

Artigo

Um Relógio Inteligente Confeccionado a Partir do Líquido da Casca da Castanha de Caju (LCC)

Sampaio, S. G.;* Bezerra, T. T.; Morán, M. M. R.; Almeida, M. O.; Ribeiro, V. G. P.; Mazzetto, S. E.

Rev. Virtual Quim., 2019, 11 (1), 353-363. Data de publicação na Web: 6 de março de 2019

<http://rvq.sbq.org.br>

A Smartwatch made from Cashew Nut Shell Liquid (CNSL)

Abstract: The present article illustrates the creation of a Smartwatch from the cardanol, the major constituent of the cashew nut shell liquid. In this proposal, cardanol was used in the synthesis of a photoactive pigment for the application in a dye-sensitized solar cell, inserted in the display of the device. The clock was made with the objective of measuring the ambient light radiation, through an electric signal corresponding to the incidence of light, using Arduino Nano 3.0 card for data storage, analysis and transmission via bluetooth. In addition, a phenolic resin was prepared from the cardanol to produce the watch carcass. A comparison between the cell assembled in this work and a silicon solar cell showed low relative errors regarding the captured electrical signal (ranging from 3.80 - 8.28 %) when compared to a solarimeter, proving that the mounted photovoltaic device can be used efficiently to measure solar radiation. The production of this Smartwatch showed advantages due to its portability, use of renewable raw material, and to serve as a pedagogical tool in an environmental education context.

Keywords: CNSL; porphyrin; DSSC; resol; environmental education; sustainable technologies.

Resumo

O presente artigo ilustra a confecção de um relógio inteligente a partir do cardanol, constituinte majoritário do líquido da casca da castanha de caju. Nessa proposta, o cardanol foi empregado na síntese de um pigmento fotoativo (*meso*-tetra-[4-(2-(3-pentadecil) fenoxi) etoxi] fenilporfirina) para a aplicação em uma célula solar sensibilizada por corante, inserida no visor do dispositivo. O relógio foi confeccionado com o objetivo de mensurar a radiação luminosa ambiente, através de um sinal elétrico correspondente a incidência de luz, utilizando uma placa Arduino Nano 3.0 para armazenamento, análise e transmissão dos dados via *bluetooth*. Além disso, foi preparada uma resina fenólica, a partir do cardanol, para a produção da carcaça do relógio. Uma comparação entre a célula montada neste trabalho e uma célula solar de silício mostrou baixos erros relativos no que se refere ao sinal elétrico captado (variando entre 3,80 - 8,28 %) quando comparado a um solarímetro, comprovando que o dispositivo fotovoltaico montado pode ser usado com eficiência para mensurar a radiação solar. A produção desse relógio inteligente mostrou vantagens devido à sua portabilidade, utilização de matéria-prima renovável, além de servir como uma ferramenta pedagógica em um contexto de educação ambiental.

Palavras-chave: LCC; porfirina; CSSC; resol; educação ambiental; tecnologias sustentáveis.

* Universidade Federal do Ceará, Laboratório de Produtos e Tecnologia em Processos (LPT), Campus do Pici, CEP 60455-900, Fortaleza-CE, Brasil.

✉ sam.gs@hotmail.com

DOI: [10.21577/1984-6835.20190025](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20190025)

Um Relógio Inteligente Confeccionado a Partir do Líquido da Casca da Castanha de Caju (LCC)

**Samuel G. Sampaio,^{a,*} Thayllan T. Bezerra,^a Mário M. R. Morán,^{a,b}
Mayara O. de Almeida,^a Viviane G. P. Ribeiro,^a Selma E. Mazzetto^a**

^a Universidade Federal do Ceará, Laboratório de Produtos e Tecnologia em Processos (LPT),
Campus do Pici, CEP 60455-900, Fortaleza-CE, Brasil.

^b Universidade de San Carlos de Guatemala, Faculdade de Ciências Químicas e Farmácia,
Ciudad Universitaria Zona 12, 01012, Cidade de Guatemala, Guatemala.

* sam.gs@hotmail.com

Recebido em 26 de outubro de 2018. Aceito para publicação em 5 de fevereiro de 2019

1. Introdução

2. Experimental

- 2.1. Preparação da resina
- 2.2. Confeção da carcaça
- 2.3. Confeção e calibração da CSSC
- 2.4. Circuito eletrônico do dispositivo

3. Resultados e Discussão

- 3.1. A montagem do relógio inteligente
- 3.2. O Funcionamento do Dispositivo
- 3.3. Calibração da célula solar
- 3.4. Dispositivo terminado

4. Conclusão

1. Introdução

A crise contemporânea de esgotamento dos recursos naturais atinge diversas atividades humanas e repercute em diferentes setores da sociedade, inclusive na produção tecnológica. Em vista disso, há a necessidade de novas estratégias sustentáveis para que a evolução do conhecimento se materialize em inventos de modo responsável

e comprometido com a preservação da natureza.^{1,2} Assim, cabe à Educação Ambiental (EA) a proeminência, ou pelo menos a conscientização sobre a produção tecnológica sustentável, afim de que as questões ambientais sejam consideradas como fundamentais.

