

FOTÔMETRO SMARTPHONE A PARTIR DO SISTEMA ESPRESSIF***ESP8266******SMARTPHONE PHOTOMETER FROM THE ESPRESSIF SYSTEM******ESP8266***

***PROF. DR^a TEREZA CRISTINA RODRIGUES ELSHOLZ; PROF. DR. OLAF ELSHOLZ;
DR. ULRICH SHEFFLER***

RESUMO:

Este artigo descreve um fotômetro de baixo custo, que pode ser fabricado por pessoas com pouco conhecimento prévio de eletrônicos, computadores e software. Utiliza uma plataforma Wemos D1 Mini para controlar o circuito eletrônico. Como detector de luz, é utilizado um componente eletrônico digital TSL 2561, acoplado ao microprocessador da placa, habilitado para Wifi, o qual transmite seus dados para um smartphone. A comunicação entre a placa Wemos D1 e o dispositivo a qual é conectada ocorre com maior velocidade e facilidade de manuseio, pois não é necessária uma conexão de rede de internet. Os preços dos componentes necessários também são baixos, ou seja, cerca de 150 reais. O multímetro previamente necessário é substituído por qualquer smartphone disponível comercialmente. O fotômetro permite análises com precisão e exatidão das substâncias analisadas dentro da faixa limite presente na amostra no meio ambiente. Por ser portátil, de fácil manuseio, com boa precisão e exatidão, o fotômetro smartphone é ideal para análises “in situ”, aulas de laboratórios de escolas e laboratórios de pequeno porte, onde a instrumentação e equipamentos são de difícil acesso.

Palavras-Chave: Fotômetro Portátil; Espressif ESP8266; WiFi, LED

ABSTRACT:

This article describe a low cost photometer, which can be manufactured by people with little knowledge of electronics, computers and software. It uses a Wemos D1 Mini platform to control the electronic circuit. As a light detector, a TSL 2561 digital electronic component is used, coupled to the Wifi enabled microprocessor of the card, which transmits its data to a smartphone. The communication between the Wemos D1 card and the device to which it connects occurs with greater speed and ease of handling, since an internet network connection is not necessary. The prices of the required components are also low, ie around € 150 reais. The previously required multimeter is replaced by any commercially available smartphone. The photometer allows accurate and of the analytes within the limit range present in the sample in the environment. Because it is portable, easy to handle, with good precision and accuracy, the smartphone photometer is ideal for in-situ analyzes, school laboratory classes and small laboratories where instrumentation and equipment are difficult to access.

Keywords: Portable Photometer; Espressif ESP8266; WiFi, LED

INTRODUÇÃO

Apesar de existirem métodos precisos e com alta sensibilidade para muitas espécies químicas, muitas vezes estes métodos tornam-se caros ou até mesmo inviáveis. A construção do fotômetro smartphone é uma parceria de um projeto desenvolvido na Hamburg University of Applied Sciences (HAW Hamburg) pelo Prof. Dr. Olaf Elholz e Dr. Ulrich Scheffler, usado no laboratório escolar "analítica móvel" (<https://www.haw-hamburg.de/fakultaeten-und-departments/ls/ls-forschung/projekte/projekte-aus-der-chemie/schuman.html>) e para experiências de alunos com projetos na iniciação científica na universidade do Estado de Minas Gerais pela Profa. Dra. Tereza Cristina Rodrigues Elsholz (ELSHOLZ; RODRIGUES ELSHOLZ; SCHEFFLER, 2018). Tem como princípio o desenvolvimento de uma tecnologia de baixo custo (ELSHOLZ; RODRIGUES ELSHOLZ; FRANK, C 2018) e com produção acessível para que pessoas com pouco conhecimento nas áreas de eletrônica, informática e produção de softwares também possam vir a produzi-lo e utilizá-lo nos diversos ambientes de pesquisa (ELSHOLZ; RODRIGUES ELSHOLZ; SCHEFFLER, 2017).

Os componentes básicos de um fotômetro são: fonte de luz, monocromador, cubeta e sensor de luz monocromática, bem como um sistema que prepara e possivelmente visualiza os dados medidos. As variantes frequentemente utilizadas para este fim são descritas em detalhes no Compendium de Fotometria (KUSSEROW, 2015).

