

# Protótipo de computador de baixo custo adaptado à energia solar fotovoltaica utilizando baterias produzidas a partir de células de carga recicladas

Raimundo Aprígio de Menezes Júnior<sup>1</sup>, Charlie Salvador Gonçalves<sup>2</sup>, Edson Ramos de Andrade<sup>2</sup> e Manoel Victor Meira Lima Vidal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba. Centro de Energias Renováveis. Departamento de Energias Renováveis. *Campus* I. João Pessoa-PB, Brasil (CEP 58051-900).

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Departamento de Física. *Campus* I. João Pessoa-PB, Brasil (CEP 58051-900).

<sup>3</sup>Universidade Federal da Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente. Centro de Ciências Exatas e da Natureza *Campus* I, João Pessoa-PB, Brasil (CEP 58051-900). E-mail: eng.manoelvictor@hotmail.com.

**Resumo.** O crescente tema da problemática ambiental é reflexo de uma série de atos antrópicos que está colocando em xeque o futuro da humanidade. Aspectos relacionados à poluição da biota, extinção de espécies e extração de recursos naturais, tem levado a sociedade a questionamentos sobre o futuro do planeta. Sobre tudo este último aspecto, cuja extração destes recursos naturais está diretamente ligada com a geração de energia. Levando em conta que a geração de energia está diretamente relacionada ao desenvolvimento de uma nação ou organização, as tecnologias desenvolvidas pelo homem vêm buscando gerar energia através de fontes renováveis, as chamadas tecnologias limpas. Desta forma, o presente trabalho busca contemplar esta realidade na elaboração de uma proposta de um computador de baixo custo mediante a inclusão de uma tecnologia solar, ou seja, que este computador seja desenvolvido a partir de componentes de origem reciclável com peças de baixo custo e possa ser conectado a um sistema fotovoltaico, garantindo assim seu funcionamento elétrico com total capacidade advinda de uma fonte renovável de energia. Os resultados do processo construtivo do sistema *offgrid* e do computador demonstraram que é possível elaborar uma proposta de criação de todo o sistema a baixo custo e que mediante os gráficos obtidos pelas plataformas de modelagem numéricas utilizadas, consegue-se ter uma confirmativa de estimativas que o computador de baixo custo consegue funcionar em sua plenitude ao longo de qualquer período do ano com o sistema desenvolvido.

**Palavras-chave:** Energia Solar; Sistema *offgrid*; Computação.

Recebido  
17/08/2020

Aceito  
26/12/2020

Disponível *on line*  
27/12/2020

Publicado  
31/12/2020



Acesso aberto



ORCID

0000-0002-2311-1278  
Raimundo Aprígio de  
Menezes Júnior

**Abstract. *Low cost computer prototype adapted to solar photovoltaic energy using batteries produced from recycled load cells.***

The growing theme of environmental issues is a reflection of a series of anthropic acts that are putting the future of humanity in check. Aspects related to biota pollution, extinction of specimens and extraction of natural resources, have led society to question the future of the planet. Especially this last aspect, whose extraction of these natural resources is directly linked to the generation of energy. Taking into account that the generation of energy is directly related to the development of a nation or organization, the technologies developed by man have been seeking to generate energy through renewable sources, the so-called clean technologies. In this way, the present work seeks to contemplate this reality in the elaboration of a proposal for a low cost computer through the inclusion of solar technology, that is, that this computer is developed from components of recyclable origin with low cost parts and can be connected to a photovoltaic system, thus guaranteeing its electrical operation with full capacity from a renewable energy source. The results of the construction process of the offgrid system and the computer demonstrated that it is possible to elaborate a proposal to create the entire system at low cost and that through the graphics obtained by the numerical modeling platforms used, it is possible to have a confirmation of estimates that the low-cost computer is able to work to its fullest over any period of the year with the developed system.

**Keywords:** Solar energy; Offgrid system; Computing.

0000-0002-4991-4407

Charlie Salvador  
Gonçalves

0000-0001-8800-6105

Edson Ramos de  
Andrade

0000-0003-4971-7945

Manoel Victor Meira  
Lima Vidal

## Introdução

É crescente e notório o destaque das temáticas ambientais no atual cenário global, tendo em vista que a sociedade cada vez mais apresenta receios com relação ao futuro do planeta Terra e da humanidade como um todo. Em linhas gerais, observa-se de maneira forte que estas modificações são provocadas, em sua maioria, por interferência de origem antrópica, o que vêm causando danos de ordem global aos grandes componentes da natureza, colocando em risco o desenvolvimento ambiental e socioeconômico das futuras gerações. Desta forma, tais preocupações têm conduzido a mudanças significativas na inserção de práticas sustentáveis que possam mitigar os impactos ambientais dentro de uma perspectiva de melhorias no cotidiano social e que por consequência gerem benefícios ambientais.

Neste contexto, um dos principais fatores atrelados às preocupações ambientais reside na cadeia energética, desde sua produção até sua distribuição e consumo. Para Lima (2012), uma nova formatação da matriz energética vem se desenvolvendo, esta tornando-se menos dependente das fontes não renováveis ao passo em que as fontes alternativas ganham mais espaço neste cenário. Com índice de escala global, o Ministério de Minas e Energia (MME, 2017) apresentou um documento intitulado *Energia no mundo: indicadores de matrizes energéticas e matrizes elétricas*, cujos dados constatarem que expressivos 36,1% da demanda mundial de energia tiveram destinação para fins de gerar eletricidade (Ano referência 2017).

Com as questões energéticas sempre atreladas ao desenvolvimento da sociedade, diversos fatores históricos contribuíram significativamente para uma aceleração na exploração dos recursos naturais com vistas à geração de energia. A própria revolução industrial causou um estopim neste aspecto, fazendo com o que o ocidente, então passasse de uma sociedade predominantemente rural para uma sociedade urbana e rica, através do uso de tecnologias modernas desenvolvidas pelo avanço científico “energizado por combustíveis fósseis” (Hinrichs et al., 2014).

Reis et al. (2012) destacam que todo este processo advém basicamente de três principais razões: A primeira relaciona-se à quantidade de energia produzida para o crescimento econômico de uma nação; Secundariamente, muitos incidentes ecológicos e antrópicos das últimas décadas possuem relação bastante direta com questões energéticas. Por fim, e talvez o motivo mais importante, é aquele relacionado com a equidade, que pode ser traduzida no acesso comum a todos à eletricidade para atender suas necessidades básicas.

É possível concluir que o desenvolvimento da sociedade global durante todo o período de sua existência sempre esteve de alguma forma intrinsecamente conectada com a evolução e com os domínios acerca da retirada de recursos naturais, dispostas como fonte de utilização para gerar energia. Tão importante a questão energética é, que ela possui função essencial no desenvolvimento social e quando aliado aos transportes, água e saneamento, forma uma importante base do modelo de crescimento econômico de qualquer sociedade (Reis, 2003).

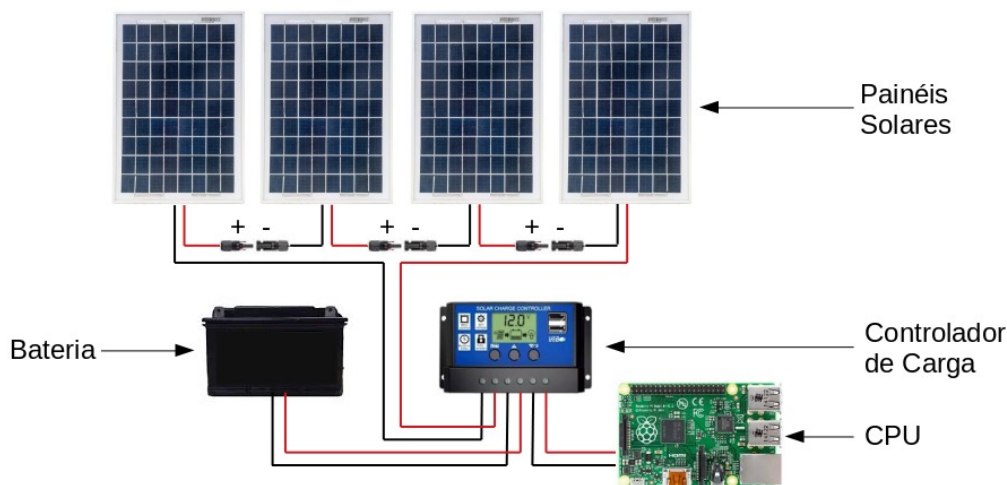
Por oportuno ser, o desenvolvimento dos estudos relacionados às questões energéticas se tornam cada vez mais importantes, principalmente quando estes estabelecem as reais ligações integradas que o tema possui com as tratativas econômicas, sociais e, sobretudo, acerca da pauta sustentável. Pauta esta de extrema relevância, principalmente em virtude do aumento das emissões de gases de efeito estufa, do crescimento populacional e econômico, denotando às novas fontes de energia um papel fundamental no enfrentamento às crises de mudanças climáticas, por exemplo (Furtado, 2010).