Entre as múltiplas ações voltadas para combater o esgotamento dos recursos naturais ante uma sociedade de consumo elevado, está o desenvolvimento de

tecnologias “verdes”, com o uso de matérias-primas renováveis. Esta se apresenta como uma solução promissora, não somente para a produção de combustíveis, exemplificado no bioetanol (*biocombustível no qual a obtenção do etanol se baseia na fermentação de resíduos vegetais*), mas também na produção em larga escala de dispositivos que possam adentrar a vida humana sem maiores malefícios.³ A ideia fundamental do desenvolvimento dessas tecnologias é utilizar materiais descartados, detritos orgânicos com pouquíssima participação em alguma atividade econômica, para a geração de algum benefício real e prático, seja financeiro ou educacional. Um exemplo desses subprodutos é o Líquido da Casca da Castanha de Caju (LCC), líquido viscoso, cáustico e inflamável, obtido do processamento industrial das amêndoas do caju.⁴

O LCC na sua forma natural é constituído por quatro componentes: ácido anacárdico,

cardanol, cardol e 2-metilcardol (Figura 1). Após ser submetido a altas temperaturas, durante o processamento industrial, o primeiro converte-se a cardanol (descarboxilação) em quase sua totalidade, produzindo o denominado LCC técnico.⁵ Usando esse componente majoritário é possível sintetizar uma vasta quantidade de moléculas, dentre as quais os derivados porfirínicos *meso*-substituídos⁶, cujas características fotofísicas, como a absorção na região visível permite aplicações em dispositivos optoeletrônicos, cuja estrutura química é demonstrada na Figura 2. Além disso, a partir do cardanol é possível sintetizar eco-compósitos ou compósitos “verdes”, como as resinas poliméricas.⁷ Deste modo, a utilização do LCC na produção de dispositivos eletrônicos representa uma alternativa sustentável, de baixo custo e interessante para esse setor produtivo.

