

## **Projeto de Pesquisa Apresentado ao Programa de Trabalho de Conclusão de Curso Relacionado ao Sistema de Tratamento de Água de Reuso com IoT**

*Research Project Presented to the Course Completion Work Program Related to the Reuse Water Treatment System with IoT*

Carlos da Silva Anthero – FESP – Faculdade de Engenharia São Paulo  
João Pedro Maretti Basso – FESP – Faculdade de Engenharia São Paulo  
Mauricio Rodrigues Costa – FESP – Faculdade de Engenharia São Paulo  
Wilson Ferreira do Nascimento – FESP – Faculdade de Engenharia São Paulo

### **RESUMO**

A indústria, nos últimos dez anos, tem experimentado o que se chama de quarta revolução industrial, ou Indústria 4.0, inserindo nos processos industriais uma inteligência nunca antes vista através de uma série de “ferramentas” digitais como o IoT, o Machine Learning, a Inteligência Artificial, daí por diante. A quantidade de dados produzidos por essa indústria totalmente digital e autônoma não é suportada pelas malhas de rede locais, pois há a necessidade por grande tráfego e armazenagem de informações, daí começou a ser desenvolvido um ecossistema que pudesse suportar essa demanda, surge então a Nuvem. A nuvem é uma rede de servidores que se conectam através da internet, criando uma malha de tamanho quase infinito, precisando apenas inserir mais servidores para que o tamanho da malha cresça, há várias empresas que operam esses servidores e vendem isso como um serviço. Para tornar a visualização de um sistema conectado à nuvem mais fácil, está sendo proposto neste trabalho automatizar um sistema de tratamento de água, onde as entradas e saídas do sistema serão conectadas a uma placa IoT, que por sua vez é programada para “conversar” com a internet. Ao longo do projeto é explicado em detalhes todos os projetos elétricos, eletrônicos e mecânicos do sistema, bem como o programa escrito para automatizar o sistema e, principalmente, conectá-lo à nuvem. Desta forma, todos que quiserem projetar um sistema IoT, encontrarão neste TCC um excelente suporte.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial. Nuvem. Machine Learning

### **ABSTRACT**

Over the past ten years, industry has experienced what is called the fourth industrial revolution, or Industry 4.0, introducing unprecedented intelligence into industrial processes through a series of digital “tools” such as IoT, Machine Learning, Artificial Intelligence, and so on. The volume of data produced by this fully digital and autonomous industry cannot be supported by local network networks, as there is a need for massive traffic and information storage. Hence, an ecosystem to support this demand began to be developed: the Cloud. The cloud is a network of servers connected via the internet, creating a network of nearly infinite sizes. It only requires the addition of more servers to expand the network. Several companies operate these servers and sell them as a service. To facilitate visualization of a cloud-connected system, this project proposes automating a water treatment system. The system’s inputs and outputs will be connected to an IoT board, which in turn is programmed to “talk” to the internet. Throughout the project, all the electrical, electronic, and mechanical designs of the system are explained in detail, as well as the program written to automate the system and, most importantly, connect it to the cloud. Therefore, anyone interested in designing an IoT system will find excellent support in this final project.