Ainda corroborando o entendimento de Lima (2012), a redução de fontes de energia danosas ao meio ecológico expande a busca e incentivo a trabalhos técnicocientíficos e no processamento industrial para o aprimoramento do desenvolvimento de fontes energéticas renováveis e limpas. Na perspectiva em que a geração de energia elétrica se encontra em escala ascendente e aliado às questões ambientais, é importante frisar que o crescimento da demanda deste setor está culminando no desenvolvimento e no aprimoramento de propostas e pesquisas tecnológicas com o intento de produzir eletricidade a partir de fontes renováveis. Estas se apresentam como uma boa alternativa para a redução dos problemas ambientais que crescem significativamente no século XXI, a exemplo da cada vez maior extração de recursos naturais para fins energéticos e sua consequente escassez.

Lopes e Taques (2014) relatam que o fomento na utilização de fontes energéticas alternativas e sua posterior eficácia constituem grande aparato de munção para construção das políticas energéticas com o intento de contribuir a uma sustentabilidade, almejando assim o atendimento das necessidades atuais sem modificar às futuras, justamente o que preconiza o conceito inicial do termo.

Dentre as técnicas e estudos desenvolvidos nesta área, destacam-se a utilização e produção elétrica advinda de fontes mais alternativas do ponto de vista sustentável, que paulatinamente vão se consolidando como uma tendência mundial. Importante considerar que estas possuem um caráter comprovado de menor impacto ambiental, sendo popularmente conhecidas como *tecnologias limpas* e que ainda possuem características bastante viáveis do ponto de vista econômico a médio-longo prazo.

Dentro desta perspectiva, objetiva-se contemplar esta realidade a partir da elaboração de uma proposta de um sistema de tecnologia de energia solar (fotovoltaica) para alimentar o funcionamento de um computador de baixo custo. A proposta é que este computador seja desenvolvido a partir de componentes com materiais reaproveitáveis ou com peças de baixo custo, que possa ser conectado a um conjunto de módulos de energia solar fotovoltaica para avaliar sua viabilidade e funcionamento elétrico com total capacidade advinda de uma fonte renovável de energia (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema ilustrativo do sistema adotado.

O presente trabalho tem relevância no que tange à expansão de estudos relacionados a energias renováveis buscando pautar-se no âmbito de quatro pilares interconectados: ambiental, social, econômico e tecnológico. Apesar da complexidade de variáveis envolvendo a temática, a proposta do desenvolvimento sustentável é justamente aquela que possa ser capaz de integrar as questões de ordem dos quatro pilares supramencionados.

Além do debate e das discussões acerca da utilização de sistemas tecnológicos sustentáveis que devem ser trazidos à tona devido a importância atual de diversificação da malha energética utilizado, os conceitos relativos à engenharia dos materiais utilizados na construção do sistema e das prerrogativas ambientais no tocante ao reaproveitamento de resíduos que possam se inserir no sistema também devem ser alvo de discussão, buscando-se atingir ao máximo os princípios da sustentabilidade.

Desta forma, a presente pesquisa remonta-se à hipótese de que é possível elaborar uma proposta de um computador de baixo custo, atestando sua viabilidade e funcionamento adaptado a uma fonte de energia solar.

Para responder a essa complexa questão, dividiu-se este estudo em quatro seções. Na primeira, apresenta-se uma breve contextualização social com a importância da utilização de um computador de baixo custo adaptado a uma fonte de energia renovável. Secundariamente, têm-se um panorama do setor de energia solar (fotovoltaica) no Brasil, sobretudo na região Nordeste; Após esta etapa, têm-se a parte de materiais e métodos com a inserção do objeto de pesquisa e suas informações técnicas e do processo construtivo

envolvendo o computador de baixo custo e de todo o sistema utilizado; A quarta etapa tratou da utilização de softwares e plataformas de dados que atestam seu funcionamento e viabilidade.

Para tanto, como procedimentos metodológicos, a presente pesquisa teve um caráter bastante prático na utilização do máximo possível de materiais de origem reciclável e/ou de baixo custo para composição do computador de baixo custo e de todo o sistema fotovoltaico utilizado (módulos, banco de baterias, aparato equipamental), se fazendo uso também de plataformas digitais para tabulação e obtenção de dados numéricos; Conclusivamente, os resultados da pesquisa apontam de maneira cristalina e geral que, foi possível elaborar uma proposta de criação tanto de um sistema fotovoltaico *offgrid*, quanto de um computador de baixo custo e que seu funcionamento está apto durante qualquer período do ano.

### **Breve contextualização social e seus benefícios**

Inicialmente, é preciso salientar para a necessidade de conhecimento dos efeitos que podem ser percebidos a curto e/ou longo prazo da utilização deste sistema para diversos fins e que afetam diversos segmentos da sociedade concebendo à pesquisa meios para se atingir o propósito fim da sustentabilidade.

O conjunto composto entre computação, avanço tecnológico e utilização de fontes renováveis relacionados ao funcionamento de protótipos e armanejamento de dados computacionais é crescente. Um fator que chama atenção é a segurança energética uma vez que as energias renováveis podem interferir na confiança do sistema da base de dados, tornando-a mais resiliente. De acordo com o portal “Comunidade Cloud” (Maio, 2018), atualmente 100% da energia utilizada pelos servidores da empresa Apple vêm de fontes renováveis, como parques eólicos e usinas solares. A empresa Yahoo tem 73% e o Facebook, 50% da energia de servidores computacionais vindas de fontes sustentáveis. Estes números puderam dar subsídio ao estímulo comercial a partir do aumento nos acordos de compra de energia, contribuindo significativamente para o “boom” do mercado de energia renovável. Assim, é possível controlar suas próprias funções e ainda ser possível gerenciar a dinâmica dos mercados de energia. Desta forma, estes exemplos contribuem muito no fomento à pesquisa e desenvolvimento científico com vistas a relacionar o uso de computação e fontes renováveis de geração de energia. Assim, podem influenciar mudanças políticas e de mercado para promover transformações que cheguem cada vez mais próximos em atividades do dia-dia da sociedade.

É salutar ressaltar a importância que este produto pode ter para ser disseminado em diversos segmentos sociais. Primeiramente, é importante destacar sua elaboração: uma composição que partiu de princípios elementares que pudessem desenvolver o produto a partir de componentes de origem reciclável ou com peças de baixo custo que pudessem ser acessíveis a uma maior quantidade de pessoas possíveis.

Com relação àqueles itens que não puderam ser reaproveitados no produto, estes foram comprados. Porém, sobre este aspecto, a intenção sempre pautou-se na busca por encontrar produtos com o melhor preço possível, de modo que pudessem ser os mais justos para que se tornassem mais acessíveis àqueles que tem o interesse em desenvolver algo semelhante. Exemplos de componentes que foram reaproveitados de materiais que seriam destinados ao lixo na presente pesquisa foram o suporte para fixação da base, a própria base em si constituída de materiais de sobras de MDF, o banco de baterias do sistema *offgrid* que utilizou células de baterias de notebook's que puderam ter uma nova utilidade no armazenamento energético do sistema. Além disso, os módulos fotovoltaicos foram elaboradas com células de baixo custo e desenvolvidas da forma mais artesanal e manual possível, com a intenção de redução de custos. Ou seja, o sistema como um todo e o computador de baixo custo podem facilmente ser desenvolvidos por diversos segmentos

sociais e ter uma utilização prática de acordo com a realidade de cada localidade, sobretudo em sistemas embarcados pessoais.

Sobre este aspecto, o produto elaborado pode ter uma série de utilidades práticas na vida cotidiana social. Ao obter-se um computador de baixo custo adaptado a uma fonte energética híbrida, o usuário abre uma gama diversificada de funções a que se pode destiná-lo. Do ponto de vista prático, pode-se utilizar o computador de baixo custo por exemplo, para gerenciar estações climatológicas a média-longa distância utilizando conexão de internet para obtenção de informações em tempo real sem que seja preciso ir a campo com frequência para obtê-los. Também é possível utilizá-lo como parte integrante de um sistema de monitoramento de determinado local por câmeras de segurança, usos militares para missões críticas seja de resgate ou de situações de defesas sobre eventos naturais e climático, utilizar o computador de baixo custo em bibliotecas públicas com a inserção de acervos digitais de livros e conteúdos acadêmicos ou como “*totem*” informativo de todo o conteúdo literário daquele local.

Além disto, a elaboração e confecção do computador de baixo e custo e de todo o sistema pode ser adaptado e levado até comunidades mais carentes ou comunidades quilombolas, indígenas e demais aglomerações sociais distantes dos grandes centros urbanos para que a população local ou até mesmo das áreas rurais possam ter acesso a um sistema tecnológico que se insira nas suas práticas cotidianas. O produto pode ser utilizado para bombeamento de água, atividades agrícolas programadas por sistema virtual, além da possibilidade da criação e extensão de oficinas com jovens das comunidades mais carentes que possam aprender na prática o passo a passo da elaboração do computador e do sistema, abrindo a possibilidade da criação de um espaço de conhecimento nas comunidades que possa disseminar informação e gerar conhecimento do ponto de vista científico, ambiental e social. Em todo este contexto, é demais salutar o pensamento nas futuras gerações. A sustentabilidade deve ser fator primordial a ser inserido nas práticas do cotidiano social e a disseminação de práticas sustentáveis que envolvam a temática do uso de energias alternativas atreladas ao desenvolvimento técnico-científico devem estar cada vez mais próximas do dia-dia do cidadão comum e sobre como a pesquisa tem o poder de modificar e transformar em melhorias para a vida de todos.

