestrutura de baixo custo com o objetivo de transformar microscópios ópticos comuns em digitais. A solução apresentada possibilita a visualização da imagem em um monitor comum, bem como a captura dessas imagens e de informações relevantes. Além disso, as imagens podem ser compartilhadas através de plataformas IoT. Este procedimento torna o processo de observação de amostras mais fácil e confortável, evitando problemas de saúde relacionados ao uso constante do microscópio convencional.*

1. Introdução

As infecções parasitárias fazem parte do grupo de doenças tropicais negligenciadas (DTNs) que afetam mais de um bilhão de pessoas em 149 países em desenvolvimento (World Health Organization, 2010). Apesar de toda a evolução tecnológica, o diagnóstico de tais doenças é realizado da mesma forma há aproximadamente 100 anos, através de um procedimento lento, exaustivo e laborioso que é dividido em cinco etapas, envolvendo a Coleta de Materiais, Preparação de Amostras, Preparação das Lâminas, Observação de cada Lâmina, Detecção de Artefatos Suspeitos e Confirmação (Ricciardi & Ndao, 2015).

Uma das etapas mais importantes durante o diagnóstico é a observação de cada lâmina, através de um microscópio óptico, para identificar as formas parasitárias em amostras biológicas obtidas de pacientes. Profissionais que trabalham com microscopia ótica convencional costumam passar muitas horas de seu dia utilizando o microscópio e esse uso prolongado do instrumento afeta a postura e a visão, podendo, a longo prazo,

causar distúrbios musculoesqueléticos no pescoço, ombro e membros superiores, fadiga ocular, dor de cabeça, entre outras anomalias e sintomas (Jain & Shetty, 2014).

A necessidade de prover tecnologias de apoio ao diagnóstico de doenças tropicais negligenciadas associada à dificuldade que uma tarefa de diagnóstico, aparentemente simples, pode apresentar, motivou a execução deste projeto multidisciplinar *Parasite Watch*, que tem como objetivo principal auxiliar profissionais de parasitologia durante o procedimento de diagnóstico de infecções parasitárias tropicais negligenciadas. Para tal, almeja-se o desenvolvimento de uma infraestrutura de apoio ao diagnóstico de DTNs de baixo custo. Considerando o esforço envolvido no processo e a dificuldade em se obter imagens adequadas para análise, digitalizar imagens parasitárias através de um microscópio óptico comum tornou-se foco das atividades descritas neste artigo.

O nome *Parasite Watch* identifica um projeto que, desde sua concepção, busca o desenvolvimento de diferentes sistemas de software onde cada um deles foi pensado para funcionar de modo independente e, uma vez unidos, estarão inseridos no contexto de Internet das Coisas (IoT – *Internet of Things*) para a saúde. O principal deles é o digitalizador do microscópio, identificado no projeto como Subsistema de Coleta, construído por um computador *Raspberry Pi*¹ e uma câmera acoplados a um microscópio óptico comum, permitindo a captura e exibição das imagens através de um software desenvolvido em Python. Ao oferecer uma interface com o usuário intuitiva e reduzindo a carga laboral do profissional, a utilização do microscópio ocorre de forma amena e permite ao laboratorista explorar distintas perspectivas de visualização.

O restante do artigo está dividido como consta a seguir: a seção dois apresenta alguns trabalhos relacionados; a seção três explica a solução proposta; a seção quatro apresenta os materiais e a metodologia utilizada para construção da solução; a seção cinco mostra os resultados obtidos; e por fim, a última seção discorre sobre as conclusões e os trabalhos futuros.

2. Trabalhos relacionados

Alguns projetos similares, que utilizam o *Raspberry Pi* para o aprimoramento e disponibilização de microscópios podem ser encontrados em blogs. Nesta categoria, pode-se citar o *Picroscope*² um microscópio digital interativo que pode ser construído com partes impressas em uma impressora 3D e um *Raspberry Pi Zero*. Algumas das vantagens oferecidas por ele é o aumento de até quatro vezes da imagem, a exibição da imagem para múltiplas pessoas e a captura de imagens e vídeos.

