



CL Engineering



Programa de Pós-Graduação
em Ciência da Computação



Lasid

Dispositivo IoT projetado para monitoramento do volume de GLP nos tanques estacionários horizontais de 500L a 8000L e na obtenção de dados como temperatura, umidade relativa e pressão barométrica referente ao ambiente da central de GLP



prêmio GLP

DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

2023

PROJETOS DE INSTALAÇÕES

AUTORES

4M Engenharia

Cristian M. Macedo, diretoria@4msengenharia.com, (85) 3103 - 0002

Raul M. Martins, diretoria@4msengenharia.com, (85) 9 9634 – 7238

CL Engineering

Luciana O. Pimentel, clengineering@outlook.com.br, (85) 3022 – 8080

Universidade Estadual do Ceará – UECE

Marcos Camargo L. Filho, marcos.camargo@aluno.uece.br, (85) 9 8827 - 7788

Marcial Porto Fernandez, marcial.fernandez@uece.br, (85) 3101 - 9776

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------|----|
| 1. Histórico..... | 03 |
| 1.1 4M Engenharia..... | 03 |
| 1.2 CL Engineering..... | 03 |
| 1.3 PPGCC / LASID..... | 03 |
| 2. Oportunidades..... | 04 |
| 2.1 Objetivos..... | 04 |
| 2.2 Metas..... | 04 |
| 2.3 Estratégia..... | 04 |
| 3. Métodos e Desenvolvimento..... | 05 |
| 3.1 Métodos..... | 05 |
| 3.2 Desenvolvimento..... | 05 |
| 4. Resultados..... | 16 |
| 5. Conclusão..... | 20 |
| 5.1 Próximos passos..... | 20 |

1. HISTÓRICO

1.1 4M Engenharia

Fundada com foco na prestação de serviço de inspeções mecânicas e elétricas, projetos, laudos, atividades de responsabilidade técnica conforme normas NR-10, NR-12, NR-13, NR-18, NR-20 e NR-35, além de manutenções preventivas e corretivas de equipamentos GLP e da construção civil.

Desenvolve projetos e montagens de centrais GLP com recipientes transportáveis abastecidos no local e com tanques estacionários horizontais e verticais, além de equipamentos relacionados.

Opera com locações de equipamentos diversos para construção, execução de montagem de andaimes fachadeiros, andaimes suspensos, montagem de proteções coletivas e Linha de Vida.

Conta com um corpo técnico de Engenheiros Mecânicos, Engenheiros Eletricistas, Engenheiros de Segurança do Trabalho, Técnicos e Montadores capacitados e qualificados.

1.2 CL Engineering

Atuante no mercado cearense com consultorias técnicas para instalações GLP, avaliação de empreendimentos com medição individualizada, inspeções normativas como NR-13 e NR-20, emissão de parecer e laudos, consultoria em segurança do trabalho, desenvolvimento e implementação de aplicações para automação e otimização de sistemas, treinamentos corporativos e público geral.

1.3 Pós-Graduação em Ciência da Computação - PPGCC

Laboratório de Sistemas Digitais - LASID

No campus do Itaperi, em Fortaleza/CE, o principal campus da UECE (Universidade Estadual do Ceará), está sediado o Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, PPGCC.

O PPGCC tem como objetivo formar Docentes e Pesquisadores na área de Computação e Informática capazes de aplicar consistentemente o conhecimento científico no desenvolvimento de novas tecnologias que atendam demandas emergentes da sociedade, contribuindo para o desenvolvimento de um polo tecnológico na Região.

Inserido nesse contexto, está o Laboratório de Sistemas Digitais, LASID, que proporciona oportunidade de estudo, pesquisa e desenvolvimento em redes distribuídas, paralelas, mineração de dados, dispositivos com IA, dispositivos para internet das coisas (IoT), aplicativos ao GLP, GN, Hidrogênio, monitoramento de ambiente, entre outras.

2. OPORTUNIDADES

Preencher uma lacuna no mercado, concentramos nossos esforços nas centrais de GLP com recipientes estacionários. Nosso foco é fornecer soluções de monitoramento IoT em uma área que não conta com sistemas dedicados, permitindo que as distribuidoras de GLP invistam em soluções mais econômica se comparadas as importadas e utilizadas atualmente mercado nacional.