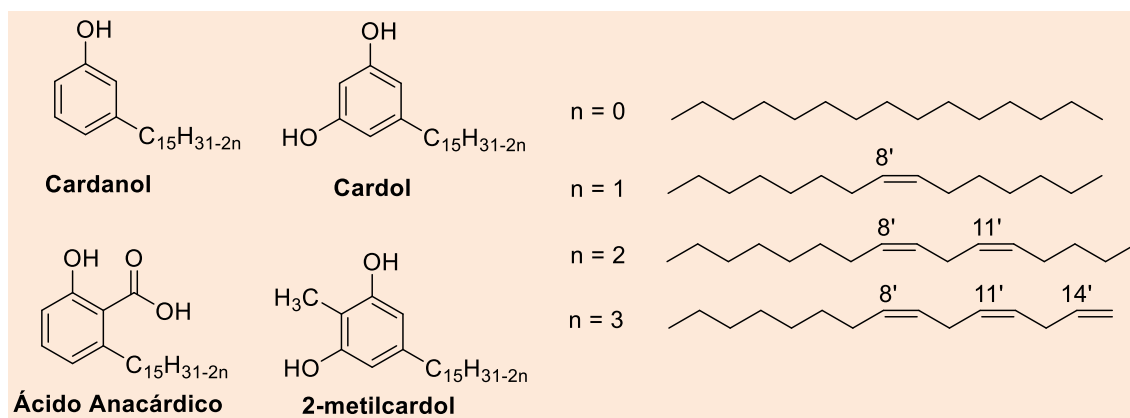


Figura 1. Principais componentes do LCC

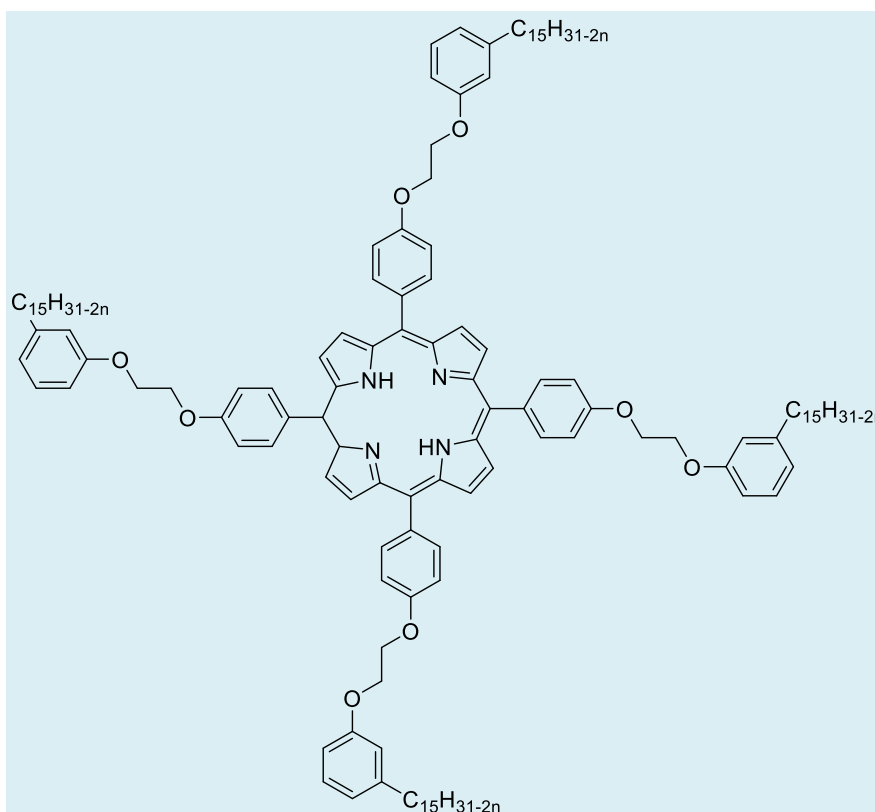


Figura 2. 5,10,15,20-tetra-[4-(2-(3-pentadecil)fenoxi)etoxi]fenilporfirina obtida a partir do LCC

O presente artigo discorre sobre a confecção de um relógio inteligente (*Smartwatch*) que utiliza o cardanol tanto na confecção da carcaça (resina fenólica do tipo resol) quanto na síntese de uma macromolécula *meso*-porfirínica para ser aplicada em uma Célula Solar Sensibilizada com Corante (CSSC), inserida no visor do dispositivo. A partir da obtenção de um relógio inteligente foi possível a análise e discussão dos resultados em um contexto educacional, da temática das energias renováveis, seu alcance, aplicações, relação com a EA e a sustentabilidade.

2. Experimental

2.1. Preparação da resina

A estrutura externa do relógio inteligente foi confeccionada com uma matriz polimérica

derivada do cardanol (resol). Para a obtenção da matriz, primeiro foi obtido um pré-polímero a partir da reação entre 20 g (66,22 mmol) de cardanol, 9,6 mL (132,45 mmol) de formaldeído e 8,2 mL (66,22 mmol) de hidróxido de amônio (proporção molar de 1:2:1). A mistura reacional foi mantida sob aquecimento a 85°C e agitação constante por 3,5 horas, onde foi observado que, após esse período de tempo ocorreu um aumento acentuado da viscosidade do produto, característico de término de reação. Em seguida o produto foi pesado para o cálculo do rendimento da reação (85 %).

A matriz polimérica foi obtida através da mistura em um almofariz de 250 mL, de 21 g desse pré-polímero e 22,5 g (99,55 mmol) de uma resina epóxi (diglicil éter) que representam, respectivamente, 51 % e 47 % da massa total da mistura. Também foi utilizado como catalisador 0,45 g (4,36 mmol) de dietilenotriamina para a reticulação da matriz. Todo o sistema foi mantido sob aquecimento a 50°C por 15 minutos e

agitação. Ao final desse período, observou-se a formação de um material homogêneo com massa de 44 g, apresentando-se como um fluido viscoso de coloração marrom escuro. Esse material foi transferido para um molde e armazenado em uma estufa a temperatura de 120 °C por 4 horas, para a cura completa.

2.2. Confeção da carcaça

A confeção da carcaça foi iniciada pelo desenho do molde feito na plataforma online *Thinkercad* (www.thinkercad.com), na qual se efetuou os cálculos das dimensões dispositivo (5 cm x 7 cm x 2 cm). Esse protótipo foi estruturado de acordo com uma arquitetura do tipo caixa, com bordas externas arredondadas. Foram feitos dois cortes retangulares no visor do dispositivo: um para a inserção do *display* e outro para a CSSC, ambos com dimensões apropriadas para seus encaixes. A partir desse desenho, foi impresso um protótipo de carcaça em uma impressora 3D, uma *Flashforge Dreamer*, que utilizou o ácido polilático (PLA) como material de impressão. Em seguida, foi produzido um molde de silicone que serviu como suporte para a inserção do resol previamente sintetizado.