**Keywords:** Artificial Intelligence. Cloud. Machine Learning

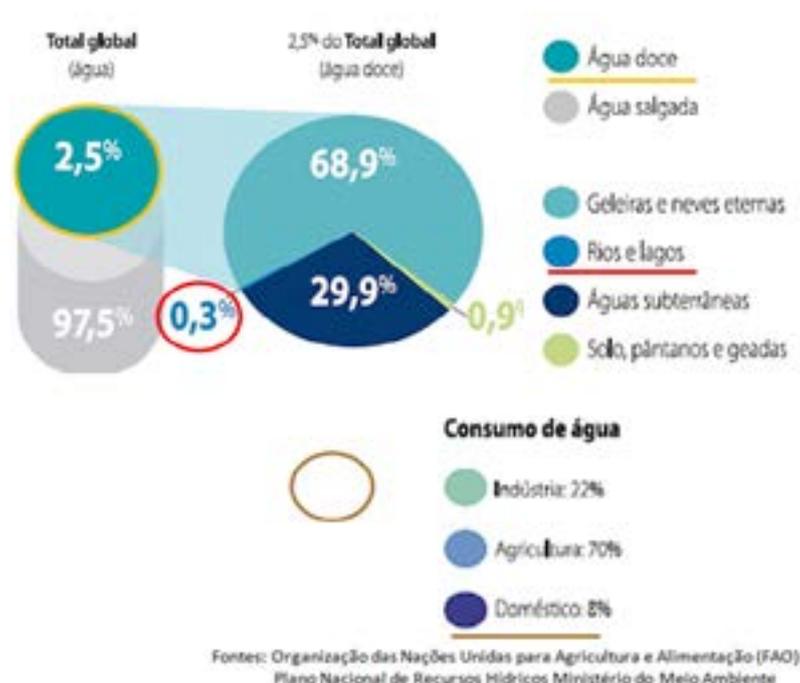
1

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Objetivo do Projeto**

A água potável, ou água doce, disponível na natureza, é bastante restrita, cerca de 97,5% da água total do planeta é proveniente das águas dos oceanos, apenas 2,5% da água é doce, porém, somente 0,3% está dis-

ponível em lagos e rios que abastecem as cidades e pode ser consumida, conforme Figura 1. Desse restrito percentual, uma grande parcela encontra-se poluída, diminuindo ainda mais as reservas disponíveis.



**Figura 1: Panorama de água potável mundial**

Fonte: NAÇÕES UNIDAS <https://nacoesunidas.org/acao/agua/>. Acesso em: 07/10/2019, 15:20.

Nessa perspectiva, a ONU (Organização das Nações Unidas) divulgou uma nota com uma previsão de que até 2050, aproximadamente 45% da população não terá a quantidade mínima de água.

No mundo subdesenvolvido, cerca de 50% da população consome água poluída e em todo planeta pelo menos 2,2 milhões de pessoas morrem em decorrência de água contaminada e sem tratamento. Segundo estimativas, existem atualmente cerca de 1,1 bilhão de pessoas que praticamente não tem acesso à água potável, bem comum a todo ser humano.

#### • Panorama Brasil:

A situação da água no Brasil é um pouco mais confortável que em outros países em termos de disponibilidade. O nosso país dispõe de 12% da água doce disponível mundialmente. E mesmo com toda essa abundância a população sofre, pois, a distribuição é feita de modo irregular.

Conforme dados levantados pelo Instituto Trata Brasil, a Amazônia tem a menor concentração populacional e dispõe de 80% a água superficial existente e o Sudeste com maior concentração dispõem de somente 6% desse recurso.

A cada segundo são utilizados, em média, 2 milhões e 83 mil litros de água no Brasil (ou 2.083 metros cúbicos por segundo). Em 1931, eram utilizados apenas 131 mil litros por segundo, isso significa apenas 6,3% do uso atual brasileiro, sendo que o uso da água potável deverá crescer aproximadamente 24% até 2030, superando a marca de 2,5 milhões de litros por segundo, conforme Figura 2.



Figura 2: Panorama de retirada hídrica potável brasileira.

Fonte: LG AMBIENTAL “<http://lgambiental.com.br/noticias/estudo-da-ana-aponta-perspectiva-de-aumento-do-uso-de-agua-no-brasil-ate-2030/>” <http://lgambiental.com.br/noticias/estudo-da-ana-aponta-perspectiva-de-aumento-do-uso-de-agua-no-brasil-ate-2030/>. Acesso em: 22/10/2019, 09:43.

Tendo em vista o cenário preocupante em que nos encontramos, tivemos a ideia de unir nossos conhecimentos de engenharia elétrica à um projeto que atinja de forma positiva o meio ambiente e sua sustentabilidade.

## 2. Introdução

### 2.1. Sustentabilidade

A palavra sustentabilidade vem do termo «sustentável», que, por sua vez, deriva do latim *sustentare*, de significado sustentar, defender, favorecer, apoiar, conservar e/ou cuidar.

