

# DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA MONITORAMENTO REMOTO DE BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO

## PROTOTYPE DEVELOPMENT FOR REMOTE MONITORING OF LEAD-ACID BATTERIES

Antônio Paulo França de Almeida

apfa@discente.ifpe.edu.br

João Alisson Tavares Pereira

jatp@discente.ifpe.edu.br

Prof. Bruno Albuquerque Dias

bruno.dias@pesqueira.ifpe.edu.br

---

### RESUMO

O aquecimento global e as pressões sociais e governamentais estão induzindo no setor industrial uma transição energética movida pela necessidade de reduzir o impacto ambiental, sendo a implementação de fontes de energias mais limpas, como as renováveis, um dos principais eixos de transformação. Contudo, a adoção de fontes renováveis impacta diretamente o sistema elétrico, que não foi construído considerando a intermitência dessas fontes. Assim, sistemas de armazenamento de energia podem ser utilizados para garantir a estabilidade e continuidade do sistema elétrico. Por consequência, o armazenamento de energias através de baterias apresenta grandes perspectivas de demanda. No entanto, o uso das baterias em condições desfavoráveis, como padrões de cargas elevados, temperatura ambiente elevada e também possíveis furtos, pode ocasionar grandes prejuízos financeiros, logo, o monitoramento se torna essencial para a viabilidade econômica de um sistema de armazenamento de energia em baterias (BESS, do inglês *Battery Energy Storage System*). Sendo assim, este trabalho teve como objetivo a construção de um protótipo de monitoramento dos parâmetros elétricos básicos e localização de baterias em tempo real, enviando estas informações para a plataforma de dados online, Ubidots, via conexão Wi-Fi, possibilitando o desenvolvimento de uma interface digital para expor estes dados. O protótipo desenvolvido é capaz de mensurar e enviar dados de tensão, corrente, temperatura e coordenadas geográficas de uma bateria sem a

necessidade de desligar o sistema e sem intervenção humana, disponibilizando as informações em uma interface digital, em tempo real, personalizável e de fácil entendimento, podendo ser utilizado como base para o desenvolvimento de um Sistema de Gerenciamento de Baterias (BMS, *do inglês Battery Management System*) mais robusto em futuras pesquisas.

Palavras-chave: Baterias. Chumbo-ácido. Internet das Coisas. Monitoramento.

## ABSTRACT

*Global warming and social and government pressures are inducing an energetic transition on industry sector, powered by a need to reduce environment impacts, where the implementation of cleanest energy sources, as the renewable sources, is one of the main transformation axis. However, choice of this sources directly impacts on Electrical System, that wasn't built considering their intermittence. Thus, storage systems can be used to assure the Electrical System stability and continuous operation. Therefore, electrical storage by batteries presents great demand prospects. Though, the use of these batteries under unfavorable conditions, such as strong charging pattern, high ambience temperatures and stealing possibilities, can cause great financial losses, then, these conditions monitoring become essential to the economic viability of Battery Electrical Storage Systems (BESS). Hence, this paper aimed the building of a monitoring prototype to measure battery's basic electrical parameters and its geographic location in real time, sending this information to an online platform, Ubidots, by Wi-Fi connection, enabling a digital interface development for displaying these data. The developed prototype can measure and send battery's data of voltage, current, temperature and geographical coordinates with the system in work and without human intervention, making available these information online, in real time, in a customizable and easy to understand digital interface, and can be used as basis to develop a sturdier Battery Management System (BMS) in future researches.*

*Keywords: Batteries. Lead-acid. Internet of Things. Monitoring.*

---

## 1 INTRODUÇÃO

O setor industrial tecnológico está passando pela maior transformação dos últimos 100 anos, causada, principalmente, pela inserção da Tecnologia da Informação (TI) nos processos: esta é a 4ª Revolução Industrial. As transformações são notadas da geração à produção com a automação de processos e armazenamento de dados referentes às operações, tudo isso devido as tecnologias como os sistemas ciberfísicos (CPS, *do inglês Cyber-physical systems*) – combinação de processos físicos e códigos computacionais com função de coordenar sistemas físicos em tempo

real –, internet das coisas (IoT, *do inglês Internet of Things*) – conexão de objetos em larga escala à internet – ligando máquinas, objetos e pessoas, e o *Cloud Computing* – processamento e armazenamento de dados na nuvem. Toda essa transformação proporciona oportunidades de inovação que podem ser agrupadas em duas grandes tendências: descarbonização e digitalização. (ALBERTO et al., 2018; CHAGAS, 2007; SOARES, 2019).

Essa evolução também traz como consequência a necessidade de um fornecimento constante e ininterrupto de energia – temos máquinas operando por mais tempo. Neste cenário, o uso de sistemas de armazenamento de energia é essencial, auxiliando o sistema com rápida inserção ou absorção de picos de energia, em caso de acréscimo ou decréscimo, respectivamente, da demanda. Existem diversas tecnologias que permitem este armazenamento, como hidrelétricas reversíveis, ar comprimido, baterias, entre outros, todos estes podendo ser aplicados na geração, transmissão, distribuição ou junto à carga. Um fator importante para escolha da tecnologia utilizada no sistema de armazenamento é a densidade de energia, que indica o volume ocupado pelo sistema, e baterias são um exemplo de dispositivo bastante empregado em equipamentos de emergência ou reserva de energia, pois, por possuir diversas tecnologias, oferecem soluções que se encaixam em todo o percurso da energia elétrica. (ANDRADE, 2014; IBRAHIM; BEGUENANE; MERABET, 2012; MARCOLIN, 2021).

Dentre os possíveis cenários para o futuro das tecnologias de baterias, o mais plausível indica um mercado dominado por duas tecnologias âncora: lítio e chumbo-ácido, sendo esta segunda o foco deste trabalho por vantagens de custo, além de que as baterias de chumbo-ácido continuam relevantes em aplicações clássicas, como sistemas de backup ou arranque automotivo.