2.3. Confeção e calibração da CSSC

Para confeção da CSSC foi utilizada metodologia previamente descrita na literatura.⁸ A síntese da *meso*-porfirina base livre (Figura 2) foi feita de acordo com o procedimento descrito por Ribeiro et al.⁹ A calibração da CSSC foi feita através de um fotorradiômetro digital e portátil, modelo HD2302.0 (Delta OHM, Pádua, Itália). Montou-se um aparato simples, que possui uma lâmpada LED de 60 W, de altura regulável, para gerar uma variação de intensidade luminosa sobre a superfície que continha a célula solar.¹⁰ Embaixo desse, foi colocado uma sonda LP471PAR do luxímetro para a realização dos testes comparativos entre os dois tipos de células solares (CSSC e

de Silício). Acoplado a esses dispositivos fotovoltaicos, utilizou-se um multímetro digital (marca Hikari HM-100) com precisão de 1 % para a obtenção dos dados elétricos. Para a análise estatística básica dos valores mensurados foi utilizado uma planilha eletrônica (Excel – Office 2016). Assim, a curva de calibração foi dada pela equação de regressão linear, como função de x por y : $y = -97,3744 + 0,2267x$ ($R^2 = 0,9869$).

2.4. Circuito eletrônico do dispositivo

Para a composição do hardware do relógio inteligente foi utilizado uma placa Arduino (Nano 3.0), com dimensões de 45 mm x 18 mm. Ela foi conectada a um *display* do tipo OLED com arquitetura de transmissão I2C, para a exibição dos dados elétricos processados. Além disso, foi possível transmitir os dados coletados para o *Smartphone*, via *Bluetooth*, utilizando uma placa eletrônica HC-06. Assim, essa interação *Smartwatch*-usuário foi possível através de dois botões laterais que são micro interruptores de dimensões 6 mm x 6 mm x 5 mm. Esse dispositivo utilizou uma pilha de 9 V (marca *Sunking*) como fonte de alimentação.

3. Resultados e Discussão

3.1. A montagem do relógio inteligente

O desenho da carcaça foi feito na plataforma gratuita *Thinkercad*, Figura 3A. A escolha dessa plataforma online se justificou por sua facilidade de manuseio para a projeção de objetos a partir de formas básicas, como círculo, cilindro e quadrado, entre outros.¹¹ As várias funções de agrupamento para a inserção de desenhos possibilitaram um formato personalizado para a carcaça, no qual houve a definição da sua espessura, o tamanho do visor e os detalhes laterais. Após isso, o desenho ficou pronto para a impressão 3D¹², Figura 3B.

O PLA empregado no protótipo é um termoplástico biodegradável. O uso desse material pode servir como um tema para aulas experimentais interdisciplinares envolvendo a Química, Física e/ou Biologia em um contexto de EA.² O debate educativo pode ser uma estratégia de conciliação entre a teoria e a prática, com a montagem do relógio inteligente. A substituição dos materiais convencionais por matéria prima renovável pode servir como uma temática que visa conscientizar os alunos sobre a necessidade da preservação da natureza.¹³

A impressora 3D utilizada possui um mecanismo de extrusão dual e uma resolução

elevada (100 microns),¹⁴ o que permitiu a impressão de objetos com boa qualidade e baixo custo.¹⁵ A partir dessa impressão, foi possível produzir um molde de silicone (Figura 3C) que possibilitou a confecção de várias peças idênticas, deixando o trabalho reprodutível e assegurando o formato específico da peça de resol. Esse molde apresentou estabilidade térmica durante a introdução do resol e ao tratamento térmico de cura do polímero. Depois desta etapa, retirou-se a carcaça de dentro do molde sem nenhuma degradação ou dano, e com imperfeições mínimas, Figura 3D.