2.1 Objetivos

Desenvolver dispositivo IoT capaz de:

- Monitorar o volume de GLP em tanques estacionários horizontais de 500L a 8000L;
- Monitorar o ambiente da central de GLP com relação a temperatura, umidade relativa e pressão barométrica;
- Utilizar sensor próprio sem necessidade de importação / utilização de sensores de terceiros para obtenção de dados do volume dos tanques;
- Possibilitar a comunicação Wi-Fi do dispositivo com a rede local, eliminando a necessidade de chip GSM ou M2M para dados;
- Permitir o monitoramento do volume de GLP sem necessidade de acessar a área interna da central de GLP, mais segurança operacional;
- Fomentar o interesse das empresas distribuidoras de GLP para tecnologias acessíveis para monitoramento de suas centrais de GLP.

2.2 Metas

Alcançar de maneira eficaz e positiva os objetivos estabelecidos, resultando na criação de um dispositivo IoT projetado para produção em larga escala e destinado às empresas distribuidoras de GLP. Além disso, nossa intenção é destacar no mercado a importância do monitoramento remoto, permitindo a obtenção de informações cruciais, como os picos de consumo do cliente e o volume de armazenamento, que, por sua vez, aprimoram a roteirização e a eficiência dos caminhões de abastecimento (*Bobtails*).

2.3 Estratégia

Empregando hardware de código aberto, visamos abordar a falta de equipamentos adequados neste mercado. Nossa busca se concentra em desenvolver uma solução baseada em dispositivos IoT simples, que seja de baixo custo de produção e que permita o monitoramento preciso dos volumes dos tanques estacionários, proporcionando maior segurança às distribuidoras de GLP. Além disso, esse sistema IoT também viabilizará o monitoramento das condições de temperatura, umidade relativa e pressão barométrica no local de instalação.

3. MÉTODOS E DESENVOLVIMENTO

3.1 Métodos

Será desenvolvido um protótipo como modelo piloto, utilizando algoritmo em C++ ou MicroPython para tratamento dos dados obtidos dos sensores e os enviando para um servidor de dados que possibilitará as empresas distribuidoras de GLP, ou seus clientes, a visualização instantânea dos dados mensurados em campo.

De acordo com a norma ABNT NBR 14024, o recipiente de armazenagem de GLP deve estar abastecido com um volume situado entre 0% e 85% de sua capacidade nominal. Portanto, o equipamento foi configurado para realizar leituras em uma faixa que abrange de 0% a 100%. Isso possibilita a identificação de situações de sobre enchimento, risco de operação decorrente do arraste de líquido e a determinação do percentual mínimo necessário para garantir a vaporização natural dos tanques, a fim de atender às especificações do projeto em que estão instalados.

3.2 Desenvolvimento

A solução baseia-se na comunicação wireless com o protocolo Wi-Fi onde o dispositivo irá acessar a rede do cliente da distribuidora de GLP, como se fosse um celular qualquer conectado à rede local. Em locais remotos onde não exista essa possibilidade, poderá ser avaliado por uma equipe técnica a utilização de sinal GPRS, GSM, LTE, 5G, LoRa, Sigfox, entre outros, porém o foco desse projeto são as redes Wi-Fi difundidas em praticamente todo território nacional.

Para execução foram empregados diversos softwares, incluindo a IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) Arduino, Terminal Wi-Fi, Rhinoceros 3D e Slicerprint.

Além disso, utilizou-se uma ampla variedade de ferramentas eletrônicas, elétricas e mecânicas, como notebooks, smartphones, conexões de internet em banda larga, furadeiras, micro retíficas, multímetros, equipamentos de soldagem com eletrodo revestido e estanho, ferros de solda, sugadores, sopradores de ar quente, serras elétricas, componentes eletrônicos como módulos e placas, fontes externas, entre outros recursos.

O protótipo necessita de uma “caixa de dados” e “case do sensor”, ambos idealizados inicialmente com impressão 3D por filamento do tipo PLA, uso de componentes eletrônicos diversificados, cabo AWG, conectores Ex e unidade de processamento.

A idealização da caixa de dados, cerebro do dispositivo, desse projeto IoT, é responsável pelo recebimento dos dados de sensores e processamento, aqui está também a parte elétrica, além de componentes eletrônicos e conectores.

O projeto foi realizado utilizando a software Rhinoceros 3D e o protótipo será impresso em 3D com precisão de 0.1 mm.