### **Panorama geral da energia solar**

A utilização da energia solar no mundo se consolidou como uma importante alternativa para geração de eletricidade. Os incentivos por diferentes economias mundiais têm sido expressivas na busca por energias de fontes renováveis com o firme propósito de criar uma independência total dos combustíveis fósseis (Maia, 2018).

Além de instituições públicas e privadas, a solução ecologicamente correta também tem atraído membros da sociedade global em geral. Ainda lembrando Torres (2012), este efetivo crescimento tem como grande causa a implantação e intensificação de programas governamentais, que estimularam o desenvolvimento tecnológico e industrial com vistas a um melhor aproveitamento deste tipo de energia. Números divulgados a partir do Programa de Sistemas de Energia Fotovoltaica da Agência Internacional de Energia (IEA) (referência 2018 - ano base 2017) mostram que a energia vinda do sol constitui-se como a fonte limpa que mais adiciona capacidade de geração elétrica em todo o mundo (IEA, 2018).

A despeito do Brasil, é sabido que o país possui vasto potencial em geração de energia advinda da fonte solar, sendo bastante promissor sob vários aspectos. Dias (2017) destaca o avanço dos estudos e das pesquisas voltadas para este setor no país, considerando os maiores investimentos e financiamentos na redução dos custos através



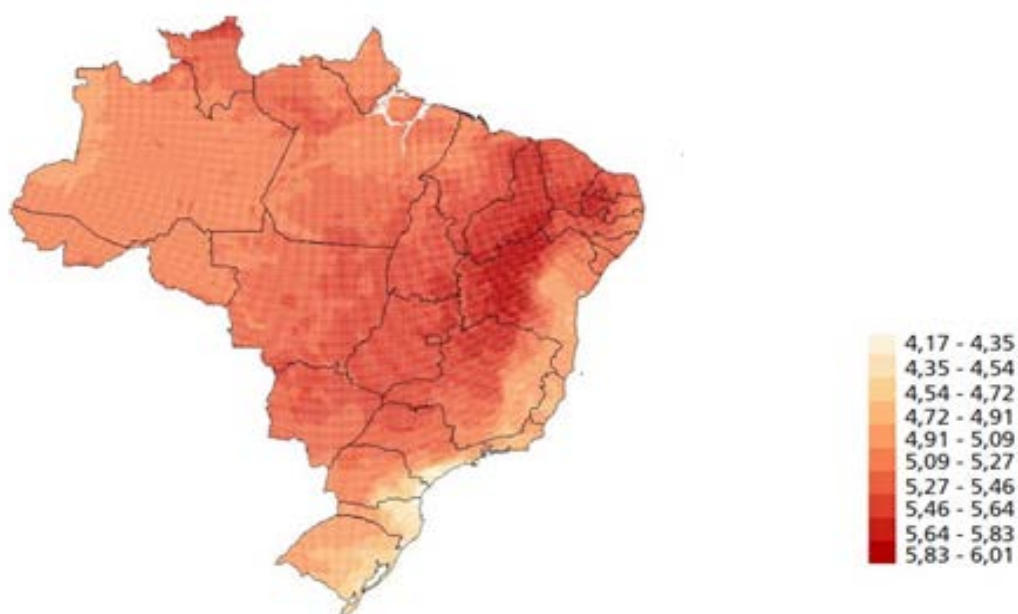
do aperfeiçoamento tecnológico da energia solar. Tal fato está possibilitando um maior acesso por parte da população, difundindo o uso dessa nova tecnologia.

**Tabela 1.** Panorama da energia solar no Mundo (2018).

Países que mais adicionaram potência solar instalada em sua matriz energética			Países com as maiores potências consumidas no ano de energia solar		
1	China	53 GW	1	China	131 GW
2	Estados Unidos	10.6 GW	2	Estados Unidos	51 GW
3	Índia	9.1 GW	3	Japão	49 GW
4	Japão	7 GW	4	Alemanha	42 GW
5	Turquia	2.6 GW	5	Itália	19.7 GW
6	Alemanha	1.8 GW	6	Índia	18.3 GW
7	Austrália	1.25 GW	7	Reino Unido	12.7 GW
8	Coréia do Sul	1.2 GW	8	França	8 GW
9	Reino Unido	0.9 GW	9	Austrália	7.2 GW
10	Brasil	0.9 GW	10	Espanha	5.6 GW

Fonte: Adaptado de Snapshot of Global PV Markets, EA PVPS (2018).

Este potencial é reflexo da enorme quantidade de irradiação solar que é refletida na posição geográfica do planeta em que se localiza o Brasil, uma posição considerada privilegiada, pois trata-se de uma região tropical caracterizada por níveis elevados de insolação (Figura 2). Pereira et al. (2006) nos recorda que a média ao longo do ano da irradiação solar do mundo em comportamento uniforme no Brasil, com altas e consideráveis médias em toda a extensão territorial.



**Figura 2.** Mapa da incidência solar média diária no Brasil (Em kWh/m²). Fonte: CPTEC/INPE (2016), adaptado por BNB (2016).

Conforme já demonstrado, o país ingressou no ranking mundial de potência instalada solar fotovoltaica, apresentando uma leve melhoria no aproveitamento da energia solar. As perspectivas são boas, levando em conta que o Brasil tem um reconhecido e esplendoroso potencial para produzir eletricidade a partir do sol, inclusive superior a várias nações que atualmente fazem mais uso da fonte solar para obter energia. Nascimento (2017) já retratava que, naquele ano, o país contava apenas com 81 MW de produção fotovoltaica existente, o que em números estava na ordem dos 0,05% da capacidade instalada total brasileira, tendo sofrido um acréscimo significativo.

É crescente o número de projetos que incentivam pessoas jurídicas e sobretudo, pessoas físicas a gerar energia em suas próprias casas, ainda que haja uma necessidade de programas regulares para melhorar a disseminação de informação e aumentar a procura, em especial na Região Nordeste, a qual apresenta as melhores condições para o aproveitamento fotovoltaico (Wanderley, 2013).

Um estudo desenvolvido pelo INPE no ano de 2017 denominado *Atlas Brasileiro de Energia Solar* apontou que a região do Nordeste brasileiro constitui-se como a que possui os maiores fatores e parâmetros de irradiação solar no plano inclinado (média anual de  $5,52 \text{ kWh}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ ) com baixa variabilidade inter anual durante o ano (Pereira et al., 2017). Dados apresentados pelo Banco do Nordeste do Brasil no ano de 2018 demonstraram que a região representa 64,5% da capacidade de instalação na produção fotovoltaica no país (Figura 3).

Unidade geográfica	Geração distribuída		Geração centralizada		Total	
	Potência (kW)	% Brasil	Potência (kW)	% Brasil	Potência (kW)	% Brasil
Brasil	197.734,71	100,0%	1.021.601,63	100,0%	1.219.336,34	100,0%
Nordeste	39.914,58	20,2%	746.824,77	73,1%	786.739,35	64,5%
Alagoas	1.216,10	0,6%	-	0,0%	1.216,10	0,1%
Bahia	4.996,60	2,5%	344.667,80	33,7%	349.664,40	28,7%
Ceará	12.721,96	6,4%	5.000,00	0,5%	17.721,96	1,5%
Maranhão	3.287,07	1,7%	51,93	0,0%	3.339,00	0,3%
Paraíba	2.090,31	1,1%	-	0,0%	2.090,31	0,2%
Pernambuco	6.398,59	3,2%	10.000,00	1,0%	16.398,59	1,3%
Piauí	2.902,48	1,5%	270.000,00	26,4%	272.902,48	22,4%
Rio Grande do Norte	5.035,23	2,5%	117.105,04	11,5%	122.140,27	10,0%
Sergipe	1.266,24	0,6%	-	0,0%	1.266,24	0,1%

**Figura 3.** Capacidade de instalação da origem solar fotovoltaica no Brasil, Nordeste e estados locais (distribuída e centralizada). Fonte: ANEEL (2018), elaborado por BNB (2018).

Este grande potencial da região nordeste confirma-se por estudos da EPE (2017) apontando que a geração solar fotovoltaica centralizada, crescerá, em média, expressivos 84,6% a.a. de 2016 até 2026. Isto significa que a geração poderá alcançar a 9,7 GW, representando consideráveis 4,7% da capacidade instalada de geração de todo o país naquele ano. Desta forma, por apresentar os maiores índices de radiação solar do país e por todos os pontos elencados, por existirem linhas de financiamento para a implementação de projetos e a região estar se abrindo para investimentos de grandes usinas de energia solar, o nordeste brasileiro caracteriza-se como um local de forte potencial fotovoltaico.