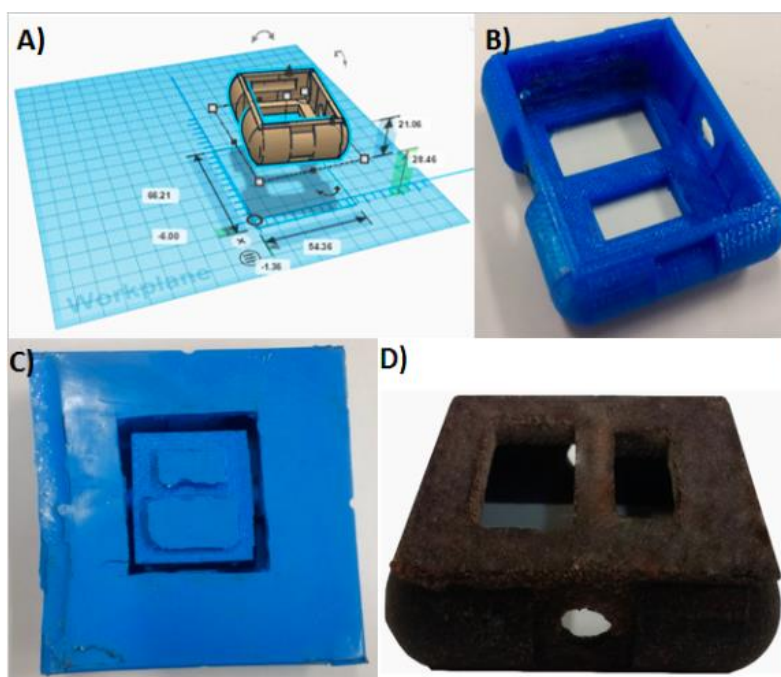


Figura 3. (A) Molde tridimensional; (B) impressão 3 D; (C) Molde de silicone e (D) Carcaça do relógio inteligente

O uso da plataforma online Tinkercad para o desenho inicial do dispositivo foi uma importante etapa que caracterizou o planejamento do projeto. Com ela, foi possível desenhar um protótipo adequado de forma simples e rápida, além de tornar possível a exportação do desenho no formato específico para a impressão 3D. De maneira análoga, a impressora *Fhashforger Dreamer* possibilitou o uso do material biodegradável PLA,

oportunizando o debate acerca da inserção de materiais ecológicos na produção de novas tecnologias. O mesmo se aplica ao hardware livre do Arduino (Nano 3.0), que se apresentou como uma opção satisfatória quanto a sua integração e calibração com a CSSC.

3.2. O funcionamento do dispositivo

O princípio do funcionamento do relógio inteligente proposto foi semelhante ao modelo comercial de relógio inteligente, o qual conta com uma conexão Bluetooth para um *Smartphone*. Entre as diversas funções que podem ser agregadas ao dispositivo, estão a contagem do tempo, cronômetro, alarme, entre outras, Figura 4. O presente relógio inteligente é inovador porque afere a radiação luminosa através de uma CSSC presente no seu visor, gerando alertas ao usuário, como “nível elevado”, “perigo” ou “valor normal”, de acordo com a medição do dispositivo. Além dessas, podem ser incorporadas funções com características educativas, como o desenho de uma molécula, os cuidados com a saúde, a exibição

de princípios de sustentabilidade ou uma outra atribuição específica do currículo escolar.¹³

A Figura 4 mostra a integração das diferentes telas que compõe o software do relógio inteligente. No display, exibe-se as funções previamente inseridas na programação, que foi feita em linguagem C++ e desenvolvida no Ambiente de Desenvolvimento Integrado (ADI ou IDE, do inglês *Integrated Development Environment*). O circuito HC-06 transmite os dados coletados para o *Smartphone*, o qual possui um sistema operacional Android para a sua conexão de dados ou comandos. Entre os vários tipos existentes, os aplicativos utilizados para os testes foram os denominados “*Bluetooth Terminal*” e o “*Bluetooth SSP pro*”.

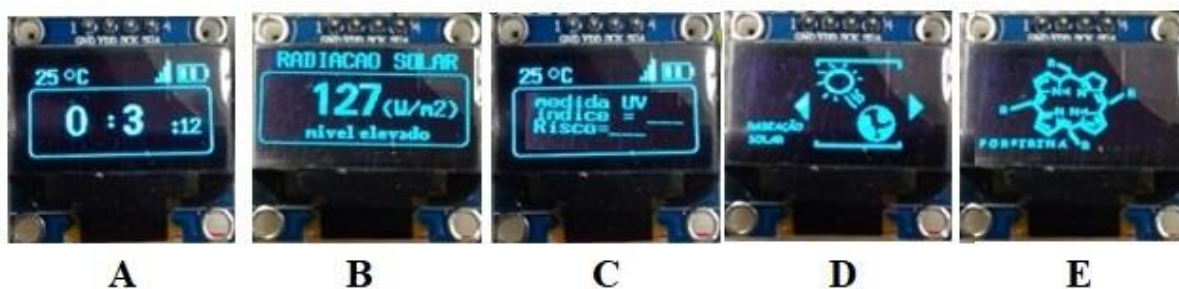


Figura 4. Telas do relógio inteligente: (A) Relógio; (B) Radiação luminosa; (C) Medida de UV; (D) Imagem sobre a radiação solar e (E) Desenho da estrutura geral de uma porfirina meso-substituída