O conceito de sustentabilidade teve origem em Estocolmo, na Suécia, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano. Nesta conferência de Estocolmo, cujo fora a primeira conferência sobre meio ambiente realizada pela ONU, chamou a atenção internacional principalmente para as questões relacionadas à degradação ambiental e à poluição.

Mais tarde, em 1992, na Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92 ou Rio-92), que aconteceu no Rio de Janeiro, foi consolidado o conceito de desenvolvimento sustentável; que passou a ser entendido como o desenvolvimento a longo prazo, de maneira que não sejam exauridos os recursos naturais utilizados pela humanidade.

A Eco-92 também deu origem à Agenda 21, um documento que estabeleceu a importância do comprometimento de todos os países com as soluções dos problemas socioambientais.

A Agenda 21, tem como ações prioritárias os programas de inclusão social e desenvolvimento sustentável.

A sustentabilidade é formada por um tripé, logicamente seguido de três conceitos básicos, onde cada um desses aspectos deverá estar estritamente ligado e de forma bem definida, conforme Figura 3.



**Figura 3: Tripé da Sustentabilidade**

Fonte: SICOBCREDILUZ

<https://www.sicoobcrediluz.com.br/sustentabilidade>. Acesso em: 21/10/2019, 20:33.

• **Ambiental:**

O Meio Ambiente equilibrado, mais do que um conceito é Lei, mantê-lo conservado é obrigação de todos, inclusive e/ou “com certeza” das empresas. São ações necessárias e obrigatórias para qualquer empresa desenvolver o tratamento dos efluentes e resíduos gerados, controle de emissão de gases poluentes, entre outros.

Programas que visam à preservação da flora e fauna, educação ambiental, construção de prédios ecologicamente corretos e despoluição de rios, são exemplos de ações que superam os exigidos e contribuem significativamente com o meio ambiente.

• **Social:**

Ações que promovam a educação escolar tanto do profissional, quanto da família deste e ainda da comunidade de abrangência da empresa, programas de educação ambiental e responsabilidade social, incentivo ao esporte, ações que promovam a saúde e o bem estar, bem como, capacitação profissional (o que influencia também nos aspectos de segurança no trabalho, já que um profissional instruído é menos suscetível a erros)

• **Econômico:**

O Econômico também entra como um fator chave, já que ele é quem move a sociedade, em uma empresa não é diferente, é ele que irá barrar ou liberar investimentos nos dois aspectos já tratados anteriormente. Agora, se esta organização busca a sustentabilidade, ela irá investir em maquinários novos, o que inicialmente desprende de investimentos, mas retorna como economia, devido ao menor consumo de energia elétrica, por exemplo.

## 2.2. Automação

4

Os primeiros movimentos em torno da automação surgem na indústria de tecidos do século 18. Este novo conceito começa a ser aplicado na medida em que máquinas a vapor passam a fazer parte do processo produtivo aumentando a capacidade produzida das fábricas, mas ainda é um passo muito tímido visto que a tecnologia da época ainda era bastante arcaica.

Avançando no tempo inicia-se uma nova era na indústria, nesta nova etapa a indústria automobilística é que passa a ditar o ritmo dos avanços tecnológicos, passa-se a produzir carros no conceito de linha de pro-

dução, mas o que chama atenção neste momento é a aplicação de eletricidade no processo. A utilização de itens elétricos básicos já torna o processo muito mais robusto e produtivo, os motores elétricos são as máquinas motrizes do novo cenário industrial alinhados ao novo conceito de produção em linha.

O que seria da nossa indústria sem a computação? Os desenvolvimentos em torno da computação trouxeram novos adereços às fábricas. Neste momento os processos produtivos passam a contar com equipamentos de comando lógico como CLP's, inversores de frequência, servo-motores e sistemas supervisórios. É uma quebra de paradigma também nos layouts fabris visto que a produção em células se torna a menina dos olhos das grandes fábricas, vendo-se novamente a indústria automobilística fazendo-se valer do Toyotismo para ditar os rumos da produção industrial e, por consequência, da automação. Porém é leviano associar a automação apenas à indústria, a partir dessa terceira fase o mundo experimenta o surgimento em massa de outros modelos de negócio tais como automação comercial, a partir do surgimento dos ERPs e sistemas de gerenciamento de vendas e logística; Automação residencial, com a aplicação de sistemas de conforto e segurança; Automação bancária, vendo surgir novos sistemas de armazenamento de dados e processamento de informações, e assim por diante.