Apesar dessas promissoras perspectivas para eletrificação industrial, as tecnologias envolvidas neste processo precisam se adaptar às peculiaridades ambientais e culturais do nosso país, onde se observam dois grandes problemas quanto à eletrificação: morte súbita das baterias devido à elevada temperatura e furto. Estes problemas acarretam prejuízos visto que as atividades são paralisadas, equipes de manutenção são acionadas e a imagem da empresa é deteriorada. Em virtude disto, a modelagem de um sistema de gerenciamento e monitoramento contínuo dos dados das baterias torna-se indispensável e são essenciais para a otimização da vida útil, pois a incerteza associada a esse fator além de possíveis furtos geram custos adicionais, pois a bateria poderia ser trocada com antecedência ou resgatada (FREITAS, 2020).

Assim, visto a crescente demanda por tecnologias que propiciem o monitoramento e gerenciamento de baterias em tempo real e sem o desligamento do sistema, aplicada à tecnologia de chumbo-ácido, este trabalho tem como objetivo desenvolver protótipo de BMS que possibilite analisar os níveis de tensão, corrente e temperatura, bem como geolocalização, das baterias de forma remota. Para isto, primeiro deve-se verificar quais são os parâmetros chave do monitoramento, bem como as ferramentas necessárias para realizar as medições, em seguida definir o banco de dados a ser utilizado, posteriormente definir os protocolos de comunicação entre cada etapa para então desenvolver um circuito e sua programação e elaborar a interface para o usuário.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

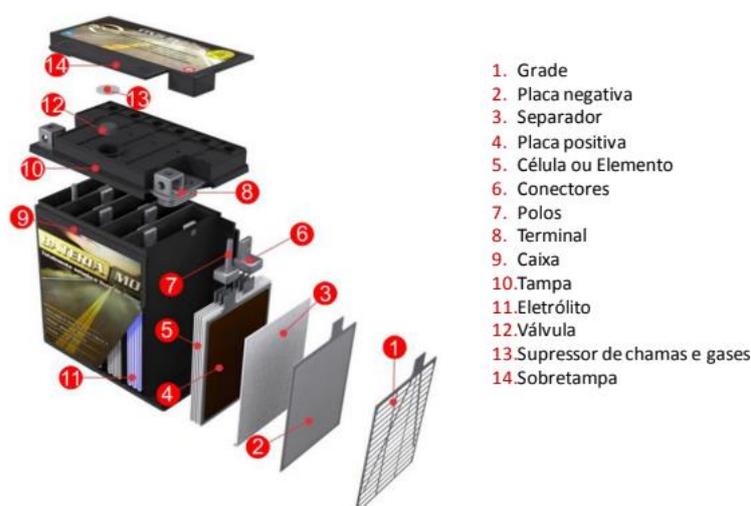
Neste tópico são abordados aspectos básicos para o entendimento do monitoramento de baterias de chumbo-ácido, como sua composição, os principais fatores que influenciam sua eficiência e vida útil, o monitoramento contínuo e os blocos que compõem os sistemas de aquisição e transmissão de dados.

### 2.1 Baterias de chumbo-ácido

As baterias de chumbo-ácido apresentam a característica pouco usual de envolver em ambos os eletrodos o mesmo elemento químico: o chumbo. Nas reações internas, durante a descarga, ácido sulfúrico é consumido e água é produzida, causando uma variação na densidade do eletrólito. A densidade é, então, um indicativo do estado de carga da bateria (SOC, *do inglês State of Charge*) (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).

O modelo convencional das baterias de chumbo ácido apresenta seis células de 2 V e cada célula é formada por um conjunto de eletrodos na forma de placas de polaridades opostas intercaladas entre si. Os eletrodos são grades de chumbo recobertas por uma massa ativa composta, principalmente, de ácido sulfúrico e óxido de chumbo. Na composição das placas podem ainda conter fuligem para auxiliar na reação de redução, no caso das placas negativas, ou fibras que auxiliam na oxidação devido à sua absorção de água, no caso das placas positivas. A capacidade da célula é proporcional à massa ativa dos eletrodos. Nominalmente, 9 g da massa positiva e 8 g da massa negativa equivalem a 1 Ah. Devido à diferença de polaridade, não pode haver contato entre as placas dentro da célula, porém, devem ficar o mais próximo possível umas das outras para reduzir a resistência interna da bateria. Para isto, são utilizados separadores, atualmente feitos de polietileno poroso. A disposição desses componentes é vista na figura 1. (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000; CARNEIRO et al., 2017).

Figura 1 – Componentes básicos de uma bateria de chumbo-ácido



Fonte: Carneiro *et al.* (2017)

## 2.2 Fatores determinantes na vida útil da bateria

Os principais fatores que influenciam na eficiência e vida útil das baterias de chumbo-ácido são: a temperatura do eletrólito, a profundidade de descarga, as sobrecorrentes de descarga e o método de carga.

Na química, a temperatura influencia na velocidade de reações. Em baixas temperaturas há uma redução na atividade química no interior da bateria, enquanto em altas temperaturas há a aceleração das reações culminando na acumulação de sulfatos, causando um crescimento e afastamento das placas da bateria, que acarreta a elevação da resistência interna e, conseqüentemente, da temperatura e das perdas por efeito joule. Este afastamento está relacionado ao aspecto construtivo que influencia na resistência interna, quanto mais próximas às placas, menor a resistência interna, fator determinante no seu desempenho e conseqüentemente, na sua vida útil - a resistência interna é, então, um indicativo do estado de saúde (SOH, *do inglês State of Health*) da bateria. Uma variação de 10 °C pode até duplicar a taxa de autodescarga, processo natural da bateria que depende da resistência interna, que em condições de temperatura próximas a 25 °C pode representar de 2 a 5% ao mês. Outro fator que pode elevar esta taxa de autodescarga é a acumulação de umidade na superfície do acumulador, fechando o circuito externo (CARNEIRO et al., 2017; DIAS; KARASINSKI, 2003; SOUZA, 2017).