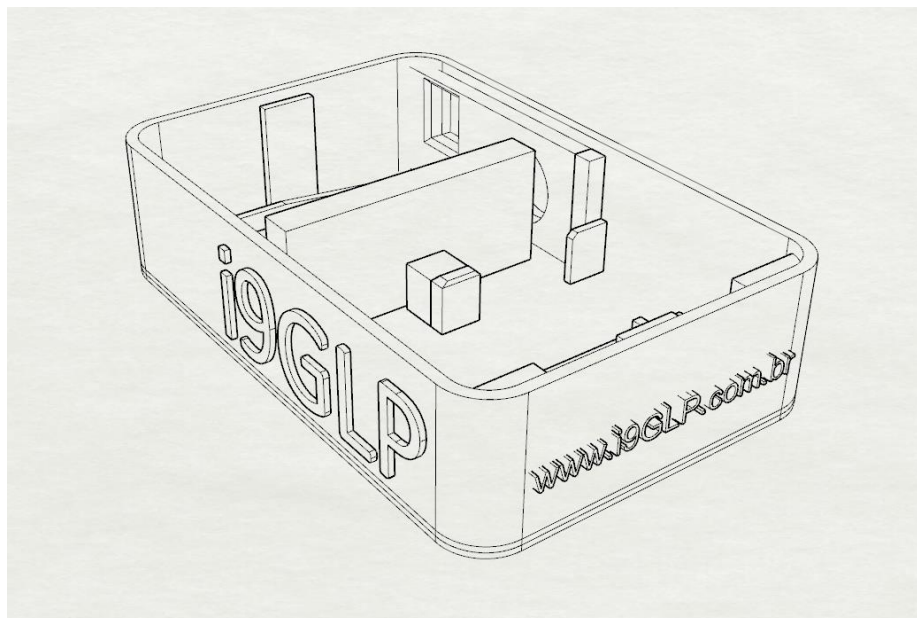


Figura 1 – Caixa de dados (unidade de processamento)

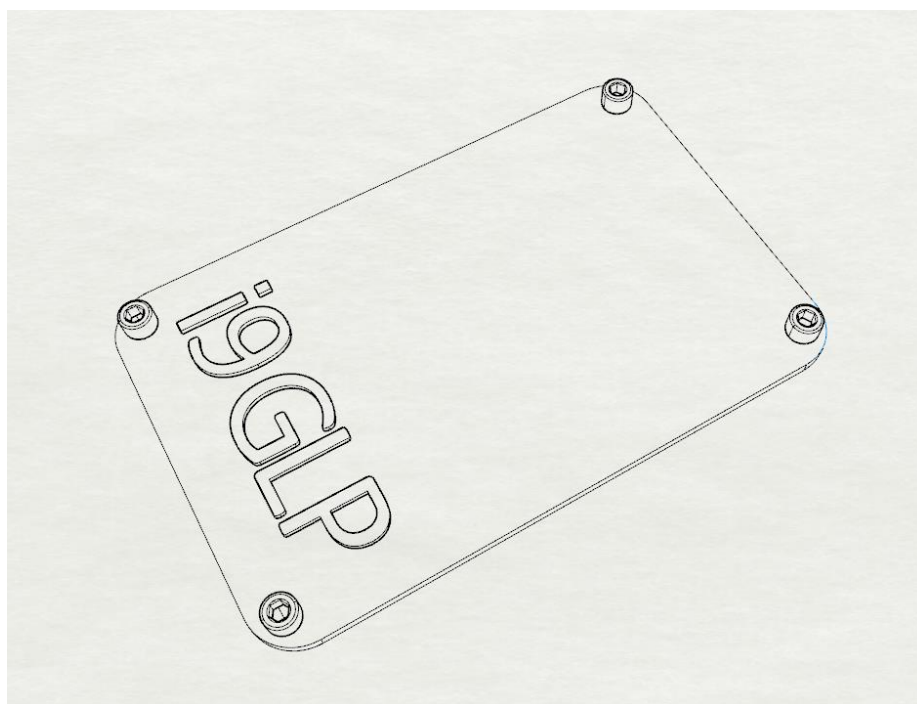


Figura 2 – Projeto inicial da tampa da caixa de dados (unidade de processamento)

Condições do dispositivo IoT projetado para monitoramento do volume de GLP nos tanques estacionários horizontais de 500L a 8000L e na obtenção de dados como temperatura, umidade relativa e pressão barométrica referente ao ambiente da central de GLP, sendo parte de uma gama de soluções a serem disponibilizadas ao mercado da indústria de GLP com foco nas empresas distribuidoras de GLP granel.

