



Desenvolvimento de equipamento para avaliação da maturação pós-colheita de frutos através de processamento de imagens

Development of equipment for evaluating fruit maturation

Dyorgyo Pompermaier Valesan*, Felipe Walter Dafico Pfrimer[†],
Ricardo Schneider[‡], Alberto Yoshihiro Nakano[§]

RESUMO

A necessidade de aumentar a longevidade de frutos pós-colheita é uma realidade na agroindústria, para tal existem biofilmes comestíveis. Porém os testes nas películas protetoras são feitas manualmente, possibilitando falhas humanas. Com isso, o objetivo do trabalho foi o desenvolvimento de um aparato para avaliação da maturação de frutos. Foi desenvolvido o equipamento através de computador de placa única, sensores e câmera. O ensaio foi realizado num miniestúdio fotográfico com iluminação LED (*light emitting diode*) onde foram posicionados frutos lado a lado. Para a análise da maturação dos frutos, foi feito um processamento digital de imagem (PDI) através de linguagem de programação *python*. Os resultados apontaram tendências lineares na maturação dos frutos, sugerindo que a realização de um experimento de avaliação de biofilmes, poderá ser mais preciso.

Palavras-chave: Biofilme, processamento digital de imagem, maturação de frutos

ABSTRACT

The need to increase the longevity of post-harvest fruits is a reality in the agroindustry, for which there are edible biofilms, but the tests on the protective films are done manually, allowing for human errors. Therefore, the objective of this work was the development of an apparatus to evaluate the ripening of fruits. The equipment was developed through a single board computer, sensors and camera. The test was carried out in a mini photographic studio with LED (*light emitting diode*) lighting where fruits were placed side by side. For the analysis of fruit maturation, a digital image processing (PDI) was performed using Python programming language. The results showed linear trends in fruit maturation, suggesting that an experiment to evaluate biofilms could be more accurate.

Keywords: Biofilm, digital image processing, fruit maturation

1 INTRODUÇÃO

As frutas e vegetais são uma grande fonte de carboidratos, proteínas, vitaminas e minerais ao ser humano e como os frutos pós-colheita perdem nutrientes e têm sua vida útil curta (IRTWANGE, 2006). Existem vários métodos para promover maior longevidade aos frutos, como biofilmes comestíveis, que reduzem a atividade metabólica e perda de água do fruto (SANTOS, 2019). Esses biofilmes podem ter suas espessuras e composições alteradas, tendo desempenhos diferentes dependendo do fruto, por isso se faz necessário estudos para testar a eficiência das películas. Porém, a comparação de biofilmes ainda é feita manualmente,

* Engenharia Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil; dyorgyo@alunos.utfpr.edu.br

[†] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil; pfrimer@utfpr.edu.br

[‡] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil; rschneider@utfpr.edu.br

[§] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil; nakano@utfpr.edu.br



de forma que o pesquisador registra os dados periodicamente através de fotos e uma descrição do fruto. (SANTOS, 2019; SIQUEIRA, 2012).

Apesar dos estudos apresentarem resultados promissores, eles podem estar suscetíveis a erros humanos, estimulando outros métodos de avaliação. Um método que vem avançando é o processamento digital de imagem (PDI).

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi o desenvolvimento de um aparato para avaliar a maturação de frutos pós-colheita através de PDI. O texto apresenta a configuração experimental e os resultados preliminares que avaliam as mudanças de cor no processo de amadurecimento. A aplicação das películas protetoras será avaliado em trabalhos futuros, a fim de evitar subjetividades da visão humana.

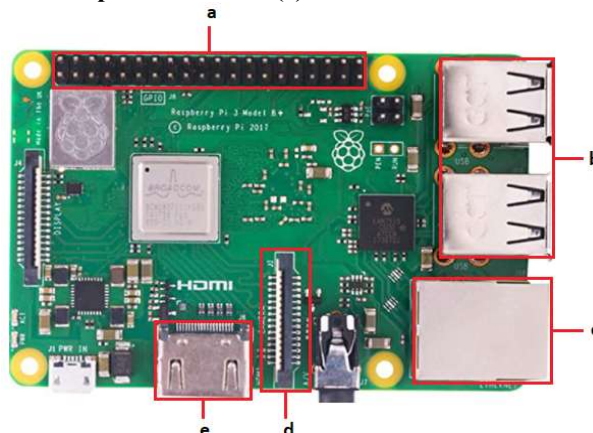
2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta Seção, serão expostos os materiais e métodos utilizados bem como a estratégia de avaliação. Especificamente, na Seção 2.1 introduzirá o Raspberry, um computador de placa única de tamanho reduzido; a Seção 2.2 apresenta a implementação dos componentes que captarão dados; a Seção 2.3 discorre sobre o ensaio e as abordagens de metodologia empregada.