A profundidade de descarga é um parâmetro medido em percentual da carga retirada da bateria numa determinada descarga. Em baterias de chumbo-ácido, isto pode ser relacionado à tensão, pois elas apresentam uma queda de tensão gradual durante a descarga, com um rápido declive ao fim desta. A tensão de fim de descarga recomendada para esta tecnologia é de 1,75 V por célula – 10,5 V por bateria, caso em que a profundidade de descarga é de 80%, após isto, diz-se que está em descarga profunda. O ideal para uma bateria deste tipo é uma profundidade de descarga usual em torno de 10% a 20%, situação em que a bateria consegue atingir 2000 ciclos de vida útil. Quando a profundidade de descarga é elevada a 40%, a bateria terá uma vida útil de apenas 600 ciclos. Desta forma, esta tecnologia de baterias tem a vida útil afetada quando submetidas a sucessivas descargas profundas, pois estruturas cristalinas se formam em seus terminais. Outro fator que afeta a eficiência das baterias de chumbo-ácido são os padrões de carga e descarga, visto que quanto maior for a corrente de descarga, maiores serão as perdas devido à resistência interna, que acarretam a elevação de temperatura, devido ao efeito joule, e diminuindo a vida útil da bateria (CARNEIRO et al., 2017; RAMPINELLI; PEREIRA, 2017).

Quanto ao padrão de carga, o tempo para uma bateria de chumbo-ácido é de 12 a 16 horas. Diferentes métodos de carga buscam otimizar o tempo e a qualidade da carga na bateria, variando a tensão ou a corrente durante o processo. É crítico o ajuste correto do limite de tensão da célula durante o carregamento: a bateria precisa estar carregada completamente para evitar sulfatação na placa negativa, mas não pode estar supersaturada, situação em que ocorre corrosão na grade da placa positiva.

## 2.3 Monitoramento contínuo

Para garantir a correta condição operativa e a vida útil de uma bateria, ou um banco de baterias, de chumbo-ácido, é necessário monitorar sua tensão, corrente e temperatura. Quanto mais frequente o monitoramento desses parâmetros, melhores

são as tomadas de decisão sobre como operar o sistema, atuando com manutenção preventiva ao invés da corretiva.

A utilização de um dispositivo de internet das coisas (IoT) para realizar este monitoramento permite acompanhar as condições, SOC e SOH, do sistema em tempo real, possibilitando o uso de manutenções preditivas - antecipação e tratamento dos problemas potenciais das máquinas - sem a necessidade de paralisar o funcionamento do sistema de armazenamento.

### **2.3.1 Dispositivo de IoT - sistema de aquisição e transmissão de dados**

O dispositivo de IoT é um sistema capaz de mensurar e monitorar variáveis para um bom gerenciamento do estado operacional das baterias. Para isto, este sistema deve ser capaz de medir em tempo real estes parâmetros do ativo e disponibilizar os dados em um computador pessoal, onde uma interface gráfica os mostrará ao usuário. Esta comunicação entre o aparelho e o computador será feita através de um protocolo de comunicação sem fio. O protótipo é, então, dividido entre aquisição e transmissão de dados.

A aquisição de dados é feita por sensores e condicionadores de sinal. Os sensores são dispositivos que respondem a um estímulo físico ou químico de uma maneira específica, podendo relacionar este estímulo a uma outra grandeza por meio de sinais, analógicos ou digitais, para fins de medição, enquanto o conversor analógico digital transforma estes resultados, quando analógicos, em sinais digitais, disponibilizando na saída os parâmetros a serem monitorados. (FONSÊCA, 2015).

A transmissão de dados é composta por um microcontrolador, um circuito integrado que reúne um núcleo de processador, memórias voláteis e não voláteis e diversos periféricos de entrada e de saída de dados - ou seja, é um computador capaz de realizar tarefas de maneira muito eficaz sob um tamanho altamente compacto. Este componente recebe os parâmetros mensurados pelos sensores do sistema de aquisição e transmite via protocolo de comunicação sem fio para um servidor online, onde é montada a interface digital para análise do funcionamento do sistema de armazenamento. (CARDOSO, 2020).

### **2.3.2 ESP32**

É um microcontrolador desenvolvido pela empresa Espressif que se apresenta como um meio inovador no desenvolvimento de projetos automatizados. Tem como principais características os módulos de comunicação Wi-Fi e Bluetooth integrados em um robusto processador projetado com um modelo que pode ser *single* ou *dual-core* de 32-bit, além de apresentar uma capacidade de armazenamento bem maior que outros microcontroladores consagrados (SANTOS; LARA JR., 2019).

O desenvolvimento com este microcontrolador é relativamente simples, visto que a programação é escrita no padrão comum da linguagem C, podendo ser utilizado a plataforma IDE Arduino, também de uso simplificado por existirem inúmeras bibliotecas.

Por ter módulo de Wi-Fi integrado, esta placa facilita o uso de protocolos sem fio, como o MQTT (do inglês *Message Queuing Telemetry Transport*), utilizado neste

protótipo para comunicação entre o hardware e o Ubidots, plataforma online onde foi montada a interface digital.

### 2.3.3 Message Queuing Telemetry Transport – MQTT

O MQTT é um protocolo wireless dedicado à comunicação entre máquinas (M2M, do inglês *Machine to Machine*), baseado na comunicação entre cliente e servidor. Os clientes são a rede de dispositivos conectados e podem atuar em postagens (*publish*) e recebimento (*subscriber*) de dados; e o servidor é chamado de *Broker*, responsável por administrar os dados a serem recebidos e enviados, fazendo o intermédio entre o *publisher* e o *subscriber*.