3.3. Calibração da célula solar

A partir das medidas de calibração de ambas as células solares (Silício e CSSC) e uma comparação com os valores aferidos no Radiômetro, foi realizado um estudo estatístico que exibiu os valores médios, o desvio padrão e a variância das medidas, Tabela 1. Nesta, há os valores correspondentes as 5 medidas realizadas, que

são relativas a cada distância considerada em relação a fonte luminosa. Na tabela 1 são mostradas as medidas estatísticas referentes a CSSC: o desvio padrão, a variância e o erro relativo. Dentre os parâmetros investigados, destaca-se a variação no erro relativo (3,80 % a 8,28 %) para uma menor incidência de radiação, indicando uma relação direta entre o aumento da incidência luminosa sobre a célula solar (CSSC ou de Silício) com uma diminuição do erro relativo percentual.

Tabela 1. Valores comparativos realizados com a célula solar sensibilizada, de Silício e o radiômetro

Medida	Distância (cm)	Célula solar (mV) - média	Desvio padrão	Variância	Erro relativo (%)	Célula de Silício (V)	Radiômetro (W/m ²)
1	6,0	530	3,90	15,20	6,12	2,50	22,57
2	12,0	516	10,61	112,56	5,72	2,47	19,87
3	18,0	508	2,58	6,64	3,80	2,47	18,10
4	24,0	504	5,39	29,04	5,44	2,43	16,79
5	30,0	500	6,37	40,64	8,28	2,40	15,72

A tensão elétrica da CSSC foi medida e plotou-se uma curva de calibração que parte do processamento dos dados presentes no software usado no relógio inteligente. Esse software foi o objeto da patente do programa de computador intitulado "PROJECT_LPT01", depositado no INPI (BR 512017000625 3). Durante esse processamento, foi observado que os valores da tensão elétrica aumentaram de forma linear ao acréscimo de radiação luminosa, com um pequeno erro relativo de 1,3 %. Este valor é compatível aos encontrados em diversos aparelhos eletrônicos portáteis.¹⁰ Dessa forma, o dispositivo proposto aparece como uma opção promissora e de baixo custo de confecção.

O valor do coeficiente de determinação da curva de calibração foi próximo as medidas relatadas.¹⁶ Realizou-se uma comparação entre dois tipos de células solares: a CSSC montada através da síntese da *meso*-tetra-[4-(2-(3-pentadecil)fenoxi)etoxi]fenilporfirina) e uma célula comercial de Silício (Trony). Neste caso, para a célula de Silício o R² foi menor do que o observado para a CSSC, mostrando uma diferença mais acentuada em relação à medição com radiômetro. Sendo assim, para os valores de radiação luminosa considerados, a CSSC mostrou uma atividade funcional

superior (maior precisão) à célula solar de Silício.

As CSSC são dispositivos fotovoltaicos que geram energia limpa e renovável, além de contar com um diferencial que é o seu baixo custo de produção quando comparadas às células de Silício. Por isso, o uso das CSSC para conversão energética é ideal para a finalidade pedagógica em EA, principalmente quando se analisa as vantagens da energia solar e as formas de agregação de valor da biomassa. Os resultados obtidos permitem estimular a reflexão sobre o uso da energia limpa e renovável, além da substituição de fontes de energia poluentes.

3.4. Dispositivo terminado

Após a calibração da CSSC e a confecção de todas as partes do dispositivo, houve o acoplamento do polo positivo da célula solar na entrada analógica da placa Arduino (pino A4), e o polo negativo da célula solar foi conectada ao *ground* (pino GNV). Por fim, fixou-se duas pulseiras de borracha e o dispositivo ficou pronto para o uso, como mostra a Figura 5.



Figura 5. Atividade do laboratório com o relógio inteligente (esquerda) e Imagem do relógio inteligente (direita)

Na Figura 6 é possível observar as etapas para a montagem do relógio inteligente, que começa com a extração da castanha e depois a obtenção do LCC. Depois há as sínteses do derivado *meso*-porfirínico e do resol, sendo seguidos pelas montagens da célula solar e da carcaça do relógio. A junção dessas partes a um circuito eletrônico e um display OLED constituíram o dispositivo.

O uso dos relógios inteligentes está associado não somente a um produto de Tecnologia da Informação (TI), suprimindo necessidades específicas dos usuários, mas também por ser um item de moda, com ampla disseminação¹⁷. Por isso, a sua montagem através de recursos renováveis é muito vantajosa porque aproxima as tecnologias sustentáveis com o cotidiano de um maior número de pessoas.