2.1 Placa de desenvolvimento, Raspberry Pi

Na implementação do dispositivo de captação de fotos e dados, um computador de placa única o Raspberry Pi 3B+ (mostrado na figura 1) foi empregado, o qual possui um sistema operacional próprio, o raspbian, feito especificamente para ter um melhor desempenho no microprocessador ARM[®] Cortex-A53 (RASPBERRY PI, 2018). Essa placa tem um módulo de suporte de câmera, bem como portas programáveis de entrada e saída (GPIO, *general purpose input/output*), que serão utilizadas na captação de imagens e dados. Além disso, é possível realizar monitoramento remoto do experimento, pois, o Raspberry Pi 3B+ tem conexão *wireless* e Ethernet. Um monitoramento local do experimento pode ser feito ao utilizar periféricos (mouse, teclado), através dos USBs (*universal serial bus*), e entrada de vídeo HDMI (*high-definition multimedia interface*).

Figura 1 – Raspberry 3B+. (a) GPIOs. (b) Portas USBs (2.0). (c) Gigabit Ethernet USB (2.0). (d) Conector para a câmera. (e) Conector HDMI.

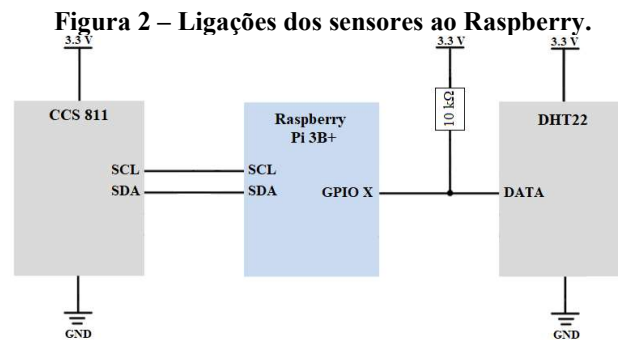


Fonte: Adaptado de Raspberry PI (2018).

2.2 Implementação dos componentes de captação de dados

Com intuito de verificar a influência de alguns fatores externos do experimento, dois sensores foram empregados: O CCS811 um sensor de qualidade do ar, que monitora o equivalente de gás carbônico (ECO_2) e o total de composto orgânico volátil (TVOC, *total volatile organic compounds*) (ADAFRUIT, 2016); O DHT22 é um sensor de umidade e temperatura (BOGDAN, 2016). A ligação dos sensores foi feita com base em seu respectivo *datasheet*, através dos GPIOs. Assim o CCS811 e o DHT22 foram conectados como na Figura 2.

A câmera digital usada para a captura de imagens foi a *Pi Camera*, uma câmera com 5 megapixel e uma lente de foco fixa (RASPBERRY PI, 2019). Foi utilizada através do conector próprio da placa, como pode ser visto na Figura 1 item (d).

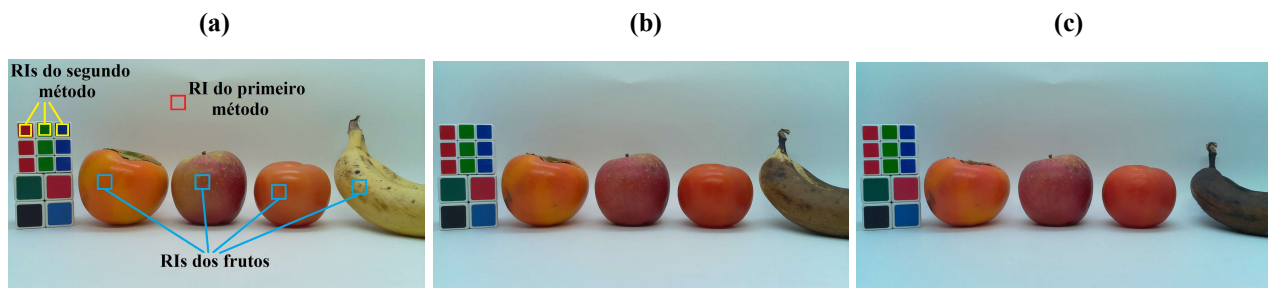


Fonte: Adaptado de ADAFRUIT (2016) e adaptado de BOGDAN (2016).

2.3 Metodologia experimental

Para os ensaios, foi montado um miniestúdio fotográfico com fundo branco e iluminação a LED. Foram posicionados um caqui, uma maçã, um tomate e uma banana, junto das frutas foram posicionadas algumas referências de cores (cubos mágicos), como pode ser visto na Figura 3. As fotografias, assim como os dados dos sensores foram realizados em conjunto, em intervalos de 30 minutos durante uma semana.