O *Publisher* é o dispositivo que se conecta ao servidor para enviar informações. O *Subscriber* é o dispositivo que se conecta e escolhe as informações a receber. Já o *Broker* é o servidor e faz a intermediação entre o *Publisher* e *Subscriber*, ele recebe e organiza as mensagens do *Publisher* e envia para o *Subscriber*. Uma característica importante do MQTT é que um *Client* pode ser *Publisher* e *Subscriber* ao mesmo tempo. As mensagens são organizadas em tópicos, desta forma o *Publisher* deve informar o tópico da mensagem que ele está enviando. Da mesma maneira, o *Subscriber* se inscreve em um ou mais tópicos (YUAN, 2017).

### 2.3.4 Ubidots

O Ubidots é um serviço que permite conectar hardware e software para monitorar, controlar dispositivos e automatizar processos remotamente. Nele temos um ambiente que permite monitorar sensores e exibir valores coletados em um painel visual - um *dashboard*. As informações enviadas ao Ubidots via MQTT devem ser do tipo json, um formato que armazena informações estruturadas em forma de texto. O Ubidots possui um MQTT *broker* para quebrar e separar os diferentes dados vindos de placas que estão transmitindo via MQTT.

Os *widgets* são componentes visuais que podem ser adicionados no *dashboard* do Ubidots, com o objetivo de representar de forma visual os valores registrados pela variável. Os valores são registrados em função do tempo, ou seja, cada valor é armazenado tendo como chave o momento onde houve alguma mudança. O *dashboard* pode ser configurado de acordo com a preferência do usuário, utilizando os diversos modelos de *widgets* existentes, (UBIDOTS, 2022).

A plataforma disponibiliza um envio de dados para a nuvem a partir de qualquer dispositivo conectado à internet, sendo possível configurar ações e 43 alertas a partir de dados em tempo real, além de possíveis modificações nos valores por meio de uma interface visual. Esses dados têm segurança por meio de duas replicações, armazenamento criptografado e suporte de dados opcional (UBIDOTS, 2022).

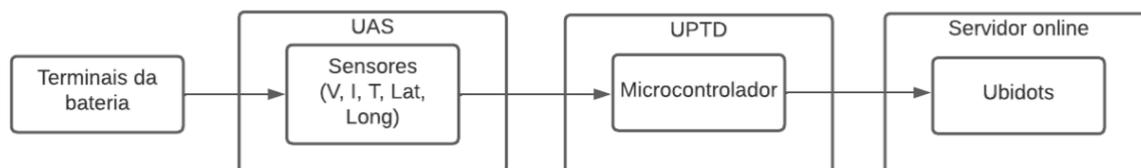
## 3 METODOLOGIA

Esse capítulo trata da apresentação do material e dos métodos utilizados para desenvolver o protótipo proposto, que é modulado em duas unidades: unidade de aquisição de sinais (UAS) e unidade de processamento e transmissão de dados (UPTD), além da configuração do *dashboard* no Ubidots.

Os módulos mencionados são compostos por conversores, sensores e microcontroladores que, de forma integrada, são responsáveis por fazer a aquisição e processamento dos dados e estabelecer um protocolo de comunicação wireless para enviar estes dados ao banco online.

De forma ilustrativa, a topologia do protótipo foi desenvolvida de acordo com a exposta na Figura 2.

Figura 2 - Topologia do protótipo desenvolvido



Fonte: Autoria própria (2022)

As unidades mencionadas se relacionam de modo a fazer com que o circuito monitore a bateria durante a descarga, conforme apresentado na Figura 2. Cada bloco apresentado será esclarecido posteriormente.

Com este aparelho foram realizadas sucessivas descargas de baterias com diferentes estados de saúde, previamente conhecidos, para composição de um banco de dados de referência para validação do sistema.

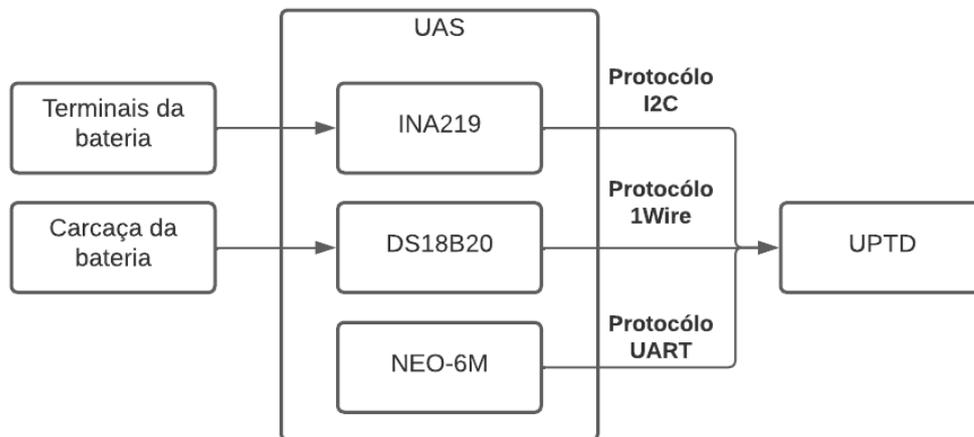
### 3.1 Unidade de Aquisição e Processamento de Dados

A unidade é baseada em sensores de sinais digitais capazes de mensurar os parâmetros da bateria a serem monitorados, que são:

- Tensão;
- Corrente;
- Potência da carga;
- Temperatura;
- Localização geográfica;

Os sensores escolhidos foram o INA219, que mensura tensão, corrente e potência da carga, o Dallas DS18B20, que mensura a temperatura e o Neo-6M-0-001, um módulo GPS que determina a localização. A topologia desta unidade do sistema é ilustrada na Figura 3.