Estrutura de elementos:

| Sensoriamento | Comunicação | Hardware | Software | Sistema |
|---|-----------------|----------|-------------|------------|
| Sensor magnético | Cabo de dados | Arduino | C++ | Portal Web |
| Sensor de temperatura, umidade relativa e pressão barométrica | Protocolo Wi-Fi | ESP | MicroPython | App |

Tabela 1 - Elementos do dispositivo IoT

Justificativas sobre essa definição:

| Sensores | Cabo e Wi-Fi | ESP | Programação | Portal Web |
|--|--|---|--|--|
| Devido ao GLP ser inflamável, o medidor volumétrico possui imã que gera campo magnético que pode ser mensurado sem a necessidade de contato do visor de medição com fluido | Comunicação segura, utilizando cabo blindado com conexões EX para coleta de dados do sensor e posterior comunicação ao servidor pelo protocolo Wi-Fi | Hardware difundido mundialmente, baixo custo, compacto, possui embarcado processador, memória ram e consome pouca energia | Linguagem de programação muito utilizada, fácil obter, criar ou gerenciar bibliotecas, possibilita utilização do terminal IDE do Arduino que serve também para compilar os dados e carregados na rom ESP | Portal Web simplificado e intuitivo, podendo ser acessado de qualquer gadget como tablets, smartphones ou computador, pois com estrutura responsiva, adequa-se a qualquer tipo de tela |

Tabela 2 - Justificativa de escolha dos elementos do dispositivo IoT

Com intuito de “acomodar” o sensor, de forma a fixá-lo, no visor do magnetron, considerou-se o de maior circulação entre os recipientes existentes das distribuidoras de GLP, também muito utilizado por fabricantes como *Worthington Industries*, *Lito Gonella* e *Sica* que geralmente disponibilizam os magnetrons da empresa *Rochester Sensors*.

O dispositivo IoT proposto aqui já vem com o sensor, algumas empresas utilizam da própria Rochester, como uma solução diferenciada nessa proposta do projeto.

Para correto funcionamento, os visores devem possuir o *Remote Ready Dial* que já é um acoplamento no visor magnético, figura 3, dos tanques, conhecido também como R3D.



Figura 3 – Visor Jr. R3D (Rochester)

Não há necessidade de alteração no magnetron original se esse for compatível ou similar ao modelo acima, conforme exemplificado na figura 4, obtida e adaptado do site da empresa Rochester.

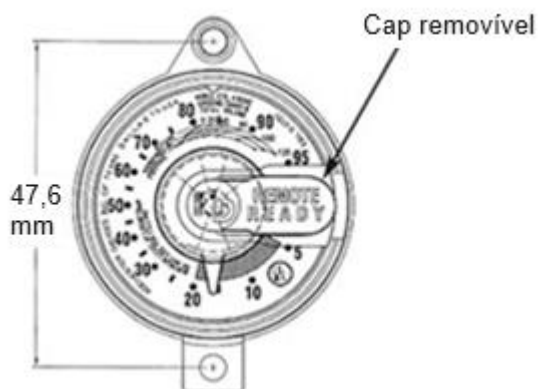


Figura 4 – Ilustração do visor Jr. e indicação do ponto de remoção do R3D

Para manter o sensor magnético fixo ao magnetron do recipiente, foi necessário o desenvolvimento de um case que pudesse encaixar nessa abertura do R3D do visor, figura 4. Dessa forma permitir que o sensor possa realizar leituras do campo magnético a fim de gerar dados que são enviados pelo cabo AWG para caixa de dados para processamento e tratamento, com algoritmo, e na sequência os envia pela rede Wi-Fi para o servidor, esses dados podem ser visualizados de qualquer localidade via plataforma Web do i9GLP.