Figura 3 – Imagens do experimento. (a) Dia 1. (b) Dia 5. (c) Dia 7.



Fonte: Autoria própria (2021).

A análise dos frutos, partiu-se do suposto que a imagem é um mapa com coordenadas bidimensionais onde cada ponto é um *pixel*, que tem suas características dependentes da escala empregada. Neste trabalho, utiliza-se a escala vermelho, verde e azul (RGB, *red green blue*) e a escala cinza (*grayscale*). O RGB pode ser descrito como uma matriz de 3 dimensões, na qual cada dimensão representa a intensidade de cada



componente de cor, variando de 0 a 255. O *grayscale* é monocromático, ou seja, só existe um valor de 0 a 255 que caracteriza sua intensidade de cor (QUEIROZ; GOMES, 2006).

Foram elaborados dois métodos, desenvolvidos em linguagem de programação *python*, para avaliar a maturação dos frutos e remover possíveis distorções externas. Nos dois casos, são definidas regiões de interesse (RI) nas imagens coletadas, as RIs são posicionadas na imagem de cada fruto (Figura 3, RIs azuis). Toda RI possuirá as componentes de RGB e de *grayscale*. Dessa forma, para qualquer imagem coletada, é feita uma média dos *pixels* de cada RI. O resultado da média é um valor entre 0 e 255 que pode ser utilizado para a análise das frutas.

No primeiro método, definiu-se uma RI no fundo branco (Figura 3, RI vermelho), para servir de referência para todas as medidas. Assim, foi feita uma normalização entre as médias das componentes das RIs das frutas e suas respectivas componentes de referência.

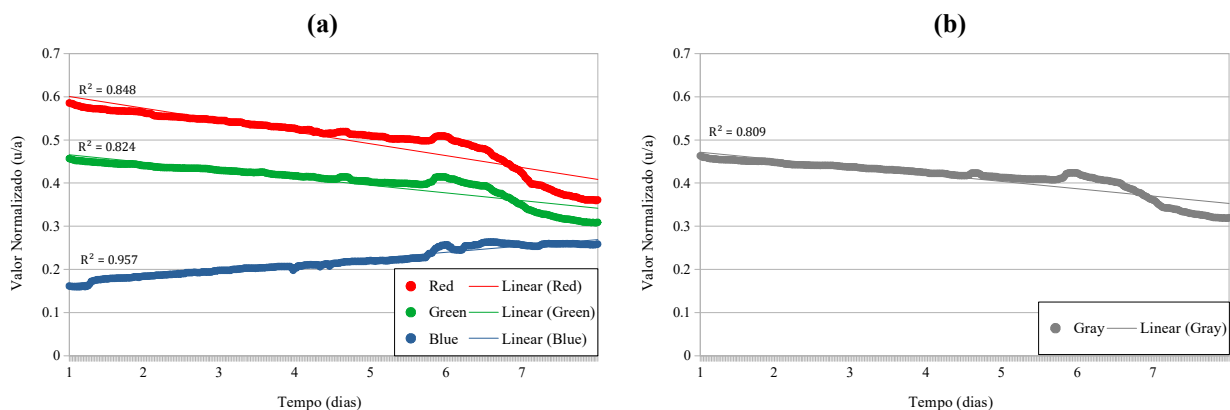
O segundo método, considerou as regiões vermelho, verde e azul do objeto (Figura 3, RIs amarelos). Então foi feita uma diferença das médias entre a primeira fotografia e atual e adicionado a média RI do fruto da componente respectiva, nesse método não foi empregado a escala monocromática *grayscale*.

3 RESULTADOS

Nota-se na Figura 3 a maturação das frutas bem como a diminuição dos seus tamanhos, ocasionados pelas perdas de água e atividade metabólica.

No presente trabalho os gráficos da banana (Figura 4 e Figura 5) serão abordados, esses foram escolhidos por terem resultados promissores, fácil visualização e também problemas de interferência.

Figura 4 – Gráficos da maturação da banana, primeiro método. (a) RGB. (b) *Grayscale*.



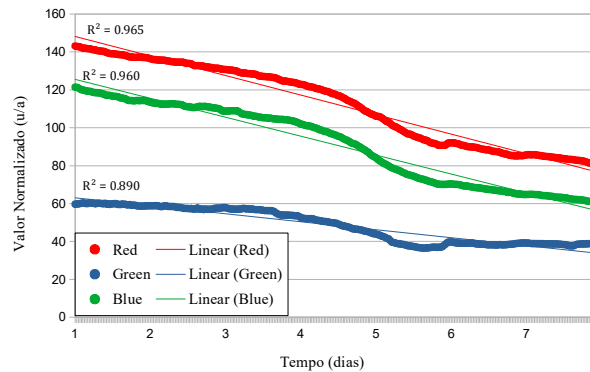
Fonte: Autoria própria (2021).