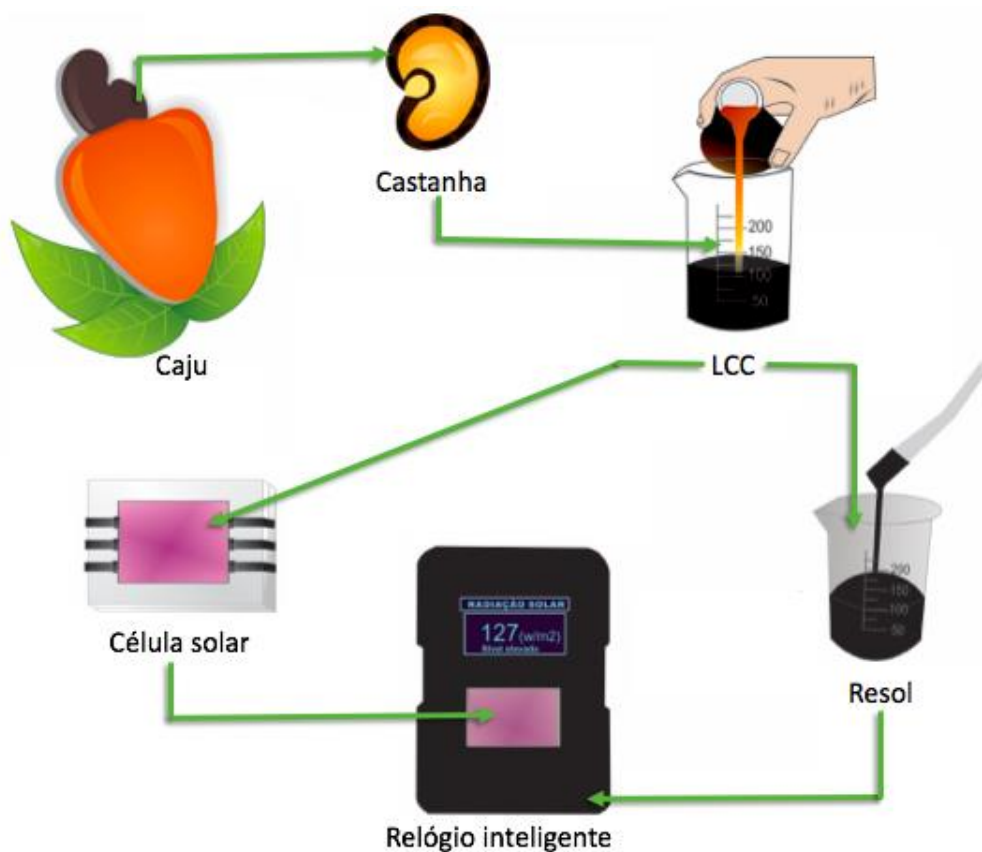


Figura 6. Fluxograma da montagem do dispositivo

4. Conclusão

A preservação do meio ambiente é um objetivo da Educação Ambiental, que deve envolver não somente o uso de matérias primas renováveis, mas todo o desenvolvimento tecnológico mundial. A confecção de um relógio inteligente sustentável exemplifica esse objetivo e possibilita a inserção de várias temáticas ligadas a EA, como a utilização de resíduos, energias alternativas e o uso de biomassa. Assim, o presente trabalho também se apresenta como uma proposta de aula prática interdisciplinar que pode englobar os conteúdos de Física, Química e Biologia. Nessas aulas, a confecção do Smartwatch pode ser usada como incentivo ao debate sobre a importância da utilização de tecnologias inócuas à natureza.

A calibração da CSSC com o luxímetro comercial mostrou que essas células solares podem, assim como as células de Silício, serem usadas para mensurar a radiação solar incidente. Observou-se que a degradação da CSSC não impediu o correto funcionamento desse dispositivo durante os experimentos. Para esse tipo de célula solar, houve uma maior precisão quando comparado com as células de Silício, no que se refere aos baixos valores de radiação luminosa considerados. A integração das diversas partes do relógio inteligente se mostrou funcional para a produção de uma nova tecnologia sustentável, de elevada portabilidade, e que possui a capacidade de se conectar via Bluetooth.

O uso do LCC para a síntese da meso-tetra-[4-(2-(3-pentadecil)fenoxi)etoxi]fenilporfirina) e do resol mostrou que uma biomassa pode ser usada como matéria prima aplicada a uma nova tecnologia. O uso dessa macromolécula na CSSC possibilitou a absorção de luz gerando sinais elétricos correspondentes aos níveis de radiação incidente. O resol empregado na confecção da carcaça apresentou características promissoras, como

durabilidade e resistência mecânica/térmica/luminosa, sendo a sua moldura de silicone de fácil manuseio e de baixo custo.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da CAPES, CNPq e FUNCAP.