## Materiais e métodos

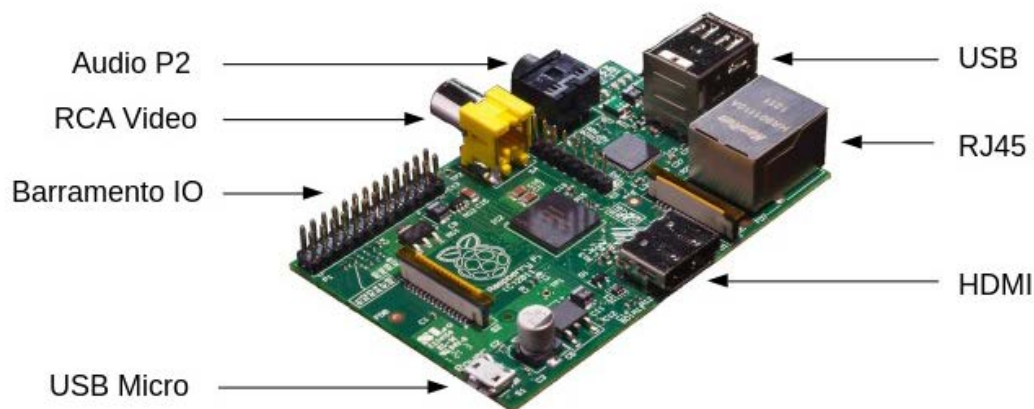
A presente pesquisa possui como intento a elaboração de uma proposta de um computador de baixo custo adaptado a uma fonte renovável solar. A execução da pesquisa pode ser descrita mediante a adoção de três linhas de trabalho para a implementação do sistema como um todo: construção do computador de baixo custo, construção do sistema fotovoltaico e a construção do pack de baterias para alimentação do sistema. A posterior, trata dos sistemas e softwares utilizados para obtenção e tabulação dos dados para fins de confirmação de viabilidade.

O local escolhido para o desenvolvimento do trabalho foi o Laboratório de Tecnologias Sustentáveis do prédio do Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), localizado no Centro de Ciências Exatas e da Natureza, da Univesidade Federal da Paraíba (CCEN/UFPB).

### Computador de baixo custo

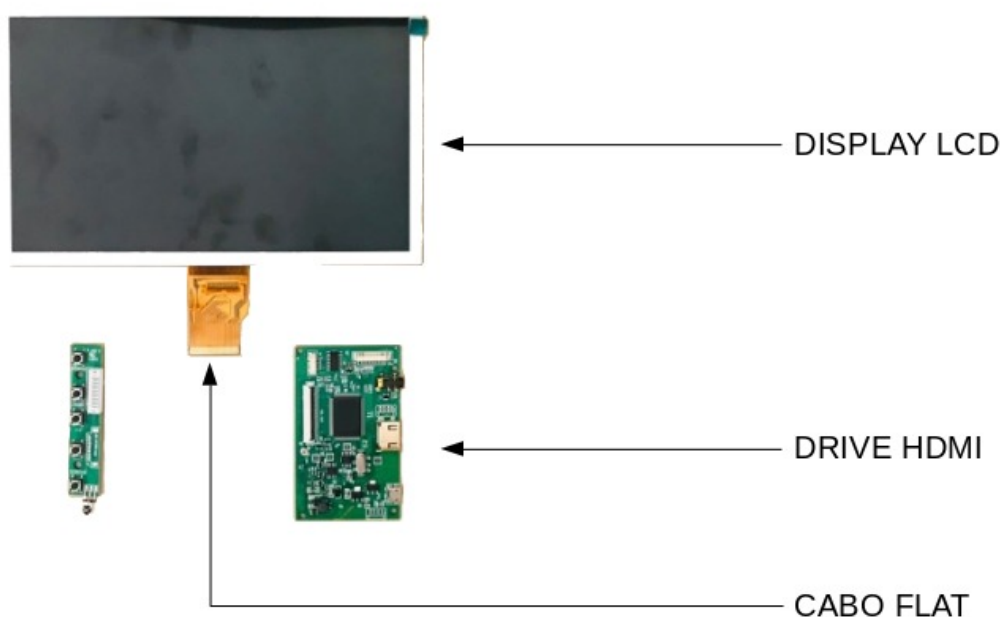
Como parte da estrutura do computador, utilizou-se o hardware *RaspberryPi*, especificamente do modelo do tipo 2 *MODEL B*. Trata-se de um microcomputador que possui pequenas dimensões (8,5 cm x 5,6 cm x 1,7 cm) e é considerado de baixo custo, cujo todo seu hardware é integrado a uma única placa. Além de seu baixo custo de produção, sua plataforma é considerada bastante versátil, tendo sido disseminada em diversos segmentos que vão desde atividades sociais até usos particulares. A grosso modo, o *RaspberryPi* é bastante utilizado para quem tem inteção de montar um computador de caráter *caseiro*. Assim como um notebook e/ou desktop de mesa, realiza-se a conexão deste minicomputador a um monitor ou dispositivo de vídeo, um teclado e um mouse e ele vai funcionar como um computador normal mais voltado à execução de tarefas básicas.

Considerando que o *RaspberryPi* não possui sistema operacional em si, fez-se necessário a instalação de um sistema operacional que fosse inserido em sua plataforma, para que o computador de baixo custo tivesse um sistema operacional capaz de fazê-lo funcionar com os seus devidos recursos operacionais. Observa-se que o *RaspberryPi* possui uma entrada do tipo micro SD, desta forma, foi possível instalar um sistema operacional em um cartão SD (capacidade 32MB). O sistema operacional adotado para seu funcionamento foi o Linux, cuja uma de suas principais vantagens é justamente seu leve tamanho, sendo possível de ser instalado no referido cartão e inserido na plataforma (Figura 4).



**Figura 4.** RaspberryPi utilizado na pesquisa com destaque para o cartão SD.

Secundariamente, esta etapa refere-se à junção da tela ao protótipo de computador, bem como de seu processo construtivo. A despeito da tela da pesquisa em estudo (Figura 5), esta se trata de uma tela com 9" HDMI, de especificação técnica em *Display de LCD 1024\*600 mini display, tela matriz tftlcd, monitor HDMI, pequeno driver com placa ttl, controlador de entrada para raspberrypi painel*. Acompanhando a tela, têm-se uma placa de vídeo compatível com suas características, um cabo HDMI, um controle remoto para manuseio e dois cabos, sendo um do tipo *extend* o outro do tipo *flat*. Para união da placa de vídeo com o raspberry, utilizou-se um cabo HDMI do tipo *macho-macho* com duas entradas HDMI em suas extremidades.

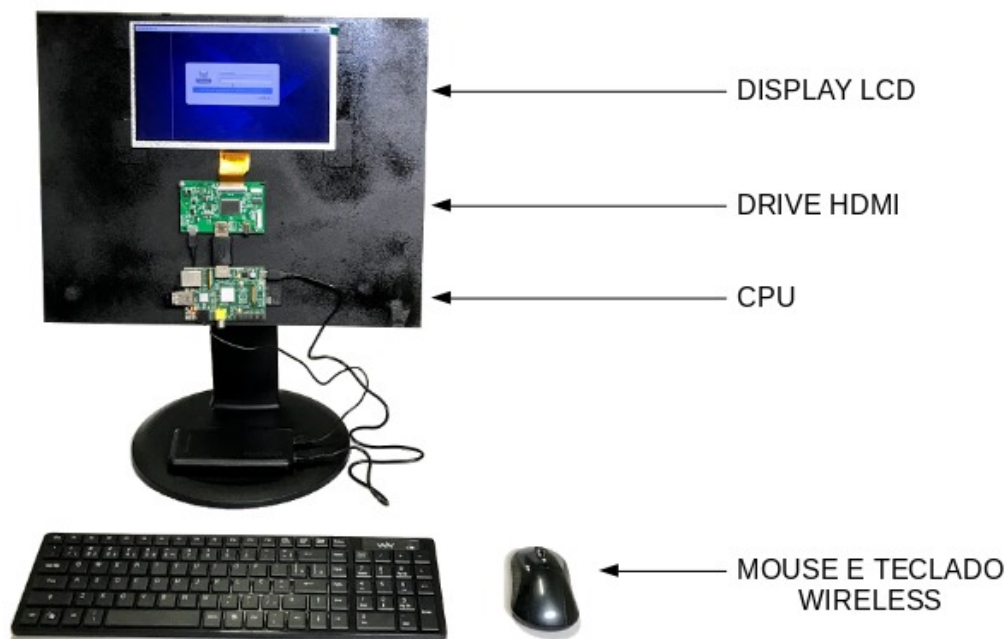


**Figura 5.** Tela utilizada na pesquisa.

Para formar a estrutura necessária para receber a tela juntamente com o raspberrypi, primeiramente utilizou-se uma placa de MDF. Esta placa de MDF é derivada da madeira, com fibra de média densidade e foi adquirida junto às sobras de uma serralharia, um material que não teria mais uso e seria descartado. De tal forma, foram aproveitadas sobras deste MDF e foram cortadas seções em tamanho de 32 cm x 40 cm, sendo foram realizados pequenos furos no centro para serem parafusados objetivando prender as bordas do raspberry com a placa de vídeo de conversor. Com vistas a melhoria de visual em virtude da base ser da cor preta, utilizou-se tinta spray na cor preta para realizar a pintura do MDF.