Figura 3 - Topologia da UAS

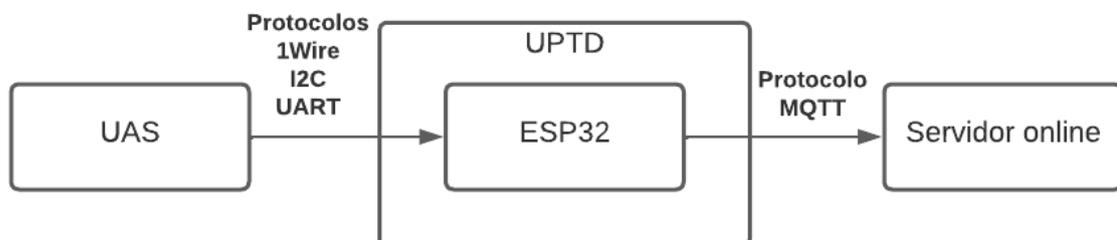


Fonte: Autoria própria (2022)

### 3.2 Unidade de Processamento e Transmissão de Dados

O ESP32 compõe a UPTD, responsável por receber os dados provenientes da UAS e processá-los para enviar ao banco de dados online. A UPTD pode ser ilustrada conforme a topologia apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Topologia da UPTD



Fonte: Autoria própria (2022)

### 3.3 Configuração do Ubidots

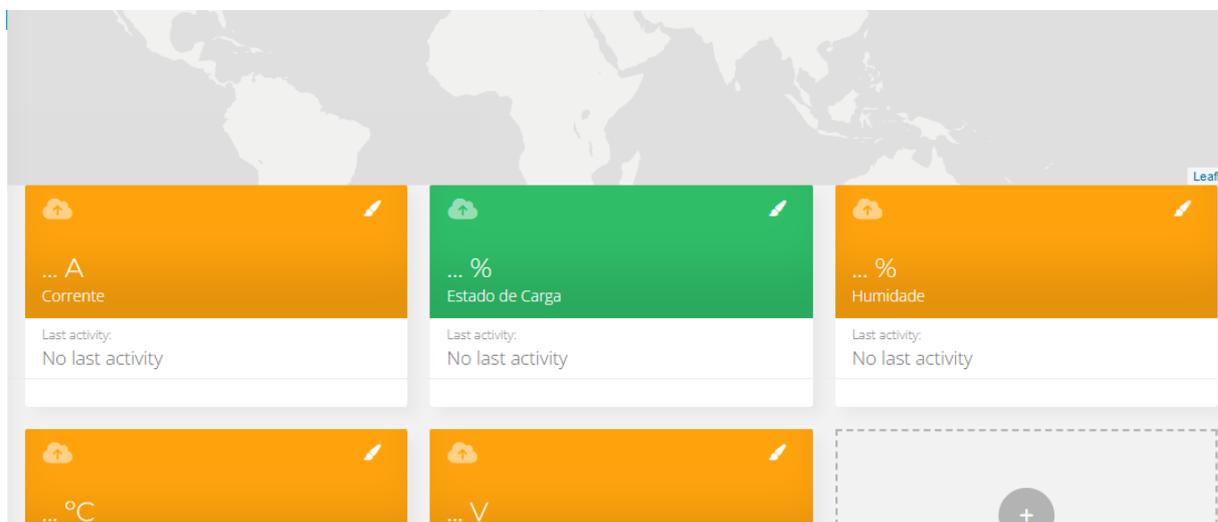
Para utilizar o Ubidots primeiro deve-se criar um perfil no servidor - com email, senha e estágio de projeto -, para em seguida acessarmos as ferramentas da plataforma. Em seguida é criado um dispositivo definindo seu nome e rótulo, ou label, que será utilizado na programação do MQTT. Após criado o dispositivo, será atribuída uma ID além da label definida - estas informações juntamente com um *token* atribuído ao perfil são utilizadas para endereçar as mensagens do MQTT ao broker do servidor.

A seguir, deve-se criar variáveis dentro do dispositivo para que o broker saiba onde armazenar cada informação contida no arquivo json recebido - a cada variável é vinculada uma *label*.

A figura 5 apresenta a visão da interface do Ubidots onde o usuário pode criar as variáveis dos dispositivos e acompanhar os últimos valores atribuídos às mesmas,

bem como acompanhar com um mapa a localização do dispositivo, se dotado de georreferenciamento.

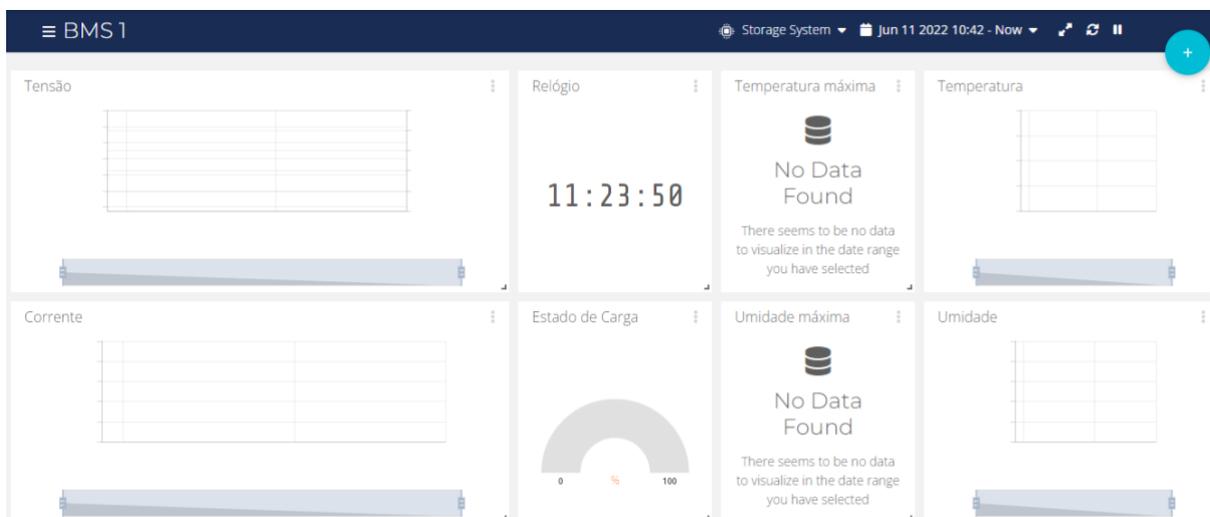
Figura 5 - Tela de configuração do Ubidots