Referências Bibliográficas

- ¹ Silva, S. R.; Niquini, G. R.; Turetta, L. F; Costa, A. O. S. Aplicação da Propriedade Termodinâmica Exergia na Avaliação de Processos de Produção de Etanol Lignocelulósico: Uma Revisão. *Revista Virtual de Química* **2018**, *10*, 1263. [CrossRef]
- ² Oliveira, E. M.; Palheta, G. S.; Seabra, L. B. O Ensino de Ciências e Energias Renováveis: proposta metodológica do forno solar. *Ciência e Natura* **2017**, *39*, 99. [CrossRef]
- ³ BICS. Associação dos Centros de Empresa e Inovação Portugueses. Estudo desenvolvido no âmbito do projeto “promoção e dinamização de clusters tecnológicos emergentes”. Caracterização do setor Biotecnologia, 2013. [Link]
- ⁴ Haumonté, Q.; Beaudouin, E.; Nguyen, V. M.; Picaud, J.; Thomas, H.; Corriger, J.; Barbaud, A. L'allergie à la noix de cajou. *Revue Française D'allergologie* **2016** *56*, 567. [CrossRef]
- ⁵ Mazzetto, S. E.; Lomonaco, D.; Mele, G. Óleo da castanha de caju: Oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. *Quimica Nova* **2009**, *32*, 732. [Link]
- ⁶ Sandrino, B.; Clemente, S.; Mielle, T.; Ferreira, B.; Wirley, F.; Ribeiro, P.; Wohnrath, K. Amphiphilic porphyrin-cardanol derivatives in Langmuir and Langmuir – Blodgett films applied for sensing. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* **2013**, *425*, 68. [CrossRef]

- ⁷ Höfer, R.; Selig, M. Em *Polymer Science: A Comprehensive Reference*. Matyjaszewski, K.; Möller, M., eds.; Elsevier: Amsterdã, 2012, cap. 10. [CrossRef]
- ⁸ Sampaio, S.; Feitosa, A. V. A Educação Ambiental através de montagem e simulação de células solares sensibilizadas com corante orgânico. *Ciência e natureza* **2016**, *38*, 1626. [CrossRef]
- ⁹ Ribeiro, V. G. P.; Marcelo, A. M. P.; Silva, K. T.; Silva, F. L. F.; Mota, J. P. F.; Maia, F. J. N.; Nascimento, J. P. C.; Sombra, A. S. B.; Clemente, C. S.; Mele, G.; Carbone, L.; Mazzetto, S. E. New ZnO@cardanol porphyrin composite nanomaterials with enhanced photocatalytic capability under solar light irradiation. *Materials* **2017**, *10*, 1114. [CrossRef]
- ¹⁰ Pedroso, L. S.; Macedo, J. A.; Araújo, M. S. T.; Voelzke, M. R. Construção de um luxímetro de baixo custo. *Revista Brasileira de Ensino de Física* **2016**, *38*, 2503. [CrossRef]
- ¹¹ Baker, K. L.; Bolger, F. B.; Lowry, J. P. Development of a microelectrochemical biosensor for the real-time detection of choline. *Sensors and Actuators B: Chemical* **2017**, *243*, 412. [CrossRef]
- ¹² Tinkercad. Welcome to tinkercad! Disponível em: <<https://www.tinkercad.com/about/>>. Acesso em: 21 outubro 2018.
- ¹³ Carneiro, B. S.; Oliveira, M. A. S.; Moreira, R. F. Educação ambiental na escola. *Revista Brasileira de Educação Ambiental* **2016**, *11*, 25. [Link]
- ¹⁴ Füzési, K.; Gyöngy, M. Comparison of two inexpensive rapid prototyping methods for manufacturing filament target ultrasound phantoms. *Ultrasound in Medicine & Biology* **2016**, *43*, 712. [CrossRef]
- ¹⁵ Pachekoski, W. M.; Dalmolin, C. Blendas poliméricas biodegradáveis de phb e pla para fabricação de filmes. *Biodegradable Polymeric Blends* **2014**, *24*, 501. [Link]
- ¹⁶ Willis, V. F. A model for teaching technology: Using Excel in an accounting information systems course. *Journal of Accounting Education* **2016**, *36*, 87. [CrossRef]
- ¹⁷ Choi, J.; Kim, S. Is the smartwatch an IT product or a fashion product? A study on factors affecting the intention to use smartwatches. *Computers in Human Behavior* **2016**, *63*, 777. [Link]