Após a pintura e secagem do MDF, realizou-se a junção com a base suporte, fixou-se o raspberrypi com a placa de vídeo na parte parafusada e a tela foi posicionada de forma central acima das placas. Para fixação da tela, também foram utilizadas 10 pequenas sobras de MDF em tamanho de 2 cm x 2 cm. Desta forma, têm-se a estrutura pronta para o protótipo de computador.

Considerando que o hardware trabalha com 5 V e 2 A, dando uma potência total na ordem de 10 W; a tela de 9" funciona entre 5 V e 12 V, consumindo também 2 A, resultando uma potência de 24 W. Nesta toada, o protótipo de computador tem uma potência total resultante como a soma das potências destes dois componentes (hardware+tela), resultando numa potência total na ordem de 34 W-35 W (Figura 6).



**Figura 6.** Tela acoplada à estrutura.

### **Módulos fotovoltaicos**

No que tange à etapa construtiva dos módulos fotovoltaicos, estes foram direcionados um sistema do tipo *offgrid*, que é caracterizado por não estarem conectados diretamente à rede elétrica. Este sistema encontra-se comumente em usos mais específicos, abastecendo diretamente os aparelhos que utilizarão a energia.

Os módulos fotovoltaicos utilizados como parte integrante da alimentação do sistema foram elaborados e confeccionados a partir da união de diversas células fotovoltaicas, que são os componentes básicos dos módulos fotovoltaicos capazes de gerar energia elétrica a partir da radiação solar. A partir disso, foram realizadas uma série de etapas construtivas.

A primeira etapa foi a realização da soldagem das células. Esta soldagem é importante para promover a união das células com vistas a conectá-las em um material semicondutor para transferência da energia. Utilizou-se um vidro especial temperado, cujas dimensões foram suficientes para a união de nove células fotovoltaicas. Desta forma, formou-se uma espécie de “caixa de junção”, na qual as células fotovoltaicas são conectadas entre si eletricamente.

Esta estrutura está fixada na parte de trás do módulo fotovoltaico com adesivo de silicone e uma fita dupla-face especial, possuindo outros componentes eletrônicos (como diodos, cabos e conectores) que são utilizados para transferir a energia gerada pelas células fotovoltaicas para a rede elétrica (Figura 7). Por fim, adicionou-se ao redor do

módulo uma moldura feita artesanalmente em alumínio. Esta moldura serve para dar robustez ao módulo fotovoltaico, buscando garantir sua integridade em caso de situações adversas a exemplo das climáticas.



**Figura 7.** Módulos fotovoltaicos posicionados na estrutura. imediações do laboratório do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), 2020.

Foram elaborados quatro painéis fotovoltaicos, com o intento de que os mesmos pudessem ser instalados nas imediações do laboratório do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), local de estudo. Para tanto, ainda foi construída uma estrutura em aço e alumínio para que os mesmos tivessem um local apropriado para serem instalados e posicionados de forma ordenada. Assim, os painéis puderam ser finalmente ser posicionados e instalados em frente ao laboratório.

A despeito de informações técnicas, cada módulo fotovoltaico desenvolvido possui uma tensão de 5 V, cujo conjunto dos quatro módulos totaliza 20 V e produz cerca de 240 W de potência para o sistema. A ligação dos painéis foi feita em paralelo, considerando que este tipo de ligação é convencionalmente mais utilizada para sistemas em pequena e média escala.

A intenção deste tipo de ligação é carregar o banco de baterias com voltagem pequena, como é a utilizada na presente pesquisa, que possui em torno de 12 V-15 V. Como cada painel possui tensão de 5 V, os quatro painéis conseguem atingir facilmente a tensão dos 20 V-24 V, sendo suficientes para alimentar o banco de baterias para que estas possam se manter de forma contínua. Como as correntes se somam, têm-se 5 A x 4 (módulos), com 20 A tensão constante.

### Banco de baterias

Acerca do processo construtivo do banco de baterias utilizado no sistema, partiu-se como intenção a utilização um pack de baterias montado com produtos de origem reciclável ou resíduos que seriam destinados para seu devido tratamento e destinação final, visando dar uma nova utilidade aos mesmos. Muitas vezes uma única bateria não é capaz de fornecer a tensão ou a corrente necessária.

No caso da presente pesquisa, utilizou-se de baterias do tipo *Li-ion* (lítio), que são bastante tradicionais na maioria dos equipamentos eletrônicos modernos. Além da alta capacidade, as características de carga são razoavelmente boas, além de possuírem baixa manutenção, uma vantagem que a maioria das outras não possui. Para ter um melhor aproveitamento destas baterias, nesses casos é necessário montar várias baterias em conjunto. Esses conjuntos de baterias são popularmente conhecidos como “*packs de baterias*”. Packs de baterias são feitos pela combinação de baterias individuais. Através da combinação de várias células, se obtêm capacidades e tensões diferentes. A maioria dos eletrônicos, mas não todos, são capazes de lidar com uma pequena gama de tensões acima ou abaixo de sua tensão nominal.

O início se deu com uma parceria feita junto à Associação dos Catadores de Resíduos Eletrônicos (ACARE), organização que atua na coleta de resíduos eletrônicos na região metropolitana do município, destinou a esta pesquisa de forma voluntária diversas baterias de notebooks. Estas baterias foram recebidas e levadas ao laboratório de tecnologias sustentáveis do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) para uma primeira análise visual e separadas aquelas que ainda poderiam ter algum tipo de utilidade.

As baterias foram abertas para verificação das suas células de carga e foram selecionadas aquelas que, visualmente, eram perceptíveis que apresentavam boas condições de uso. Secundariamente, realizou-se a retirada das células das baterias e sua posterior selagem com o respaldo de que elas precisaram ser seladas uma vez que eventualmente algumas das células ainda podem possuir alguma carga residual, sendo necessário ter o mínimo de contato possível entre si para evitar eventuais curtos circuitos. A posterior, realizou-se a desencapagem das células, etapa grande importância, tendo em vista que nela que foram retiradas todas as capas que envolviam cada uma das baterias, permitindo a realização dos testes de verificação das voltagens. Para verificar quais as células realmente apresentavam melhor carga residual para serem aproveitadas no banco de baterias do sistema, foram realizadas as medições de suas voltagens, tendo em vista que aqui, todas as baterias tiveram os volts de suas cargas medidos com o auxílio de um voltímetro (equipamento para este fim).

Por fim, foram então selecionadas as baterias que apresentavam os melhores índices de voltagem. Após a medição da voltagem de cada uma das baterias, elas foram classificadas em três grupos distintos: As que apresentavam boa carga ainda de uso garantido (entre 3 V-5 V) foram as primeiras a serem selecionadas para montagem do banco de baterias. As baterias intermediárias, que apresentavam carga média de uso e que seriam realizadas novas medições para verificar se realmente serviriam (2 V-3 V) também foram aproveitadas. Considerando que cada bateria possui 5 V, foram escolhidas aquelas que mais se aproximaram deste número.

Entre as etapas de desencapagem e a verificação da voltagem das baterias, realizou-se a projeção virtual do protótipo onde elas seriam fixadas com o intuito de armazenar a energia proveniente do sistema fotovoltaico. Este protótipo tem como composição duas camadas (superior e inferior) de acrílico e plástico soldados com as medições exatas do tamanho e comprimento de cada bateria. Cada protótipo possui a capacidade de armazenar 24 baterias selecionáveis (Figura 8). Foram elaborados dois bancos de baterias com uma voltagem estimada total em aproximados 70 V-75 V cada, a depender da carga residual existente nas células utilizadas.

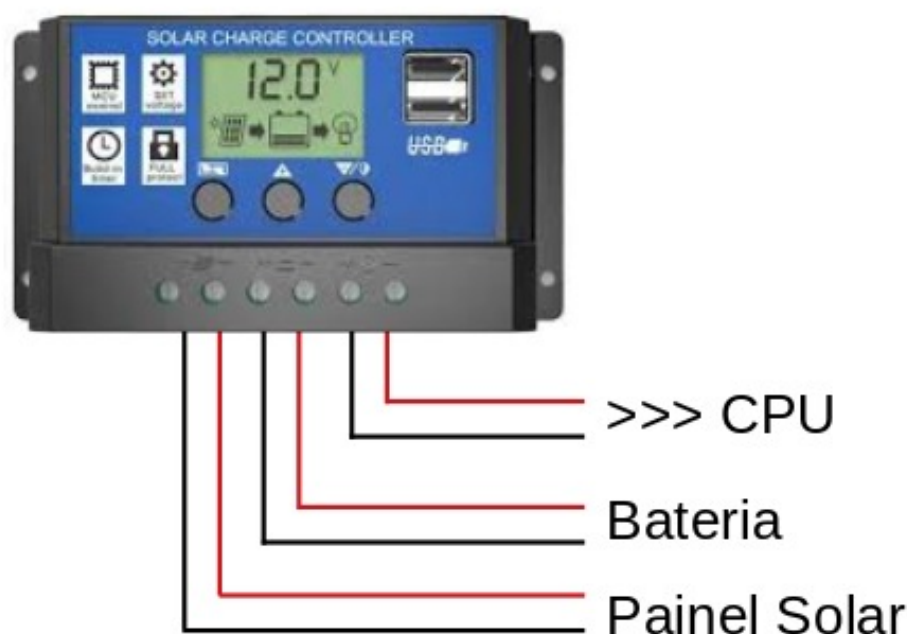
**Figura 8.** Banco de baterias pronto.