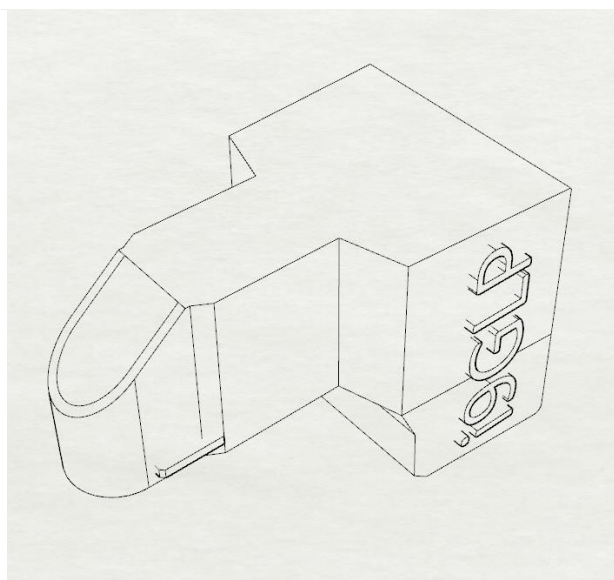


Figura 5 – Case do sensor em vista isométrica

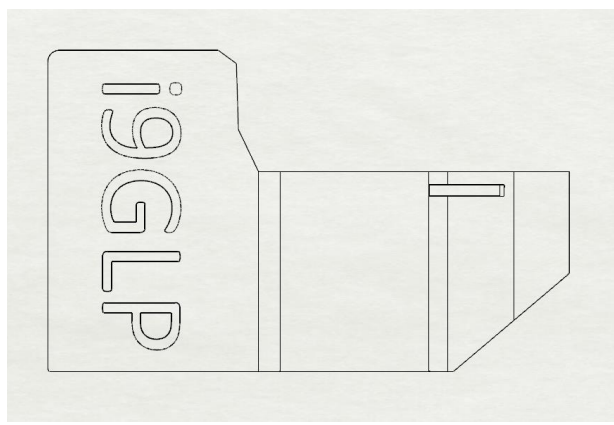


Figura 6 – Case do sensor em vista lateral

Após definição da concepção do case para o sensor magnético, realizou-se a impressão 3D por extrusão, a fim de testar os encaixes e possibilidade de materiais para o modelo de protótipo, sendo confeccionado sensores em PLA premium e PLA simples.

Para uso no protótipo, o material extrudado em PLA Premium apresentou melhor resultado, tanto visual quanto na resistência ao manuseio, dessa forma foi adotado seu uso para confecção dos cases do sensor e caixa de dados.



Figura 7 – Case do sensor confeccionado em PLA simples e PLA premium

A figura 8 demonstra um teste de fixação do case do sensor conectado ao visor Rochester Jr. R3D, parte externa do magnetron, também da mesma marca.

Essa abordagem visa pré-avaliar o conceito idealizado, visto que a solução desse projeto é para tanques estacionários, porém o encaixe do visor (*dial*) é o mesmo para os recipientes transportáveis abastecidos no local, B190 por exemplo, deixando o sensor com possibilidade de multiuso.



Figura 8 – Case do sensor em teste de acoplamento ao visor com R3D

Caixas de dados, unidade de processamento impressas para serem adotadas como modelos X (Figura 9) e Y (Figura 10), sendo diferenciada pela sua condição e alimentação com bateria interna ou fonte externa de 12V.



Figura 9 – Caixa de dados (Unidade de processamento e comunicação) / Modelo X (Preto)

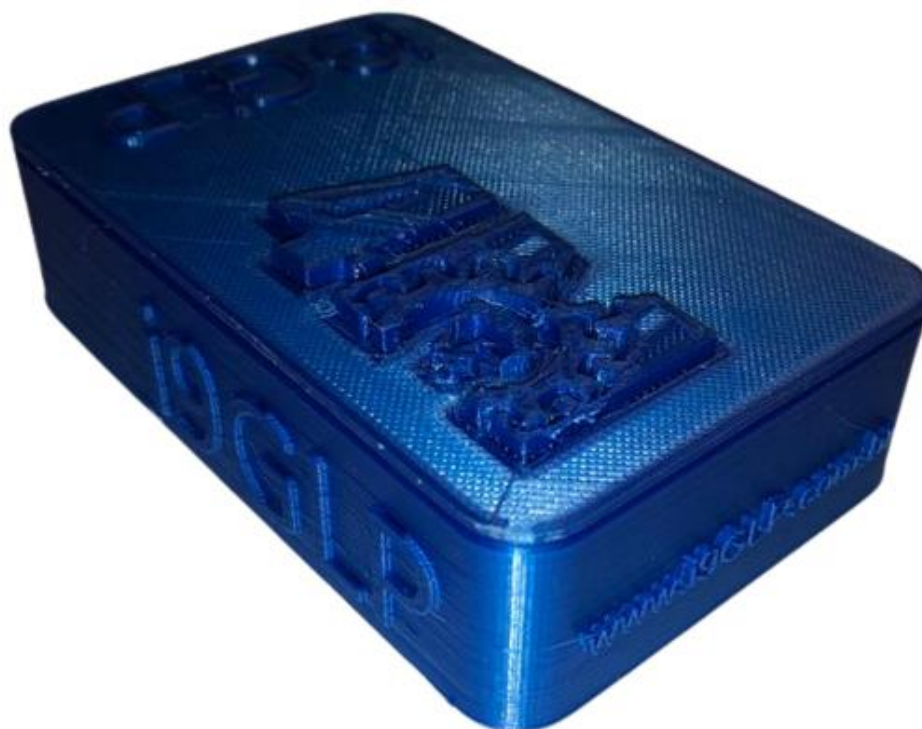


Figura 10 – Caixa de dados (Unidade de processamento e comunicação) / Modelo Y (Azul)

Antes dos testes de campo em tanques com GLP, foram realizados testes preliminares, figura 9, com o recipiente transportável abastecido no local, modelo B190, visto que o encaixa do visor R3D ser o mesmo dos tanques horizontais de 500 a 8000L, sendo assim possível testar o dispositivo com outro fluido para identificar se o sensor está captando corretamente o sinal.