Outro projeto de interesse, *The Open Microscope*³, visa a construção de microscópios capazes de realizar todo o processo de captura de uma lâmina de forma automática. Para tal, faz uso de partes impressas em impressora 3D, um mini controlador *Arduíno*, um motor de passos e um *Raspberry Pi*. Vale a pena ressaltar, que este microscópio integra a iniciativa “*OpenLabTools*”, um projeto da Universidade de

¹ <https://www.raspberrypi.org/>

² <https://blog.hackster.io/picroscope-a-digital-raspberry-pi-based-microscope-that-you-can-build-for-less-than-60-610641312cfd>

³ <http://openlabtools.eng.cam.ac.uk/Instruments/Microscope/>

Cambridge que tem o objetivo de reunir e centralizar o conhecimento a respeito da construção de ferramentas científicas de baixo custo e acesso aberto.

Por último, outras duas iniciativas são: (i) *A Raspberry Pi Camera-based Microscope Using Lego Parts*⁴, uma versão inicial que utiliza peças de Lego para a construção de um microscópio com o *Raspberry* e a *PiCamera*; e (ii) *RPiScope*⁵, uma evolução do projeto que substitui as peças de Lego por *Plexiglas*. Em ambas, o objetivo é construir um microscópio simples e barato, capaz de analisar objetos como cabelo, sal e poeira, mas não células individuais de uma amostra de sangue, por exemplo.

Interessante observar que, apesar de inspirados por ideias semelhantes, as soluções dos projetos descritos são implementadas de formas diferentes, com objetivos e para públicos específicos. A proposta apresentada neste artigo envolve a construção de uma infraestrutura de baixo custo, especializada o suficiente para atender profissionais que utilizam costumeiramente microscópios ópticos no dia a dia. Desta forma, a proposta apresentada neste trabalho se destaca das anteriores, pois esta é uma demanda que não poderia ser atendida por nenhuma das soluções anteriormente apresentadas. Adicionalmente, a motivação inicial em apoiar o diagnóstico de DTNs se amplia no sentido de permitir esta solução em diferentes atividades inerentes à área da Saúde apoiadas por microscopia convencional.

3. Proposta de Solução: O microscópio do *Parasite Watch*

A solução proposta neste projeto, como brevemente mencionado, consistiu na construção de um digitalizador para um microscópio óptico de baixo custo com o objetivo de realizar a visualização e captura de imagens. Para tal, uma câmera conectada a um *Raspberry Pi* foi acoplada às lentes oculares de um microscópio. Uma peça projetada especialmente para o projeto, impressa com tecnologia 3D e flexível para diferentes modelos de oculares permitiu realizar o acoplamento entre a câmera e o microscópio.

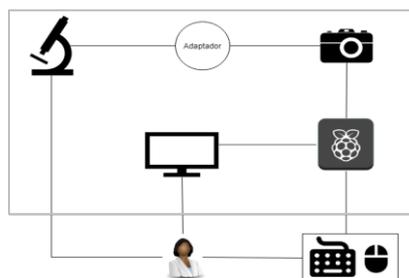


Figura 2. Subsistema de Coleta do *Parasite Watch*

Em um primeiro momento, foram utilizados um monitor LCD convencional, um mouse e um teclado conectados ao *Raspberry Pi*, como pode ser observado na Figura 2, permitindo a visualização da imagem através de uma interface gráfica com o usuário (GUI). Além da visualização prévia da imagem, o software tornou possível realizar a captura e o armazenamento tanto da imagem observada quanto de informações demográficas relacionadas a ela, como data e local no qual a amostra foi coletada.