#### **Demais componentes do sistema**

Observa-se que este sistema possui peculiaridades uma vez que, por não estarem conectados diretamente à rede elétrica, encontra-se comumente em usos mais específicos, sendo bastante utilizado em locais mais remotos que não possuem ligação com as distribuidoras de energia ou que abasteçam diretamente os aparelhos que utilizarão a energia. Além das placas fotovoltaicas e do banco de baterias, um sistema *offgrid* também é composto por um conjunto de outros componentes com funções específicas, a exemplo do bloco gerador dos painéis solares, estrutura de cabeamento, estrutura de suporte, outros.

Um destes componentes é o controlador de carga. Considerando que o banco de baterias armazena eletricidade advinda dos painéis fotovoltaicos durante o dia, o controlador de carga é o equipamento instalado entre os módulos e as baterias para gerenciar o processo de carga e descarga das baterias, evitando que as mesmas sejam sobrecarregadas ou descarregadas além de limites pré-determinados, aumentando assim sua vida útil. No presente trabalho, o controlador de carga utilizado foi da marca *PWM*, de 30 A, com 240 W de potência, marca *FactoryDirect In*, tipo *Volt BatteryRvBoat* (Figura 9).





**Figura 9.** Controlador de carga utilizado.

### Sistemas e softwares utilizados

Ainda como parte integrante da metodologia adotada, o presente trabalho primeiramente fez uso de duas ferramentas de dados. A primeira destas chama-se *Google Earth Engine*. Esta consiste em uma recente e avançada plataforma de dados online advindas de satélites espalhados pelo globo que enviam em tempo real e armazenam informações das mais diversas naturezas em um amplo catálogo que enbloga imagens de satélites, conjunto de dados geoespaciais, gráficos, dentre vários outros. Nesta ferramenta, também é possível realizar a visualização, manipulação, edição, criação e quantificação dos dados de qualquer ponto da superfície terrestre ou marinha.

Dentro da plataforma, encontra-se o *Earth Engine Stores*, uma espécie de nuvem que possui dados que podem chegar até a trinta anos de história em imagens e conjunto de dados científicos que são atualizados e expandidos quase que instantaneamente. Ele organiza e disponibiliza para usuários públicos, comerciais, bem como para sistemas comerciais ou administrativos, fazendo com que a capacidade de análise e manipulação dos dados de acordo com a necessidade do usuário se torne um benéfico ponto de diferenciação das demais aplicações encontradas na tradicional plataforma já conhecida do Google Earth por exemplo.

Dentro da plataforma do *Google Earth Engine* existe um campo denominado *DATA SETS* (Bases de Dados) onde existe um outro campo de nome *VIEW ALL DATASETS* (ver todas as bases de dados) encontrando-se todos os conjuntos de dados de satélite que podem ser localizados com a inserção ou localização das informações específicas a depender da demanda particular. Para o presente trabalho, a base de dados escolhida foi a *Terraclimate*, criada pela Universidade de Idaho, nos Estados Unidos.

*Terraclimate* é uma base de dados que contempla números referentes a balanço hídrico climático e climático mensal para superfícies terrestres globais no período entre os anos de 1958 e 2015. Estes dados fornecem insumos importantes para estudos em escala

global que exigem alta resolução espacial e dados variáveis no tempo. O banco de dados os classifica nos tipos primários e secundários. Os dados primários estão relacionados a temperatura (máxima-mínima), pressão atmosférica, acúmulo de precipitação, radiação de ondas curtas na superfície e velocidade do vento. Já os dados secundários englobam variáveis derivadas como evapotranspiração, escoamento superficial déficit hídrico climático, umidade do solo, dentre outros.

Objetivando filtrar informações úteis para o desenvolvimento do presente trabalho, três principais tipos de dados foram selecionados. Após a seleção dos tipos de dados, foram selecionados os parâmetros a serem utilizados para análise, que foram: incidência de radiação solar de onda curta (*srad*), temperatura máxima (*tmmx*) e velocidade do vento (*vs*). Os detalhes destes parâmetros se encontram elencados abaixo.

**Tabela 2.** Detalhamento dos parâmetros selecionados na base de dados terraclimate.

Nome	Unidade	Min	Máx	Escala	Descrição
srad	W/m <sup>2</sup>	0*	5477*	0,1	Radiação de ondas curtas
tmmx	°C	-670*	576*	0,1	Temperatura máxima
vs	m/s	0*	2923*	0,01	Velocidade média do vento a 10 m de altura

Fonte: Adaptado de Google Earth Engine (2019).

Os dados relativos aos anos de 2008 a 2018 foram extraídos e processados do mesmo banco de imagens de satélite utilizando linguagem Java Script para a confecção de gráficos no formato Excel. Na Tabela 3 observam-se os trechos do código utilizado na operação de extração dos dados.

**Tabela 3.** Codificação dos parâmetros selecionados na base de dados terraclimate.

Código	Resultado
varWindSurface =ee.ImageCollection(DataBase) .filterDate(StartDate, EndDate) .select('srad')	Campo ' <i>srad</i> ' relacionado a irradiância solar na Latitude e Longitude informados
varWindSurface =ee.ImageCollection(DataBase) .filterDate(StartDate, EndDate) .select('tmmx')	Campo ' <i>tmmx</i> ' relacionado a temperatura na Latitude e Longitude informados
varWindSurface =ee.ImageCollection(DataBase) .filterDate(StartDate, EndDate) .select('vs')	Campo ' <i>vs</i> ' relacionado Velocidade média do vento a 10m de altura na Latitude e Longitude informados

Fonte: Adaptado de Google Earth Engine (2019).

Foram inseridas as coordenadas geográficas de latitude e longitude referentes ao *Campus* da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Ciências da Natureza (CCEN), no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). Após a execução do *script*, o mapa de pixels com o arranjo de cores é

atualizado e acompanham os gráficos com as informações do período requisitado. O arranjo de cores foi modificado propositalmente para gerar gráficos diferentes do arranjo dos parâmetros apenas para a simulação posterior da utilização da energia híbrida.

Desta forma, o script foi executado da mesma maneira para todos os parâmetros. Foram gerados gráficos com os valores referentes aos anos selecionados para análise de dados entre o período de 2008-2018 (dez anos) para verificar o comportamento em valores numéricos dos parâmetros. Estes três parâmetros estão diretamente envolvidos na constatação da análise para verificar em números a quantidade de incidência de radiação solar nas placas fotovoltaicas no que tange ao estudo de previsão da potência do sistema.

Secundariamente, utilizou-se de um software desenvolvido pela Agência UFPB de Inovação Tecnológica (INOVA), que realizou a análise preditiva de todos os dados fornecidos pelas ferramentas listadas (Figura 10). Este software tem por intenção o auxílio na elaboração de gráficos mediante inserção dos demais parâmetros envolvidos na temática (potência, voltagem, etc). Seu funcionamento também depende da obtenção de dados climatológicos para, a partir deles, estimar os referidos dados dos parâmetros a partir de determinada localização geográfica. Com isto, realizou-se a leitura de dados de irradiação solar de ondas curtas (Figura 11) mediante as coordenadas geográficas do PRODEMA/UFPB durante o mesmo período de 10 anos (2008 a 2018) para, a partir das potência média solar, traçar uma estimativa de comportamento anual desta fonte renovável e objetivar a estimativa de uma forma mais próxima da realidade qual a real capacidade de geração de energia elétrica do sistema fotovoltaico.