Figura 11 – Magnetron Drava com visor (dial) Rochester e sensor i9GLP (Teste preliminar)

Para área classificada e contato com o tanque, buscou-se a utilização de conector, prensa cabo, A2F. Este apresentado na figura 12, sendo aplicado nos tanques estacionários em teste de campo.



Figura 12 – Prensa cabo A2F certificado

Os dados, modelo selecionado de menor diâmetro do mercado considerando material de alumínio livre de cobre e rosca NPT, são conforme informações da tabela 4.

| Prensa cabo A2F | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Material de fabricação do corpo | Alumínio Copper-free |
| Vedações | Borracha NBR, Silicone ou Viton |
| Temperatura de trabalho | -20 até +90 °C |
| Proteção IP | 66 / 67 / 68 |
| Permanência em grau IP | Até 50m por 30 min |
| Proteção | Contra gases e poeira explosiva |
| Certificação | Ex db / Ex eb / Ex ta |
| Rosca NPT | 1/2" |
| Fabricante | ExSuper |

Tabela 3 – Prensa cabo A2F

Visando fixar o sensor ao visor do magnetron, foram realizadas confecção de dois protótipos do case do sensor, em materiais diferentes conforme mencionado na figura 7. Visto o modelo utilizar uma conexão Ex, o formato precisou ser refinado a fim de possibilitar o diâmetro mínimo de ½" NPT para o prensa cabo de mercado, testou-se com PLA simples e PLA Premium figura 11.

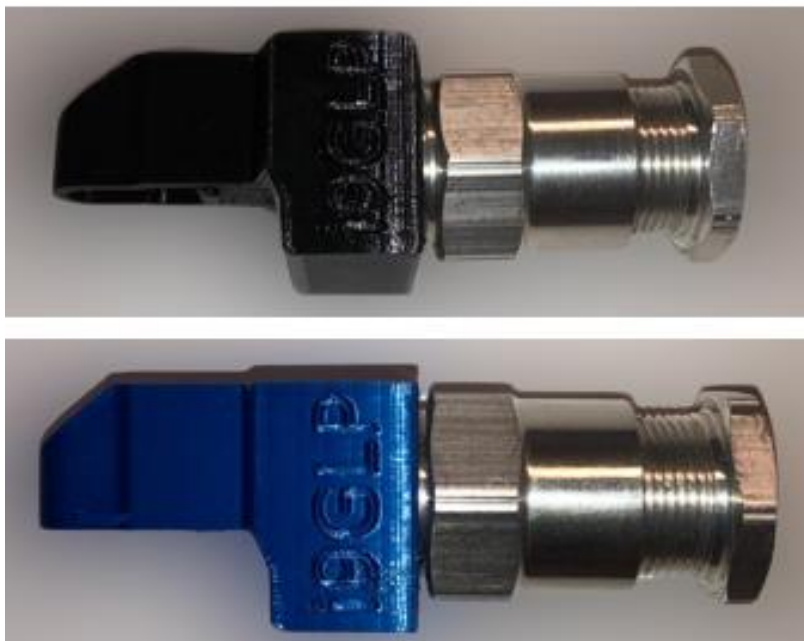


Figura 13 – Cases do sensor magnético / design final

O modelo em material premium mostrou-se melhor para realização dos ensaios e conexão com o prensa cabo A2F, ficando designer final a peça abaixo.



Figura 14 – Prensa cabo A2F fixado no case do sensor magnético

No que tange os dados secundários, ou seja, os dados do ambiente onde ficará a caixa de dados ou melhor dizendo o entorno da central de GLP.