Fonte: Autoria própria (2022)

Após feito este procedimento, é possível então personalizar o *dashboard* para acompanhar os parâmetros em tempo real com diferentes modelos de *widgets*, cada um vinculado a uma das variáveis criadas no dispositivo, conforme mostra a figura 6:

Figura 6 - Dashboard personalizado no Ubidots



Fonte: Autoria própria (2022)

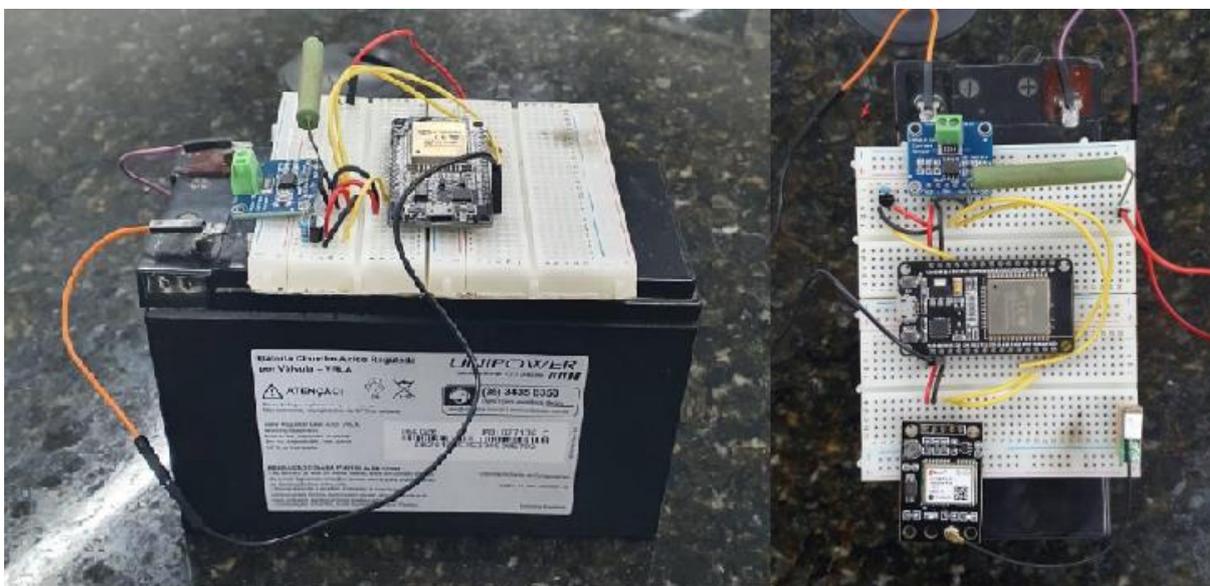
Após a criação da topologia necessária para as medições dos parâmetros das baterias e a implementação de protocolos de comunicação para envio de dados, também foi iniciado os testes no servidor Ubidots. No próximo capítulo abordará os resultados obtidos das medições e as interfaces gráficas criadas no Ubidots.

## 4 RESULTADOS E ANÁLISE

#### 4.1 Protótipo Desenvolvido

O protótipo desenvolvido no laboratório do IFPE, utilizando os componentes necessários para realizar as medições de tensão, corrente, temperatura e localização em tempo real pode ser observado na figura 7.

Figura 7 - Protótipo desenvolvido

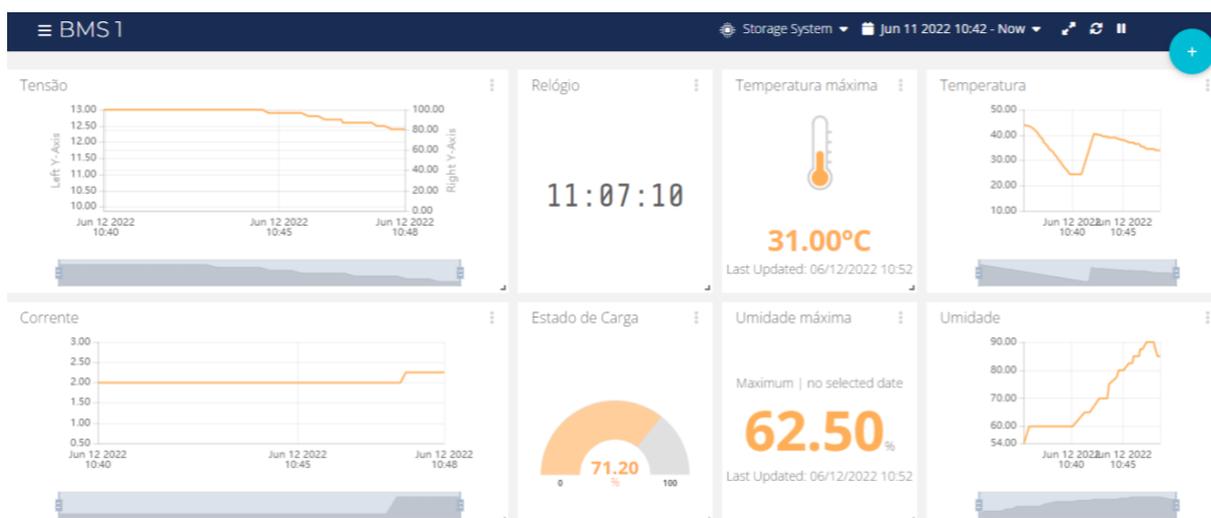


Fonte: Autoria própria (2022)

#### 4.2 Dashboard

Com o protótipo operando, os valores mensurados são enviados pelo microcontrolador ao broker do Ubidots. Ao armazenar estes valores nas respectivas variáveis, o *dashboard* é atualizado para mostrar graficamente as informações, conforme exposto na figura 8, onde vemos os *widgets* mostrando gráficos com histórico de tensão, corrente, temperatura e umidade, outros mostrando umidade e temperatura máxima dentro de um dado intervalo, além da hora e estimativa do estado de carga.