A quarta revolução industrial, que está em andamento, é a que talvez tenha trazido mais mudanças à vida das pessoas e aos processos comerciais e industriais. A indústria 4.0, como também é chamada, vem com o conceito de digitalização, esta nova indústria faz a conexão de toda a cadeia produtiva, desde as vendas até os serviços de pós-venda, passando por produção, pesquisa e desenvolvimento e indo até a relações entre empresas e clientes por meio de redes sociais e aplicativos. Agora sim é possível enxergar a cadeia conectada, não se produz para vender, vende-se para produzir. Toda a demanda é medida de maneira precisa e aí sim a produção é iniciada, as fábricas estão se tornando totalmente digitalizadas e a inteligência artificial tomou conta dos processos, as decisões são feitas a nível de maquinário através da aplicação de sensores com inteligência embutida e softwares de gerenciamento com capacidade de reconhecimento de padrões. Neste momento também surgem demandas críticas como por exemplo a necessidade de segurança da informação, como os sistemas estão totalmente conectados, os danos causados por falhas no sistema ou ataques hackers estão numa escala jamais vista antes, portanto a cyber segurança é fundamental para que sistemas não estejam vulneráveis. É possível acompanhar de maneira visual como aconteceram as evoluções colocadas no texto acima na Figura 4.



5

**Figura 4: Linha do Tempo da Automação**  
Fonte: Qualidade online

<https://qualidadeonline.wordpress.com/2015/03/18/as-tendencias-da-automatizacao-industrial/>. Acesso em: 02/11/2019, 12:50 Horas.



## 2.3 O Que é a Nuvem?

As primeiras menções sobre internet de que se tem notícia datam de 1962, quando J.C.R. Licklider, do MIT, escreveu alguns memorandos onde fazia discussões a respeito desse novo conceito. Desde então o que se viu foi o crescimento exponencial da WWW (World Wide Web) que nada mais é do que a rede mundial de internet, ou seja, por onde trocamos informações, armazenamos dados, fazemos negócios e nos divertimos. Um fato interessante é que sempre que uma tecnologia se desenvolve ela acaba “puxando” muitos outros avanços tecnológicos, não se pode deixar de citar que graças ao desenvolvimento da Internet a indústria conseguiu sair de arcaicos métodos produtivos para a produção automatizada, para isso muitas “ferramentas” precisaram ser desenvolvidas onde podemos citar as redes de comunicação industriais; Ethernet, Profibus, DeviceNet, TCP/IP, entre outras; equipamentos de automação industrial como CPLs, Inversores de frequência, Softstarters, sensores dos mais diversos tipos; Softwares de ERP, que são basicamente aplicações que fazem a gestão a nível global de uma produção desde a compra de insumos à emissão de nota fiscal depois da venda; Softwares de CRM (Customer Relationship Management), que são softwares que gerenciam toda a cadeia de valor para o cliente, desde a identificação de uma oportunidade de negócio até a efetivação da venda. Pode-se citar infinitos desenvolvimentos tecnológicos que surgiram a partir do desenvolvimento da Internet, pois todas essas “ferramentas” estão de certa forma conectadas à internet.

Porém em um devido momento a necessidade por competitividade foi a um nível tão alto que somente estar conectado à internet não era suficiente para tornar as empresas competitivas a nível global. Vale lembrar que para que uma empresa se torne competitiva um item básico é seu desenvolvimento de TI (tecnologia da informação), tanto TI industrial como TI a nível corporativo como capacidade de gerenciamento das operações (ERP) como gerenciamento de relacionamento com cliente/mercado (CRM). Para que tudo isso seja possível, a infraestrutura de TI da empresa deve ser de grande escala, robusta e confiável.