Para efetuar medidas de fotometria muitos tipos de fotômetro foram desenvolvidos, utilizando desde a fotometria manual, em que as medidas eram realizadas com o uso do multímetro, até o uso dos microcontroladores Arduino e do Raspberry Pi. O fotômetro descrito utiliza um uma placa Wemos D1 Minicom um microcontrolador Espressif ESP8266, compatível com a interface do Arduino, que além de oferecer um ambiente de desenvolvimento de softwares, tem muitos modelos relativamente baratos disponíveis no mercado. Com a utilização da Wemos D1, as medições se tornaram mais fáceis, e o projeto mostra um menor custo. Por sua vez o módulo de desenvolvimento é de baixo custo, sendo acessível a todos, e por ter uma interface dinâmica e com programação simples, não é necessário um grande conhecimento de informática e eletrônica para o uso da mesma.

MATERIAL E MÉTODOS

Construção do fotômetro:

O fotômetro aqui apresentado é um desenvolvimento adicional de um fotosensor LED descrito anteriormente (ELSHOLZ; RODRIGUES, 2009). A fonte de luz é um LED que já emite luz monocromática, tornando desnecessária a utilização de um monocromador. O fotosensor analógico usado anteriormente foi substituído por um sensor de intensidade de luz com uma interface digital (SCHEFFLER, 2018).

Sensor de luz: Este novo sensor TSL2561 (fabricado pela TAOS) deve ser usado como um sensor de luz. É caracterizado por sua alta sensibilidade dinâmica, sua supressão integrada de 50/60 Hz para eliminar as flutuações de intensidade da luz elétrica do ambiente, e seus requisitos de energia muito baixos. (ELSHOLZ; RODRIGUES; ELSHOLZ; SCHEFFLER, 2018).

Em conjunto com um microprocessador habilitado para Wi-Fi, é possível uma transferência de dados simples para computadores. Os microcontroladores com sistemas Espressif ESP8266 Wemos D1 Mini é uma plataforma de prototipagem desenvolvida pela Wemos, uma empresa chinesa, que tem destaque pela criação de produtos econômicos (WEMOS, 2017). Este processador, que funciona até 160MHz, possui WiFi integrado e funciona com 32 bits (SCHEFFLER, 2018).

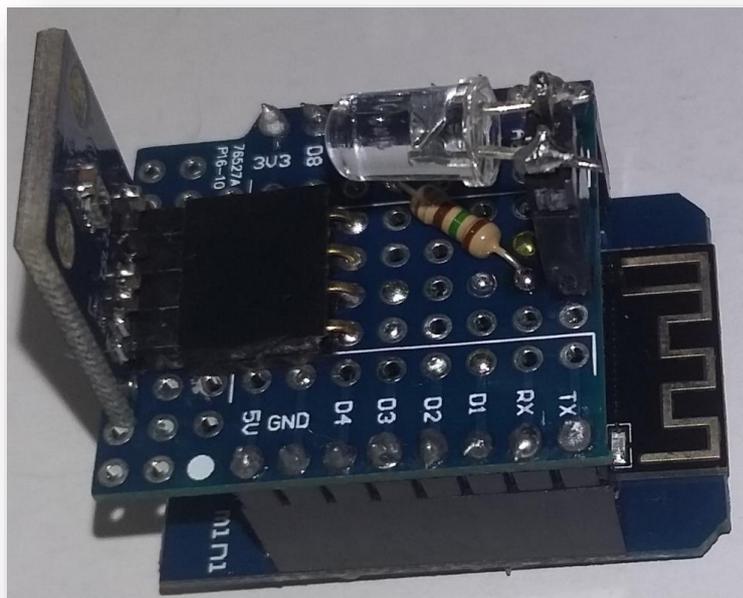
Fonte de luz: A gama de espectros fornecidos pelo espectrofotômetro de laboratório, com diversas seleções de comprimento de onda possíveis, traz a necessidade de um monocromador, para que o espectro selecionado seja realmente aplicado. Com a utilização de um LED monocromático no fotômetro portátil, dispensamos o uso de um monocromador, o que torna a construção do aparelho econômica.

Fonte de alimentação: Todo o circuito deve ser alimentado através da conexão USB do chip Wemos D1 mini. A fonte de alimentação para maximizar as possibilidades de trabalho, deve ser portátil, e como o circuito tem baixo consumo de energia, uma Power bank com aproximados 200mAh de corrente se torna o suficiente para a alimentação do circuito.

Soldagem: Para evitar trabalhos complexos de soldagem, apenas componentes disponíveis no design modular foram selecionados. Portanto, apenas um pequeno número de operações de solda (principalmente no adaptador da placa)

é necessário para conectar os componentes principais (LED, luz sensor e microprocessador) para componentes que podem ser comutados, como mostrado na Figura 1.