date	srad	date	srad	date	srad	date	srad	date	srad
01-01-2008	238.0	01-01-2009	241.5	01-01-2010	227.1	01-01-2011	220.4	01-01-2012	231.9
01-02-2008	261.9	01-02-2009	222.2	01-02-2010	229.0	01-02-2011	236.1	01-02-2012	236.2
01-03-2008	205.0	01-03-2009	218.8	01-03-2010	243.9	01-03-2011	233.1	01-03-2012	235.8
01-04-2008	187.2	01-04-2009	178.9	01-04-2010	202.8	01-04-2011	176.5	01-04-2012	224.1
01-05-2008	164.1	01-05-2009	144.1	01-05-2010	191.0	01-05-2011	144.9	01-05-2012	199.9
01-06-2008	165.3	01-06-2009	157.9	01-06-2010	169.7	01-06-2011	148.2	01-06-2012	170.0
01-07-2008	169.5	01-07-2009	168.1	01-07-2010	175.9	01-07-2011	164.0	01-07-2012	185.4
01-08-2008	191.3	01-08-2009	195.0	01-08-2010	202.6	01-08-2011	195.7	01-08-2012	209.4
01-09-2008	232.2	01-09-2009	236.4	01-09-2010	244.0	01-09-2011	238.3	01-09-2012	239.3
01-10-2008	235.3	01-10-2009	261.2	01-10-2010	251.6	01-10-2011	236.5	01-10-2012	244.7
01-11-2008	252.1	01-11-2009	248.6	01-11-2010	262.2	01-11-2011	239.0	01-11-2012	265.3
01-12-2008	261.3	01-12-2009	241.4	01-12-2010	244.0	01-12-2011	252.4	01-12-2012	259.0

date	srad	date	srad	date	srad	date	srad	date	srad
01-01-2013	256.9	01-01-2014	240.6	01-01-2015	256.8	01-01-2016	200.0	01-01-2017	257.0
01-02-2013	255.5	01-02-2014	231.2	01-02-2015	241.9	01-02-2016	230.1	01-02-2017	252.1
01-03-2013	242.9	01-03-2014	222.7	01-03-2015	222.9	01-03-2016	232.3	01-03-2017	226.4
01-04-2013	216.2	01-04-2014	212.6	01-04-2015	235.9	01-04-2016	205.6	01-04-2017	204.6
01-05-2013	186.6	01-05-2014	172.4	01-05-2015	198.3	01-05-2016	170.2	01-05-2017	174.6
01-06-2013	167.4	01-06-2014	168.3	01-06-2015	165.5	01-06-2016	176.1	01-06-2017	156.2
01-07-2013	170.5	01-07-2014	185.1	01-07-2015	174.0	01-07-2016	197.3	01-07-2017	146.8
01-08-2013	198.4	01-08-2014	205.4	01-08-2015	207.3	01-08-2016	215.4	01-08-2017	212.4
01-09-2013	229.8	01-09-2014	225.6	01-09-2015	241.6	01-09-2016	250.0	01-09-2017	231.8
01-10-2013	244.2	01-10-2014	228.9	01-10-2015	255.2	01-10-2016	254.5	01-10-2017	232.0
01-11-2013	235.7	01-11-2014	243.7	01-11-2015	266.8	01-11-2016	252.0	01-11-2017	256.9
01-12-2013	246.0	01-12-2014	241.7	01-12-2015	236.5	01-12-2016	251.5	01-12-2017	246.5

**Figura 10.** Números obtidos a partir do software de modelagem para radiação solar (2008-2018).  
Fonte: Google Earth Engine (2019), adaptado por Duarte Júnior (2020).

Os dados são compilados em uma planilha de cálculos, elaborando-se um arquivo a ser processado pelo software de modelagem (.csv) que, por sua vez, utiliza equações de modelagem que podem até gerar modelos de estimativa mediante outros parâmetros, a exemplo de velocidade dos ventos, para cálculos de viabilidade para uso de energia eólica por exemplo.

## Resultados e discussão

Como resultados qualitativos e quantitativos obtidos, estas permitiram avaliar a eficácia da construção e funcionamento de todo o sistema *offgrid* e da tecnologia ambiental desenvolvida. Do ponto de vista construtivo, os resultados iniciais já puderam ser verificados na apresentação metodológica e durante as etapas de confecção de cada um dos componentes sistemas construídos, incluindo a descrição detalhada de cada um dos equipamentos e das peças que os compõem. A apresentação dos resultados supracitados subsidiou uma breve discussão relativa ao potencial de utilização do sistema *offgrid* desenvolvido, bem como do computador de baixo custo.

Para o estudo acerca da previsão de potência do modelo fotovoltaico (Santos, 2019), tem-se que a relação havida entre tensão e corrente de saída do módulo fotovoltaico pode ser expressa por:

$$I = I_{pv} - I_o \left[ \exp \left( \frac{V + R_s \cdot I}{m \cdot V_t} \right) - 1 \right] - \frac{V + R_s \cdot I}{R_p} \quad (\text{Eq. 01})$$

Onde:

$I_o$  = Corrente de saturação reversa do diodo;

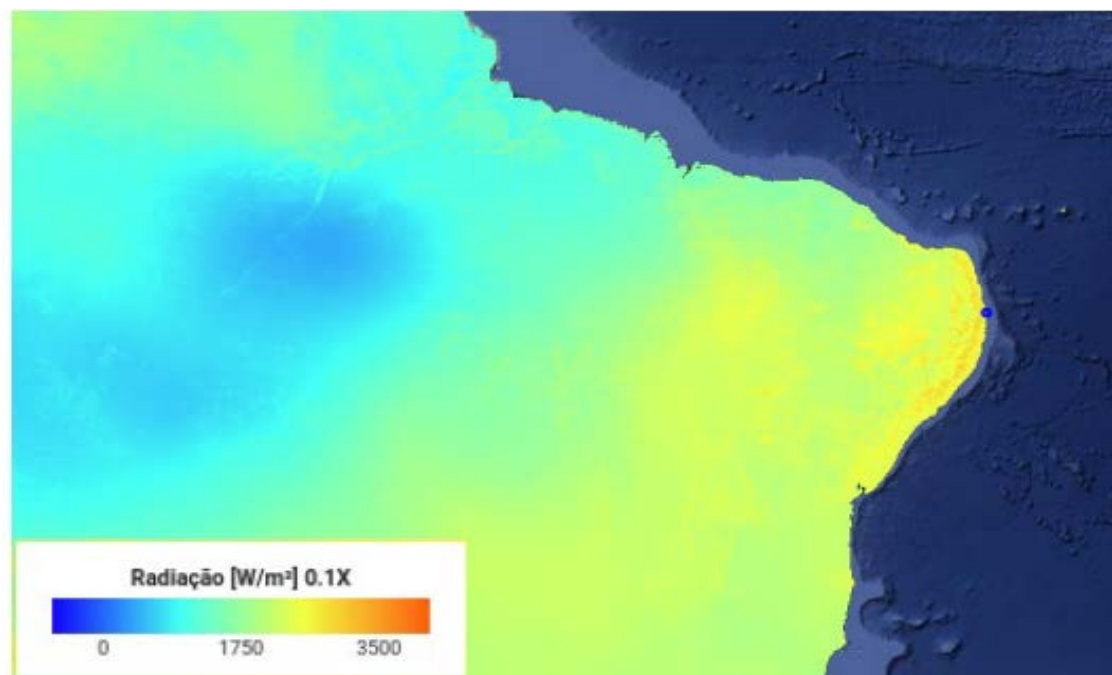
$I_{pv}$  = Corrente fotoelétrica;

$m$  = Constante de idealidade do diodo ( $1,0 \leq 1,5$ );

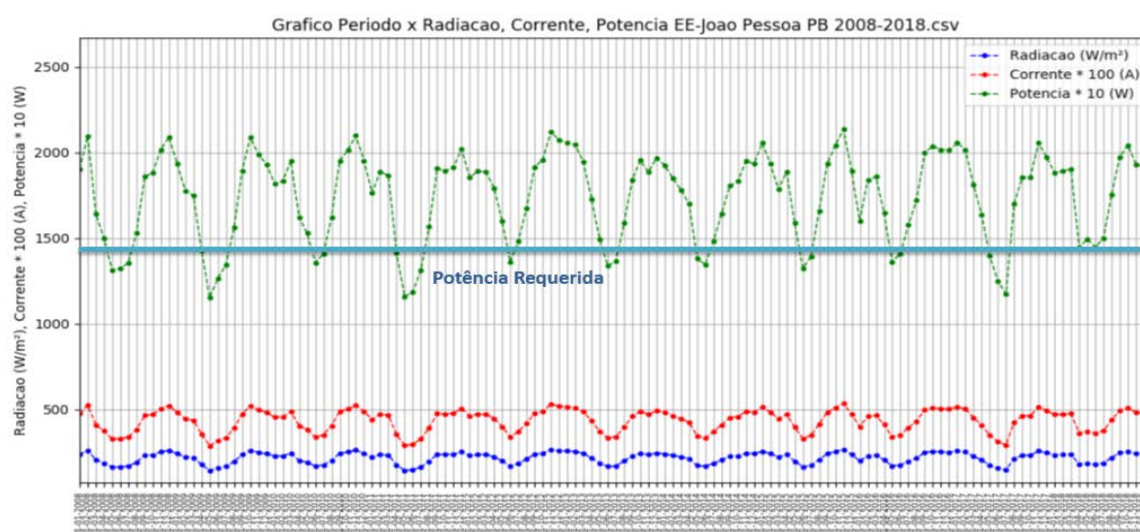
$V_t$  = Tensão térmica do módulo.

Uma vez gerados os dados por da plataforma Google Earth Engine, o software de modelagem coleta as informações sobre radiação solar, submete a equações para encontrar os dados dos demais parâmetros (tensão, corrente, voltagem, potência) que, por sua vez, são submetidos supracitada equação, resultando nos dados de potência. A Figura 11 representa o gráfico ano a ano, de 2008 a 2018 da radiação solar no Município de João Pessoa. A linha pontilhada azul diz respeito à radiação solar ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), a linha pontilhada vermelha, à corrente ( $\times 100 \text{ A}$ ) e a linha pontilhada verde, à potência solar ( $\times 10 \text{ W}$ ). A linha reta azul clara, denominada *Potência requerida*, representa o quantitativo necessitado pelo sistema *offgrid* manter-se funcionando (240-250 W).