⁴ <https://www.instructables.com/id/A-Raspberry-Pi-camera-based-microscope-built-from-/>

⁵ <https://www.instructables.com/id/ARPM-Another-raspberry-pi-microscope-made-from-Ple/>

4. Materiais e Métodos

4.1. Materiais Utilizados

A linha de computadores de baixo custo e alto desempenho *Raspberry Pi* é desenvolvida pela *Raspberry Pi Foundation* para fins educacionais e recreativos. Esses dispositivos integram todo o poder computacional necessário em uma única placa que, ao ser conectada a outros periféricos, pode funcionar perfeitamente como um *desktop* ou, de forma isolada, pode desempenhar o papel de um computador (servidor) de baixa capacidade. Todos estes atributos (como pequeno tamanho e baixo custo), associado à facilidade em utilizá-lo, e a infinidade de recursos disponíveis tornam esses microcomputadores perfeitos para o uso em um vasto espectro de projetos que vão desde invenções caseiras a sistemas embarcados e soluções em Internet das Coisas (Doreste, 2018). A gama de periféricos que pode ser utilizada em soluções envolvendo este perfil de hardware é extensa. Por exemplo, a *Pi Camera* é um acessório construído para uso em conjunto com o *Raspberry Pi*. Ela possui uma conexão dedicada diretamente na placa do equipamento, oferece 8MP de resolução e é capaz de capturar vídeos em 1080p, possibilitando uma larga gama de aplicações na área da saúde. Entretanto, o uso da *Pi Camera* levou a necessidade de criação de um suporte para sua adaptação na ocular do microscópio. Esse suporte foi feito de forma customizada com o auxílio de design e impressão 3D. Além do suporte, foi construída uma tampa para a ocular adjacente, também com o auxílio das técnicas de modelagem e impressão 3D, para impedir que a luminosidade oriunda do ambiente interfira na captura das imagens.

4.2. Metodologia de Construção da Solução

O projeto começou a ser desenvolvido com base em um conjunto básico de ideias e requisitos iniciais que surgiram através do diálogo e da observação de profissionais do laboratório de parasitologia de um Instituto Federal de Saúde em seu ambiente de trabalho na cidade do Rio de Janeiro, que gentilmente cedeu um microscópio óptico para o projeto. A partir daí a solução foi desenvolvida de forma experimental, cíclica e incremental. O ciclo de desenvolvimento pode ser observado em suas três fases, como mostra a Figura 3: Aprendizado, Prototipagem e Avaliação.

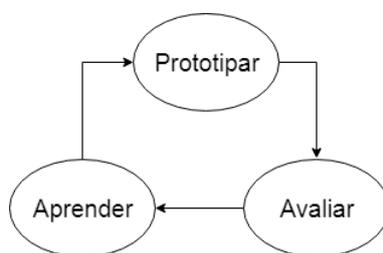


Figura 3. Metodologia de Construção

Durante a fase de Aprendizado, foram realizadas pesquisas a respeito das tecnologias utilizadas *in loco* e do funcionamento usual dos microscópios digitais, envolvendo visitas à especialistas de domínio e coleta de requisitos junto aos tecnólogos da área de saúde. Na fase de Prototipagem, o conhecimento adquirido na fase anterior foi utilizado para a construção e aperfeiçoamento de um protótipo, o qual foi inicialmente avaliado no Laboratório de Engenharia de Software Experimental -

PESC/COPPE/UFRJ. Em seguida, na última fase de avaliação, o protótipo (totalmente operacional) foi utilizado por especialistas de domínio em suas bancadas de trabalho, de forma que sua viabilidade foi avaliada e oportunidades de melhoria observadas. As informações coletadas nesta última fase serviram como insumo para a fase de Aprendizagem, dando continuidade ao processo. Da concepção inicial ao protótipo operacional para uso pelo tecnologista se passaram dez meses.

5. Resultados e Discussões

Após algumas avaliações e melhorias do protótipo inicial e seu uso por profissionais do domínio de parasitologia, é possível afirmar que a solução proposta mostrou-se tecnologicamente possível e economicamente viável. A Figura 4 apresenta uma imagem capturada de uma lâmina com o subsistema de coleta do *Parasite Watch* e utilizada para realizar um diagnóstico de DTN.