Nas Figuras 4 (a) e (b), observa-se uma tendência de linearidade das componentes, pois a mudança de cor da banana é evidente. No começo do dia 7, nota-se uma estabilização na curva devido a banana atingir um tom mais escuro. O problema encontrado é uma distorção perto do dia 6, onde ocorre uma elevação nas componentes, algumas possíveis causas podem ser devido a interferências externas tais como movimento na câmera e mudança na iluminação, mas essa interferência não teve grande impacto nos resultados, pois ainda é possível notar a características nos resultados.

Contudo por causa da interferência ocorrida no dia 6, foi realizado um novo ensaio e um novo método, o segundo método. Obteve-se com o novo ensaio a Figura 5.



Figura 5 – Gráfico da maturação da banana, segundo método.



Fonte: Autoria própria (2021).

Ao comparar a Figura 4 (a) com a Figura 5 nota-se melhoria nos coeficientes de linearidade. Ainda percebe-se maior influência das componentes vermelho e verde na cor da banana e mesmo em escalas diferentes a variação dessas componentes é semelhante.

Em relação aos dados dos sensores (Tabela 1), verifica-se grandes variações nos valores obtidos, visto que o experimento foi realizado em ambiente não controlado. Não é possível afirmar qual a relação entre eles e a maturação, a influência desses fatores serão avaliados em trabalhos futuros.

Tabela 1 – Dados dos sensores.

	Temperatura (°C)	Umidade (%)	ECO ₂ (PPM)	TVOC (PPB)
Média	21,9	45,3	674	41
Máximo	25,2	68,4	2064	849
Mínimo	19,0	37,3	400	0

Fonte: Autoria própria (2021).

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram analisados alguns métodos de PDI em frutos a fim de automatizar a avaliação da maturação de frutos pós-colheita. A captação de dados foi realizada através de sensores e uma câmera, controlados pelo computador Raspberry. Os resultados apresentaram tendências de linearidade na maturação dos frutos em ambos os métodos empregados, sugerindo que biofilmes poderão ser avaliados com maior precisão quando se comparado com os métodos atuais de análise.

Os resultados obtidos, apesar de promissores, ainda deixam espaços para melhorias. Algumas delas são a implementação de métodos mais complexos de PDI, trabalhar com outras escalas como o CMYK (*cyan magenta yellow black*), uma adição de balança para aferição de peso dos frutos, adição de outros sensores como o de luminosidade, reconhecimento do fruto em software (a RI seria o fruto por completo), um ambiente controlado (temperatura, umidade) e um teste utilizando biofilmes.



5 AGRADECIMENTOS

Agradeço à oportunidade disponibilizada pela UTFPR, campus Toledo, que através do PIBIC (Programa institucional de bolsas de iniciação científica), tornou possível a realização deste trabalho, agradeço também aos envolvidos que facilitaram para a conclusão do mesmo.

REFERÊNCIAS

IRTWANGE, S. V. **Application of modified atmosphere packaging and related technology in post-harvest handling of fresh fruit and vegetables.** Agricultural Engineering International, 4 (8): 1-13, 2006.

SANTOS, Tatiane Barbosa dos. **Utilização de películas comestíveis na conservação pós-colheita de morangos.** 2019. 20 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Escola de Ciências da Vida da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Toledo, 2019.

SIQUEIRA, Ana Paula de Oliveira. **Uso de coberturas comestíveis na conservação pós-colheita de goiaba e maracujá azedo.** 2012. 91 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte-Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, 2012.

RASPBERRY PI. **Raspberry Pi 3 Model B+.** 14 março de 2018 Disponível em: <https://datasheets.raspberrypi.org/rpi3/raspberry-pi-3-b-plus-product-brief.pdf>. Acesso em: 06 de Setembro de 2021.

ADAFRUIT, **CCS811 Ultra-Low Power Digital Gas Sensor for Monitoring Indoor Air Quality,** 26 dezembro de 2016. Disponível em: https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3566/3566_datasheet.pdf. Acesso em: 06 de Setembro de 2021.

BOGDAN, Mihai. **How to use the DHT22 sensor for measuring temperature and humidity with the arduino board.** Acta Universitatis Cibiniensis–Technical Series, v. 68, p. 22-25, 2016.

RASPBERRY PI, **Introdução ao Módulo de Câmera,** 30 setembro de 2019. Disponível em: <https://projects.raspberrypi.org/pt-BR/projects/getting-started-with-picamera>. Acesso em: 09 de Setembro de 2021.

QUEIROZ, José Eustáquio Rangel de; GOMES, Herman Martins. **Introdução ao processamento digital de imagens.** Rita, v. 13, n. 2, p. 11-42, 2006.