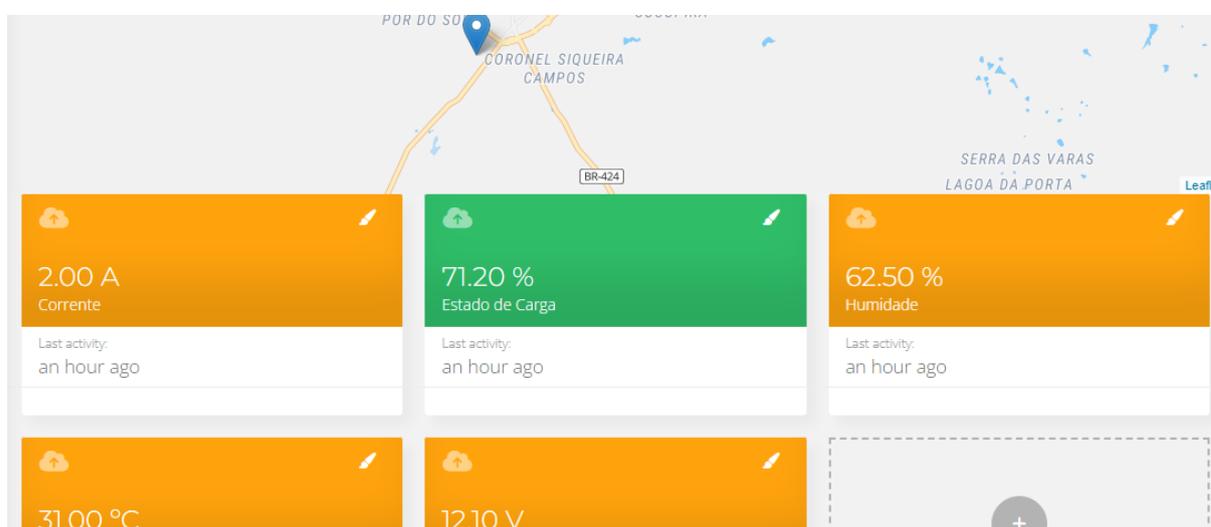
Figura 8 - Valores mensurados dispostos graficamente no dashboard personalizado



Fonte: Autoria própria (2022)

Na figura 9 vemos a mesma interface mostrada na figura 6, porém agora mostrando os últimos valores atribuídos às variáveis criadas e, logo acima, um mapa mostrando a localização do dispositivo de acordo com as coordenadas geográficas fornecidas pelo módulo GPS utilizado no protótipo.

Figura 9 - Variáveis criadas no Ubidots e visualização da localização geográfica do aparelho



Fonte: Autoria própria (2022)

A seguir, explicaremos a importância de cada elemento do *dashboard* criado.

#### 4.2.1 Tensão x Corrente

Na figura 10 tem-se um recorte do *dashboard* mostrando os gráficos de tensão e corrente do sistema.

Figura 10 - Gráficos de tensão e de corrente do dashboard



Fonte: Autoria própria (2022)

Constata-se que ao longo do tempo a tensão da bateria vai sendo reduzida enquanto sua corrente continua praticamente constante - este é um dos métodos de descarga, onde a corrente depende da potência solicitada pela carga.

#### 4.2.2 Estado de Carga

A figura 11 mostra o elemento do *dashboard* que expõe a variação do estado de carga.

Figura 11 - Widget de estado de carga



Fonte: Autoria própria (2022)

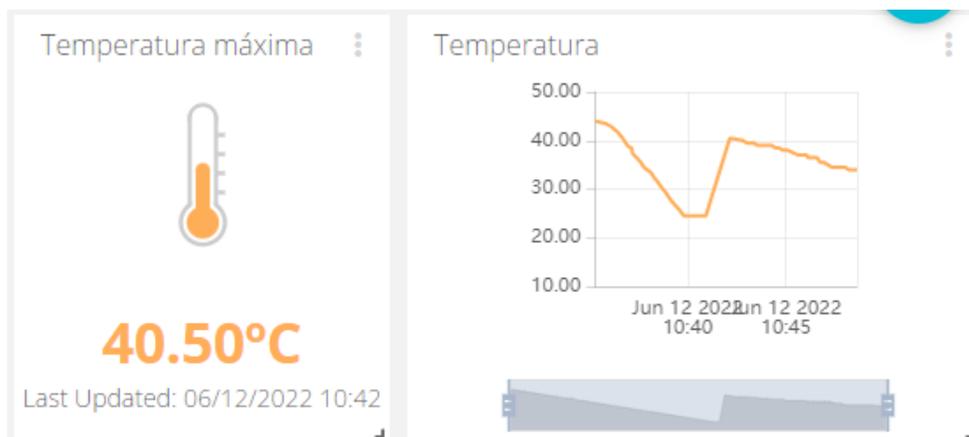
Um dos métodos para estimar o estado de carga da bateria é a tensão de circuito aberto - medida pelo protótipo conforme apresentado no gráfico do tópico anterior. A variável *Estado de Carga* foi criada no Ubidots para calcular o SOC de acordo com o valor de tensão recebido pelo sensor do protótipo e demonstrar na interface de forma

simples este importante parâmetro. A partir dele é possível criar alertas de descarga profunda e sinalização de necessidade de carga.

### 4.2.3 Temperatura

A figura abaixo detalha o modelo de *widgets* criado para a temperatura.