Para uma exatidão nos dados coletados, se comparado com outros sensores como pode ser visto na tabela 3.

| Dados comparativos dos sensores | DHT22 | BME280 |
|---------------------------------------|------------|------------|
| Faixa de temperatura (C°) | -40 a +80 | -40 a +85 |
| Precisão na mensuração de temperatura | ± 0.5 °C | ± 0.5 °C |
| Faixa de umidade relativa (% UR) | 0 a 99 | 0 a 100 |
| Precisão na mensuração de umidade | ± 2 % UR | ± 1 % UR |
| Faixa de pressão barométrica (hPa) | Não possui | 300 a 1100 |
| Precisão na mensuração de pressão | - | ± 1.0 hPa |
| Tensão de alimentação (V) | 3.0 a 6.0 | 1.2 a 3.6 |
| Corrente máxima (mA) – Dados | 1.5 | 1.4 |
| Custo médio no Brasil (R\$) | 35,00 | 52,00 |

Tabela 4 – Comparativo entre sensores DHT22 versus BME280

Visando ofertar dados mais precisos e pelo fato do modelo de sensor múltiplo identificado como BME280, da fabricante *Bosch*, mostrar-se mais efetivo, esse projeto deve adotá-lo, visto que além da temperatura e umidade relativa com mais precisão, é possível mensurar também a pressão barométrica.



Figura 15 – Vista lado A e lado B do sensor múltiplo BME280 num *shield* HW

4. RESULTADOS

Como detalhado no decorrer do desenvolvimento, concebemos a ideia de um protótipo funcional de IoT que faz uso de sensores magnéticos e lógica computacional. Esse protótipo é projetado para operar com os magnetrons da Rochester equipados com o dial R3D, que já estão disponíveis e amplamente utilizados no mercado brasileiro. Uma característica notável é que, nessas circunstâncias, não é necessário substituir os visores ou magnetrons completos, podendo implementar essa solução de forma imediata em tanques com R3D, representando assim uma abordagem prática e eficaz.

Os modelos conceituais citados, ilustram o que pode ser aplicado. Sendo dispositivo na caixa modelo Y (Na cor azul), figura 10, utilizado próximo da central GLP, atendendo afastamento da NBR13523. Esse modelo foi modificado para possuir bateria interna e realizar o monitoramento de dados com leituras a cada 8h, sendo duas leituras seguidas com intervalo de 30 segundos e posteriormente gerado a média para envio dos dados ao servidor.



Figura 16 – Vista em campo do sensor acoplado e da caixa de dados Y fixada na central



Figura 17 – Sensor de dados acoplado no magnetron do tanque estacionário P2000H

Na figura 18 é apresentado como o usuário poderá verificar os dados enviados pelo dispositivo modelo Y, fotos 16 e 17, nesse caso as leituras são de teste e os valores mudam a cada 8h (configuração inicial de autonomia da bateria).

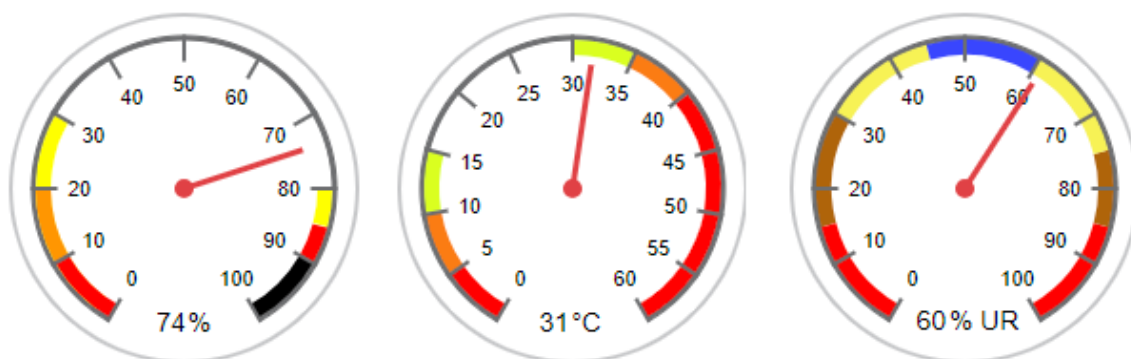


Figura 18 – Dial digital do painel do usuário, leituras fixas a cada 8h conforme modelo X

Já a figura 19, demonstra o dispositivo X durante um teste, modelo que está utilizando apenas um sensor magnético e fonte de alimentação externa de 12V ou bateria não recarregável de 9V.



Figura 19 – Vista externa da caixa de dados do sistema de telemetria desse projeto

Essa opção de utilização do dispositivo IoT modelo X (na cor preta), precisa que a caixa de dados fique fixada / instalada distante da central de GLP, numa caixa elétrica externa, parede ou num escritório por exemplo.

O sensor utilizado é do mesmo modelo, com conexão, prensa cabo A2F certificada. Figura 20, mostra sensor e caixa X ao fundo.