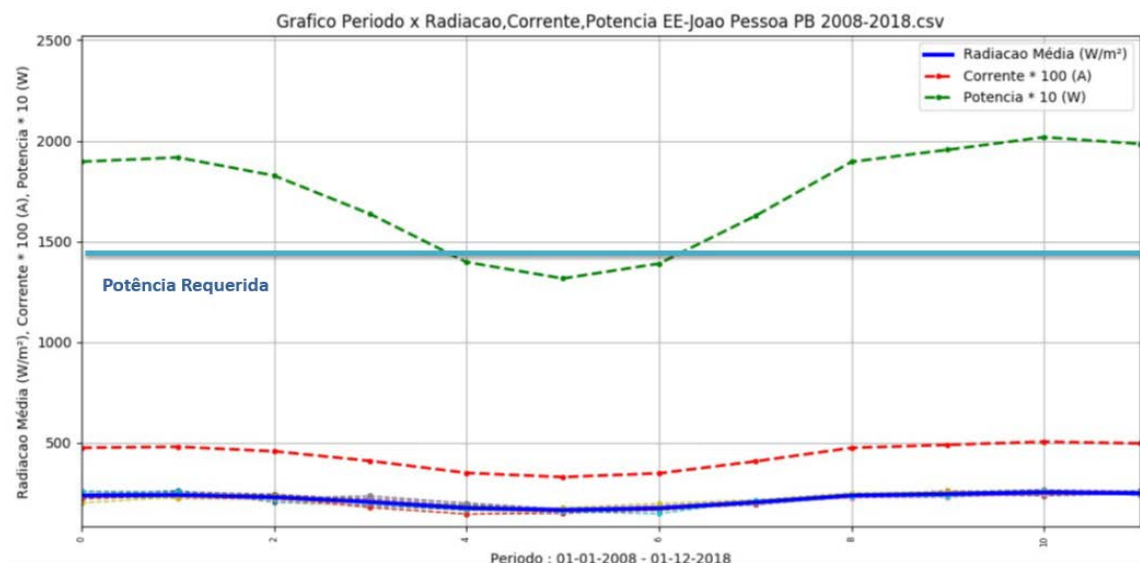
O resultado das análises realizadas a partir de software de modelagem sugere que a geração de energia elétrica por meio de matriz fotovoltaica é factível. A Figura 12 e 13 ilustram o comportamento das médias anuais de radiação (linha pontilhada azul), corrente (linha pontilhada vermelha) e potência solar (linha pontilhada verde), em João Pessoa, considerados dez anos (2008 a 2018).



**Figura 11.** Mapa de radiação e dados da radiação local do Município de João Pessoa-PB (2008-2018). Fonte: Google Earth Engine (2019), adaptado por Duarte Júnior (2020).



**Figura 12.** Período x radiação, corrente e potência, João Pessoa-PB, de 2008 a 2018. Fonte: Software de Modelagem, adaptado por Duarte Júnior (2020).



**Figura 13.** Período x radiação, corrente e potência, João Pessoa-PB, de 2008 a 2018. Fonte: Software de Modelagem, adaptado por Duarte Júnior (2020).

Acerca do computador de baixo custo desenvolvido, considerando que seu hardware trabalha com 5 V e 2 A, dando uma potência total na ordem de 10 W. A tela de 9" funciona entre 5 V e 12 V consumindo também 2 A, resultando uma potência de 24 W. Nesta toada, o protótipo de computador tem uma potência total resultante como a soma das potências destes dois componentes (hardware+tela), resultando numa potência total na ordem de 34 W-35 W.

Considerando, por fim, que o sistema fotovoltaico desenvolvido está na ordem entre 240-250 W, observa-se de forma cristalina que o computador de baixo custo (potência total 34-35 W) e mediante os gráficos obtidos pelas plataformas, consegue-se ter uma confirmativa de estimativas que o computador de baixo custo consegue funcionar em sua plenitude ao longo de qualquer período do ano.

## Considerações finais

Mediante ao que foi exposto durante a elaboração da presente pesquisa, pode-se concluir que foi possível elaborar uma proposta de criação tanto de um sistema *offgrid*, quanto de um computador de baixo custo.

Todo o processo de construção do sistema desenvolvido bem como a utilização de softwares de modelagem e obtenção de dados numéricos foram importantíssimos para atestar sua real viabilidade. Inicialmente, o presente estudo permitiu concluir que a proposta de um computador de baixo custo adaptado a um sistema *offgrid* também de baixo custo adaptado à energia solar tem claros indícios de sucesso, considerando que o mesmo possui parâmetros envolvidos na temática (potência, corrente, tensão, voltagem, etc) muito mais baixos do que os estimados a partir dos softwares de modelagem numérica. Portanto, conclui-se que seu funcionamento é apto de forma plena em qualquer período do ano. Ou seja, o sistema desenvolvido atende de forma satisfatória a esta demanda de uso do computador de baixo custo.

Secundariamente, torna-se essencial a sua disseminação em diversos segmentos sociais, sendo tal fato de extrema relevância, pois pode se tratar de um diferencial para o apelo de mercado concorrente e consumidor, assim como também pode promover uma



melhoria na qualidade social e acadêmica referentes aos serviços que podem ser construídos e aproveitados com a otimização dos produtos finais já desenvolvidos. Neste aspecto, recomenda-se sempre do ponto de vista prático a busca de profissionais técnicos e especialistas na área para se atentar a fatores como dimensionamento e instalação dos equipamentos da forma correta, a depender de cada demanda específica.

### Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

### Referências

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2018.
- Bezerra, F. D. Energia Eólica gera riquezas no nordeste. **Caderno Setorial ETENE**, v. 3, n. 40, p. 3, 2018.
- Bezerra, F. D. Nordeste: futuro promissor para energia solar. **Caderno Setorial ETENE**, v. 3, n. 31, p. 1-17, 2016.
- Dias, C. T. C. Energia solar no Brasil. **Revista InterScientia**, v. 5, n. 1, p. 153-165, 2017.
- Duarte Júnior, E. A. **Proposta de uso de fonte de energia híbrida fotovoltaica-eólica como forma de otimização do aproveitamento energético sustentável na iluminação de órgãos públicos**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2020. (Dissertação de mestrado).
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Resenha mensal do mercado de energia elétrica de 2017. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/BalancoEnergetico-Nacional-2017>>. Acesso em: 22 maio 2018.
- Furtado, M. C. **Avaliação das oportunidades de comercialização de novas fontes de energias renováveis no Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2010. (Dissertação de mestrado).
- Google Earth Engine. 2019. Disponível em: <<https://earthengine.google.com/>>. Acesso em: 22 maio 2020.
- Hinrichs, R. A.; Kleinbach, M.; Reis, L. B. **Energia e meio ambiente**. 5. ed. São Paulo; Cengage Learning, 2014.
- IEA - Internacional Energy Agency. Snapshot of global photovoltaic markets. 2018. Disponível em: <[http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS\\_-\\_A\\_Snapshot\\_of\\_Global\\_PV\\_-\\_1992-2017.pdf](http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2017.pdf)>. Acesso em: 26 dez. 2018.
- Lima, R. A. A produção de energias renováveis e o desenvolvimento sustentável: uma análise no cenário da mudança do clima. **Revista Direito E-nergia**, v. 5, n. 4, 2012.
- Lopes, M. C.; Taques, F. H. **O desafio da energia sustentável no Brasil**. São Paulo: Centro Universitário do SENAC, 2014.
- Maia, R. S. **Energia solar: o desenvolvimento de um novo mercado**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018. (Projeto de curso de graduação).
- MME - Ministério de Minas e Energia. **Energia no Mundo: indicadores de matrizes energéticas e matrizes elétricas**. Brasília: MME, 2017.

- Nascimento, R. L. **Energia solar no Brasil: situação e perspectivas**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2017.
- Pereira, E. B.; Martins, F. R.; Abreu, S. L.; Rüther, R. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 2006.
- Pereira, E. B.; Martins, F. R.; Gonçalves, A. R.; Costa, R. S.; Lima, F. J. L.; Rüther, R.; Abreu, S. L.; Tiepolo, G. M.; Pereira, S. V.; Souza, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2016.
- Pereira, E. B.; Martins, F. R.; Gonçalves, A. R.; Costa, R. S.; Lima, F. J. L.; Rüther, R.; Abreu, S. L.; Tiepolo, G. M.; Pereira, S. V.; Souza, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017.
- Reis, L. B. **Geração de energia elétrica: tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade**. São Paulo: Manole, 2003.
- Reis, L. B.; Fadigas, E. A. F.; Carvalho, C. E. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2012.
- Santos, M. O. **Estudo da produção energética de um sistema de energia híbrida eólico fotovoltaico utilizando modelos de previsão de potência a partir de dados de imageamento geoespacial da *Earth Engine Platform***. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2019. (Dissertação de mestrado).
- Torres, R. C. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2012. (Dissertação de mestrado).
- Wanderley, A. C. F. **Perspectivas de inserção da energia solar fotovoltaica na geração de energia elétrica no Rio Grande do Norte**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013. (Dissertação de mestrado).



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.