Figura 12 - Acompanhamento de temperatura ambiente



Fonte: Autoria própria (2022)

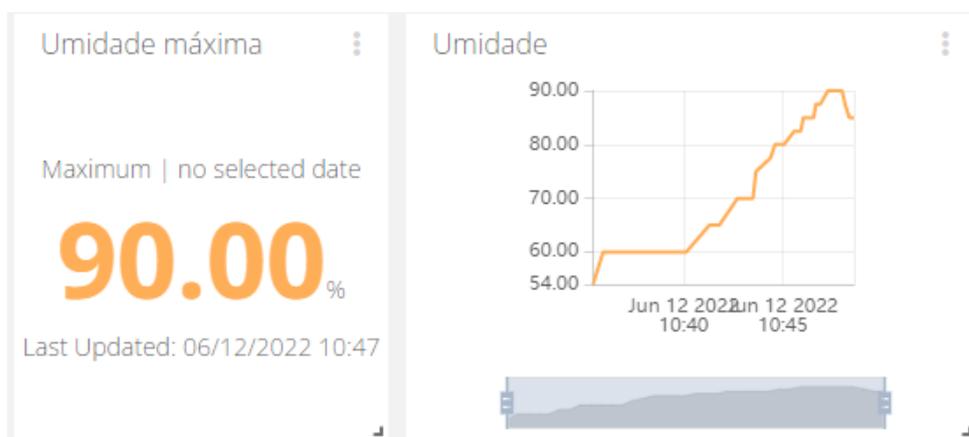
Foram criados *widgets* para acompanhar a variação da temperatura ambiente, um gráfico que indica esta variação ao longo do tempo e um termômetro que indica a maior temperatura registrada nos últimos 30 minutos.

Estas ferramentas podem ser utilizadas para gerar alertas de necessidade de resfriamento, por exemplo, para evitar que temperaturas extremas causem danos graves aos bancos.

### 4.2.4 Umidade relativa

No recorte da figura 13 vemos os *widgets* de acompanhamento da variação da umidade relativa do ar, semelhantes aos de temperatura - um gráfico que indica esta variação ao longo do tempo e um indicador que mostra o maior percentual registrado nos últimos 30 minutos. Estas ferramentas também podem ser utilizadas para gerar alertas de controle e manutenção, visando evitar o acúmulo de umidade nas baterias.

Figura 13 - Acompanhamento da umidade relativa do ar.



Fonte: Autoria própria (2022)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Trabalho propunha desenvolver um protótipo capaz de realizar medições dos parâmetros básicos das baterias de chumbo-ácido, a fim de determinar um estado de carga em tempo real como também a sua localização exata. Foram realizadas medições em algumas baterias de estados de saúde diferentes, para comparação de dados e estimação de estado de carga. Para melhor visualização de dados foi criada uma interface gráfica na plataforma Ubidots.

Conclui-se, então, que o protótipo desenvolvido é funcional e capaz de monitorar os parâmetros básicos de um sistema de armazenamento de energia – tensão, corrente, temperatura e localização geográfica –, podendo ser utilizado como base para o desenvolvimento de um BMS mais robusto em pesquisas futuras. A interface digital para monitoramento em tempo real foi, também, validada conforme mostrado, tendo em vista um potencial para ser utilizada no produto futuro a ser desenvolvido.

## REFERÊNCIAS

- ALBERTO, A. et al. INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E OPORTUNIDADES. Revista Produção e Desenvolvimento, v. 4, p. p.111-124, 2018.
- ANDRADE, F. L. M. Sistema de carregamento de bateria de baixo custo baseado no conversor buck e no método de carga two-step constant voltage implementado na plataforma arduino. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2014.
- BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. PILHAS E BATERIAS: FUNCIONAMENTO E IMPACTO AMBIENTAL. Química Nova na Escola, v. 11, n. 3, 2000.
- CARNEIRO, R. L. et al. ASPECTOS ESSENCIAIS DAS BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO E PRINCÍPIOS FÍSICO-QUÍMICOS E TERMODINÂMICOS DO SEU FUNCIONAMENTO. Virtual Química, Bauru, v. 9, n. 3, p. 889-911, junho 2017.
- CHAGAS, M. W. P. NOVAS TECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO. IEP/LACTEC. Curitiba. 2007.
- FONSÊCA, N. S. S. M. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS PARA MONITORAMENTO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2015.
- IBRAHIM, H.; BEGUENANE, R.; MERABET, A. TECHNICAL AND FINANCIAL BENEFITS OF ELECTRICAL ENERGY STORAGE. 2012 IEEE Electrical Power and Energy Conference. Londres: IEEE. 2012. p. 86-91.
- MARCOLIN, G. A. MODELAGEM DE BANCOS DE BATERIAS PARA UTILIZAÇÃO EM DISPOSITIVOS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA EM SISTEMAS ELÉTRICOS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2021.
- RAMPINELLI, G. A.; PEREIRA, T. Q. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO MICROCONTROLADO PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO DE BANCOS DE BATERIAS. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 6, n. 4, p. 824-844, 2017.
- SANTOS, J. W.; LARA JR., R. C. D. SISTEMA DE AUTOMATIZAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO CONTROLADO PELO MICROCONTROLADOR ESP32 E MONITORADO VIA SMARTPHONE. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2019.
- SOARES, G. M. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA CIBER-FÍSICO COM A PLATAFORMA. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul. 2019.
- SOUZA, C. C. D. N. ANÁLISE DE SISTEMA ELETROQUÍMICO CHUMBO-ÁCIDO VIA MODELAGEM ENTRÓPICA. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2017.
- U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. ENERGY STORAGE MARKET REPORT. [S.I.], p. 20-23. 2020.
- KOYANAGI, Fernando. Introdução ao protocolo MQTT com Ubidots – ESP32. Fernando K, 2018. Disponível em: <<https://www.fernandok.com/2018/11/introducao-ao-protocolo-mqtt-com.html>> Acesso em: 01 maio. 2022.

Michael Yuan. Getting to know MQTT. 2017. Disponível em: <<https://developer.ibm.com/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>> Acesso em: 02 de maio de 2022.

Estudo Estratégico, Mercado de Armazenamento (Aplicações, Tecnologias e Análises Financeiras). 2021.

CARDOSO, Matheus. O que é um Microcontrolador?. IEEE RAS UFCG, 2020. Disponível em: <<https://edu.ieee.org/br-ufcgras/o-que-e-um-microcontrolador/>> Acesso em: 07 de junho de 2022.