Figura 1: Fotômetro smartphone



DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

O sistema EspressifESP 8266, ao se utilizar na mesma interface de programação do Arduino, conseqüentemente pode ser programado com o ambiente IDE do Arduino, disponibilizado gratuitamente no site da Iniciativa Arduino <https://www.arduino.cc/> oferecendo facilidades para iniciantes e ferramentas mais sofisticadas para programadores com experiência.

REAGENTES E SOLUÇÕES:

Construção da curva de calibração para identificação do fosfato em água:
Para determinação de fosfato utilizou-se os reagentes molibdato de amônio e ácido ascórbico, para formação de um complexo azul de fosfomolibdênio, com valores de

pH na faixa de 6.0. Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico. As soluções foram preparadas com água deionizada.

As soluções padrão, para construção da curva de calibração do fotômetro, foram preparadas nas seguintes concentrações: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 e 10 mg/L de fosfato a partir de uma solução estoque de 1000 mg / L.

Para preparo da solução demolibdato, transferiu-se 7,5 g de heptamolibdato de amônio para um balão volumétrico de 250,0 mL, adicionou-se 4,0mL de solução concentrada de ácido sulfúrico e completou-se o volume com água deionizada.

Para a solução de ácido ascórbico $w = 10\%$, transferiu-se 1,0 g de ácido ascórbico para um balão volumétrico de 10,0 mL e posteriormente completou-se volume com água deionizada.

Princípio da medida do Foto sensor LED

As medidas são realizadas com um LED como fonte de luz e um foto sensor TSL 2561 da TAOS como detector. As soluções analisadas são colocadas no caminho da luz entre o LED e o foto sensor. A corrente elétrica que atravessa a solução, medida na foto sensor é proporcional ao fluxo luminoso, de modo que a mesma pode ser medida diretamente (Figura 2).

A placa Wemos D1 Mini é conectada a fotômetro que por sua vez envia os sinais recebidos ao smartphone pelo IP da placa. As medidas dos feixes luminosos no detector do fotômetro LED, são lidas no smartphone, armazenados em um cartão de memória para posterior construção da curva de calibração.

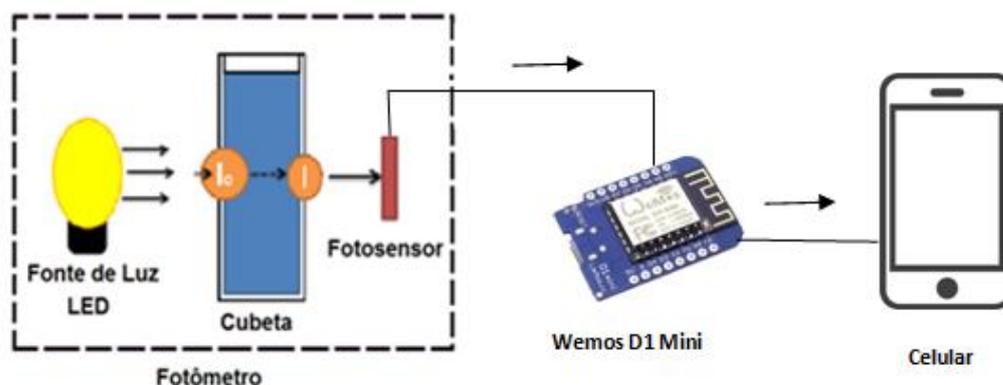


Figura 2: esquema de utilização do fotômetro smartphone.

MEDIDAS COM O FOTÔMETRO SMARTPHONE:

Conecta-se uma fonte de alimentação à porta USB do foto sensor. Posteriormente o LED incorporado acende por cerca de 5 segundos e depois desliga novamente. O foto sensor configura sua própria rede WiFi, pela programação do microcontrolador. Ao fazer upload do programa para a Placa Wemos D1 mini, deve aparecer no monitor serial que a Placa está conectada ao roteador e qual IP está sendo usado. Um smartphone, tablet ou laptop pode-se conectar à rede do foto sensor e acessar a web page do fotômetro através de um navegador da Web.

Utilizando um smartphone, o analista pode conectar-se ao microcontrolador, o qual envia seus dados. Os dados são enviados para uma tabela, a qual é acessada pelo smartphone, de acordo com a programação realizada. Um exemplo desta utilização é apresentada em publicação segundo os autores (ELSHOLZ; RODRIGUES ELSHOLZ; SCHEFFLER, 2017).