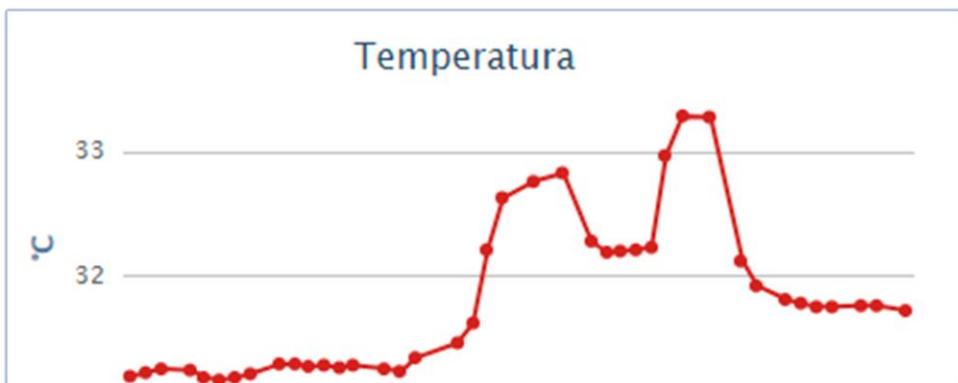


Figura 20 – Sensor acoplado e caixa dados do sistema de telemetria IoT modelo X

Nesse dispositivo, figura 19 e 20, estava sendo alimentado com bateria de 9V apenas para esses ensaios, a ideia é ofertar com fonte de 12V para ser ligado a rede elétrica local, permitindo assim o monitoramento contínuo com leituras de todos os dados, sensores disponíveis, a cada 20 segundo. Permitindo uma visão mais precisa no painel de controle do portal web i9GLP, conforme gráficos 1, 2, 3 e 4.



Gráfico 1 – Leitura contínua do volume de GLP num tanque estacionário



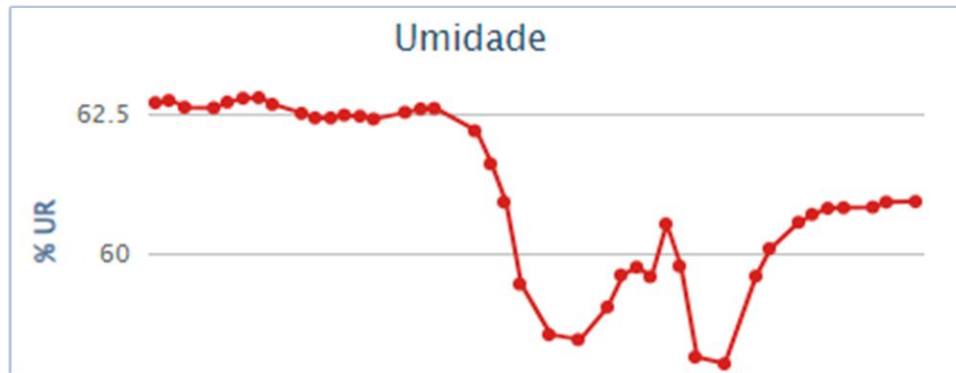


Gráfico 4 – Leitura contínua da umidade relativa no ambiente na localidade da central de GLP

5. CONCLUSÃO

Os resultados mostram-se favoráveis ao público nacional, tendo uma solução desenvolvida para necessidade das distribuidoras de GLP brasileiras que visam a possibilidade de baixo custo nessa aplicação IoT, sendo mais eficiente ou tão quanto outros dispositivos importados que estão no mercado atualmente, porém esse projeto tem possibilidades de customização e diversas, sensor próprio e competitividade tecnológica com portal web próprio, i9GLP.

A compatibilidade com os medidores volumétricos mais utilizados do mercado pelos fabricantes de recipientes, exemplo da marca Rochester. Devido a isso, tem-se a possibilidade desse produto ser incorporado por negociação ao portfólio de empresa nacionais de equipamentos para GLP ou a ser negociado diretamente com empresas distribuidoras de GLP granel que desejam dar um *upgrade* nas suas instalações, passando a ter um maior controle e possibilidade de gestão sobre o consumo de seus clientes de forma remota e imediata.

Importante frisar que os objetivos propostos e considerados como metas nesse case foram atingidos, sendo que ainda se tem uma janela de possibilidade no aprofundamento de relacionamento com as distribuidoras para possíveis implementações em larga escala e que seja incorporado necessidades específicas de monitoramento de cada empresa contratante.

5.1 PROXIMOS PASSOS

A versão final do case do sensor será construída em ABS antichama, a fim de atender a não utilização de material inflamável dentro da central de GLP, além de mantermos a conexão, prensa cabo, certificada para área classificada.

Estamos abertos a possibilidade de integrar soluções com outras empresas prestadoras ou vendedoras de equipamentos para indústria do GLP.