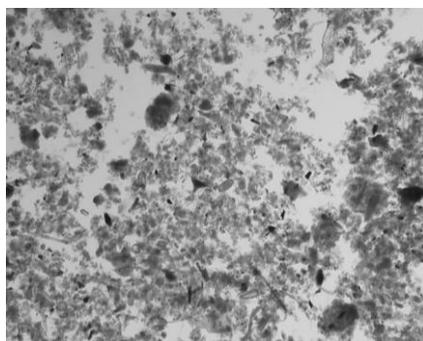


Figura 4. Imagem Capturada com o Subsistema de Coleta *Parasite Watch* em 05.04.2017

Além disso, a possibilidade de visualização da imagem em um monitor LCD de 19 polegadas e alta resolução permite flexibilizar a postura física do profissional durante o processo de visualização microscópica e diagnóstico (Figura 5) e reduz, de acordo com a opinião de profissionais de saúde especializados neste tipo de tarefa, a fadiga da visão, pois possibilita a visualização da imagem em alta resolução e em tamanho naturalmente aumentado no monitor.

Interessante observar que os benefícios alcançados foram obtidos com a tecnologia proposta (microscópio óptico convencional + plataforma *Raspberry Pi*) de custo total em torno de 65% abaixo do valor de aquisição de um microscópio digital convencional, de forma que o objetivo de propor uma infraestrutura de baixo custo também foi atingido, sem contar as funcionalidades adicionais que o conjunto tecnológico permite, incluindo sua inserção futura no paradigma de Internet das Coisas e sua disponibilização no campo, um dos objetivos finais do projeto.



Figura 5. Subsistema de Coleta utilizado por profissional de Saúde na cidade do Rio de Janeiro

6. Conclusão e Trabalhos Futuros

Após alguns ciclos de construção envolvendo as etapas de aprendizagem, prototipagem e avaliação, pode-se dizer que a solução proposta inicialmente mostrou-se capaz de auxiliar os profissionais de parasitologia durante o diagnóstico de infecções parasitárias. No entanto, é possível ressaltar que sua utilização não está restrita a este domínio, podendo ser aplicada em qualquer contexto que envolva a utilização de um microscópio por parte de um profissional. Esta primeira fase do projeto, apresentada neste artigo, cumpriu seu objetivo de apoiar a avaliação de viabilidade da ideia. Inicia-se então a segunda fase, que envolve a evolução do protótipo construído na fase anterior e sua instalação em campo.

Com estes resultados podemos investir, em futuro próximo, na melhoria da interface do software de apoio, permitindo assim um uso mais simples e ameno ao usuário. Além disso, a utilização do visor *touchscreen* de sete polegadas do *Raspberry Pi* com sua capa, permitirá substituir o uso de um monitor, teclado e mouse tradicionais, aumentando a mobilidade e as possibilidades de uso do conjunto. Com esta finalidade, o protótipo de um suporte de fixação para o visor no microscópio foi construído, de forma a mantê-lo em posição adequada e favorável para a operação e visualização das imagens. Avaliações iniciais de viabilidade deste protótipo estão sendo executadas. Em complemento, os outros sistemas de apoio do *Parasite Watch* evoluem, incluindo a criação de um repositório central de armazenamento de imagens, sincronizado com o *Raspberry Pi* através de plataformas IoT, para facilitar o acesso e armazenamento das amostras e imagens capturadas pelos microscópios e que devem ser analisadas pelos profissionais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (bolsa de pós-doutorado 154004/2018-9, bolsa de mestrado e bolsa PIBIC). Prof. Travassos é pesquisador CNPq (305929/2014-3). Um agradecimento especial ao Dr. Filipe Anibal Carvalho Costa e equipe pelo apoio e participação no *Parasite Watch*.

Referências

- Doreste, A. C. S. (2018). Pipeline de Implantação Contínua no Contexto de Internet das Coisas para Raspberry Pi. *Trabalho de Conclusão de Curso*, p. 48. Rio de Janeiro, Brasil: UFRJ. <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024252.pdf>
- Jain, G., & Shetty, P. (2014). Occupational concerns associated with regular use of microscope. *Int. J. of Occupational Medicine and Environmental Health*, 27(4).
- Ricciardi, A., & Ndao, M. (2015). Diagnosis of Parasitic Infections: What's Going On? *Journal of Biomolecular Screening*, 20(1), 6–21.
- World Health Organization. (2010). *First WHO report on neglected tropical diseases: working to overcome the global impact of neglected tropical diseases*. World Health Organization. Retrieved from https://www.who.int/neglected_diseases/2010report/en/