No caso, para o fotômetro, foi programado uma tabela para receber os seguintes dados: Branco, soluções padrão e amostra. Inserindo uma cubeta com água ou a solução em branco, executa-se uma medida para determinar o fluxo luminoso I_0 , e o sinal aparece na tabela. Outro sinal será obtido após inserir subsequente uma cubeta com solução padrão ou da amostra, obtendo-se um segundo sinal fluxo luminoso I e os dados são inseridos na tabela mais uma vez. Para cada solução padrão obtém-se um novo sinal I . O software calcula a absorvância usando $A = \log(I_0 / I)$ e apresenta o valor na tabela. As absorvâncias obtidas serão utilizadas para construção da curva de calibração ($y=ax+b$), onde y = absorvância e x = concentração. A absorvância é diretamente proporcional à concentração da amostra medida. As concentrações das soluções padrão são conhecidas e da amostra a ser analisada é desconhecida. Utilizando a curva de calibração obtida, calcula-se a concentração de uma amostra pela absorvância obtida.

MEDIDAS DE FOSFATO:

Em cada caso, adicionou-se em uma cubeta descartável, 1,0 mL de uma solução padrão e posteriormente soluções e 0,5 mL dos reagentes acima. Cobriu-se com parafilme e agita-se de cabeça para baixo. Repetiu-se o procedimento para cada um dos padrões. As medidas foram realizadas para as soluções então de coloração azul (azul de molibdênio), após um tempo de reação de 10 minutos. A concentração do complexo colorido foi quantificada através da utilização do fotômetro smartphone. A intensidade da cor resultante é medida fotometricamente a 660 nm, o que corresponde ao LED vermelho no fotômetro smartphone. Para comparação dos resultados obtidos, as medidas foram também realizadas em um espectrofotômetro a 660 nm. A figura foi realizada para medidas de fosfato pelo fotômetro smartphone. (Figura 4)

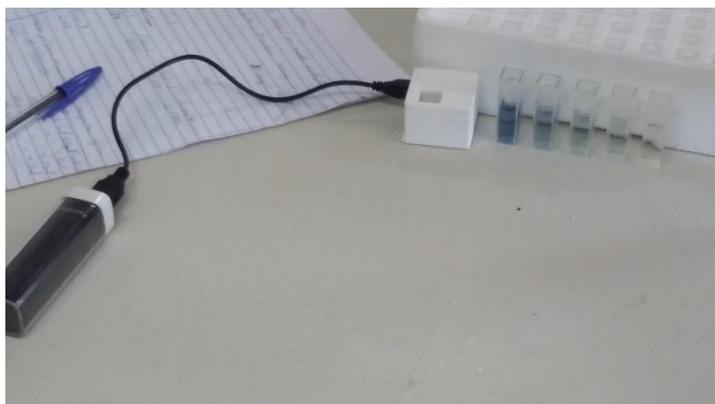


Figura 4. Aplicação do fotômetro smartphone para determinação de fosfato em água

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises foram realizadas com o protótipo, utilizando como reagentes molibdato de amônio, ácido oxálico e ácido ascórbico, para identificação de fosfato em amostras aquosas de aquário.

Os resultados obtidos na utilização do fotômetro smartphone foram comparados com análises realizadas em espectrofotômetro comercial Thermo Scientific®, (modelo BIO MATE 3). As análises efetuadas para determinação de fosfato mostram concordância de valores com os resultados obtidos no espectrofotômetro comercial na faixa de concentração entre 0,1 mg/L a 5,0 mg/L.

Para as análises de fosfato, foi observado que ocorrem alterações da cor do complexo durante o tempo.

Foram feitas diversas análises com soluções de uma concentração conhecida para monitorar as variações dos valores (período de 40 minutos = 40 medidas).

Foram analisadas águas coletadas de um de propriedade privada, e águas de torneira do laboratório de microbiologia da UEMG de Ituiutaba. As análises realizadas mostram coeficiente de correlação cerca de $\pm 0,9989$ para íons fosfato. As amostras de água do aquário apresentaram fosfato em valores crescentes da primeira semana para a segunda semana, na faixa de concentração entre 0,1 mg/L a 10,0 mg/L. As amostras de água de torneira mostram sinais de presença de fosfato na faixa de 0,1 mg/L.

Medidas de silicato com o mesmo fotômetro smartphone foram realizadas pelo grupo de pesquisa (ELSHOLZ; RODRIGUES ELSHOLZ; SCHEFFLER, 2018). Os valores de absorvância obtidos foram 125 (100), 217 (171), 495 (397) e 1202 (950) mAU (unidades de miliabsorvância). Os valores entre parênteses são aqueles medidos com o fotômetro do smartphone. Obteve-se 8,70 mg/L de silicato, com o fotômetro do smartphone 8,78 mg/L de silicato como resultado da água da torneira, Bergedorf, Alemanha. Pode-se observar que os valores encontrados com o fotômetro são um pouco inferiores aos medidos no comprimento de onda ideal obtidos pelo espectrofotômetro do laboratório, mas, como mostra a medida de uma amostra de água, eles também são bem adequados para a medição de fosfato na faixa de concentração indicada.

CONCLUSÃO

O fotômetro smartphone é importante por ser de fácil utilização, transporte, de baixo custo e mostra grande aplicação em vários aspectos em atividades da indústria e humanas.

Análises químicas de água utilizando Fotômetro Smartphone podem ser realizadas no local com utilização dos reagentes os quais são transportados em frascos.

Podem ser utilizados em diferentes áreas incluindo análises ambientais, de poluentes em água de córregos, rios ou lagos, em indústria de alimentos, em análises clínica e farmacêutica.

Outra aplicação do fotômetro smartphone é no ensino em práticas laboratoriais de química ou bioquímica, em escolas ou universidades.

COOPERAÇÕES E AGRADECIMENTOS

1. Laboratory for Bioprocess Automation, Hamburg University of Applied Sciences, Department Biotechnology, Hamburgo, Bergedorf, Alemanha
2. Laboratory of Instrumental Analytical Chemistry, Hamburg University of Applied Sciences, Faculty of Life Sciences, Department Environmental Engineering, Hamburgo, Bergedorf, Alemanha.
3. UEMG (Universidade Estadual de Minas Gerais), Campus Ituiutaba, Ituiutaba, Brasil

REFERÊNCIAS

1. ELSHOLZ, O.; ELSHOLZ, T.C.R., FRANK, C., **Monitoring of Ammonia Content in Rain Water**, Chrom+food FORUM09/2018, modern methods latest trends, , 20-21, 2018.
2. ELSHOLZ, O., ELSHOLZ, T.C.R. **Low Budget Photometrical Flow Through Detector**. In: Flow Analysis XIII, 2015, Praga. Final programme & Book of Abstracts. Praga: Charles University in Prague, Faculty of Pharmacy in Hradec Královê, 2015.
3. ELSHOLZ, O.; ELSHOLZ, T.C.R., SCHEFFLER, U., **Smartphone- Photometer zum Selbstbau Vom LED – Photosensor mit Smartphone zum Photometer**, GIT Labor-Fachzeitschrift, Alemanha, 5, 20-22, 2017.
4. ELSHOLZ, O.; ELSHOLZ, T.C.R., SCHEFFLER, U., **DIY Low-Budget Smartphone Photometer From LED - Photosensor via Smartphone to a Photometer**, G.I.T. Laboratory Journal, WILEY- VCH, 22, 23-25,2018, Alemanha.
5. ELSHOLZ, O; RODRIGUES, T.C., **Vom LED-Photometer zum Photosensor**, GIT Labor-Fachzeitschrift 6 /2005, 519-520, 2005.
6. KUSSEROW A.,**Photometry-Compendium**, GIT Labor-Fachzeitschrift, Vol 19, 7-8, 16-18, 2015.

7. SCHEFFLER, U., **Konzeption und Aufbau eines Photometers mit WLAN / WIFI - Schnittstelle**, HAW Hamburg, Labor für Bioprozessautomatisierung, Disponível em: <https://www.git-labor.de/file/track/15755/1>. Acesso em 30 de maio de 2019.
8. SOTRIFFTER,A.: **Umweltchemie im Schüler/innenexperiment unter Einsatz kostensparender Mikromethoden**. IMST-Fonds, Wien, 2009.
9. ZHELUDEV, N., **The life and times of the LED — a 100-year history**, Nature Publishing Group, 1, 189, 2007.
10. Mc ROBERTS, M., **Arduino Básico**, São Paulo: Novatec, 2011.
11. Wemos. **A wifi&bluetooth board based ESP-32**. Disponível em: <https://www.wemos.cc/>. Acesso em 10 setembro 2018.

AUTORES:

Profª. Drª Tereza Cristina RODRIGUES ELSHOLZ, Curso de Engenharia Elétrica, Universidade do Estado de Minas Gerais, Ituiutaba, Minas Gerais, Brazil, email: crisrina.rod.els@gmail.com

Prof. Dr. Olaf Elsholz: Departamento de Biotecnologia, Fakultät Life Sciences, HAW Hamburg, Hamburg, Germany. email: olaf.elsholz@haw-hamburg.de

Dr. Ulrich SHEFFLER: Departamento de Biotecnologia ,Fakultät Life Sciences, HAW Hamburg, Hamburg, Germany