Tendo em vista esse novo cenário, a computação em nuvem tornou-se um item indispensável para tornar os negócios altamente competitivos. Agora as empresas conseguem desenvolver suas operações a um nível de excelência, pois não têm que empenhar grandes investimentos em infraestrutura de TI, dando grande foco no que realmente importa, que é seu negócio. Com a nuvem a empresa compra o acesso à rede como um serviço e o gerenciamento dessa infraestrutura é feita pela provedora do acesso, por isso que os negócios conseguem crescer de maneira vertiginosa e tornarem-se mais eficazes, pois existe uma grande redução de custo de implementação, manutenção e de pessoas para cuidar dessa infraestrutura.

*Em 2013, o investimento mundial em serviços baseados na nuvem chegou a 47 bilhões de dólares. E este número estava projetado para dobrar e ultrapassar os 100 bilhões de dólares em 2018 conforme as empresas aumentassem seus investimentos em serviços na nuvem como a fundação de seus produtos novos e mais competitivos. Autor: SalesForce*

### Como é estruturada a nuvem e as vantagens de se utilizar esse tipo de tecnologia

6

O conceito de computação na nuvem é muito mais simples do que parece. Na verdade, o que existe é uma rede extremamente grande de servidores espalhados pelo mundo conectados entre si formando, então, uma grande infraestrutura que permite que pessoas e empresas guardem suas informações, sem que esses dados estejam armazenados em servidores próximos, ou seja, uma empresa em São Paulo pode estar armazenando seus dados em servidores nos Estados Unidos, ou na Alemanha, ou até mesmo nos dois ao mesmo tempo. Esses dados são acessíveis pela internet, por isso que, conforme citado acima, não é necessário empenhar grandes investimentos em infraestrutura de rede, pois qualquer um pode comprar o serviço de acesso à

nuvem, salvar seus dados sem se preocupar com a manutenção do sistema. A grande sacada desse conceito é que ele não tem limite, ou seja, a cada servidor conectado o tamanho da rede aumenta proporcionalmente ao tamanho desse servidor conforme ilustra a Figura 5.

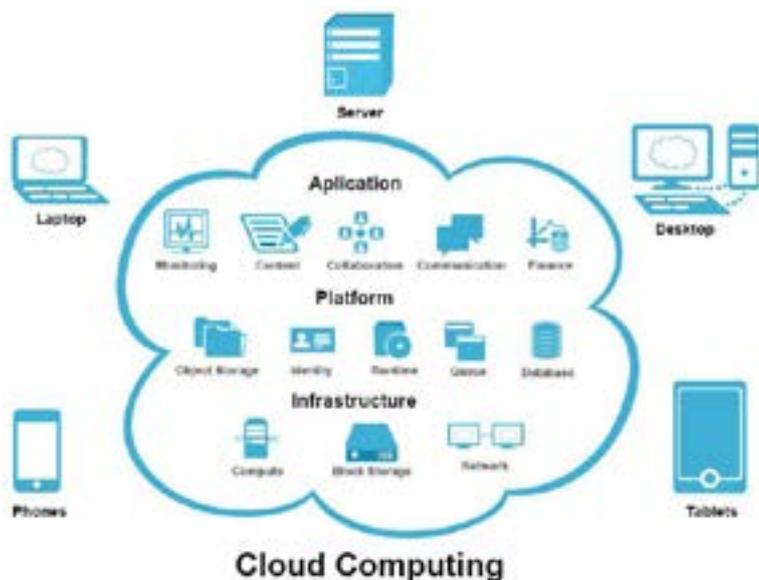


Figura 5: Computação em Nuvem

Fonte: WIKIPEDIA.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud\\_computing#/media/File:Cloud\\_computing.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing#/media/File:Cloud_computing.svg). Acesso em: 12/09/2019, 22:29 Horas.

Aplicar a computação em nuvem nos negócios trouxe enormes vantagens conforme se vê abaixo:

### 2.3.1 Custo Proporcional ao Uso

Quando não se tinha a computação na nuvem as empresas tinham que superdimensionar suas infraestruturas de rede para que não ficassem na mão quando mais precisassem. Na nuvem, só é pago o que for utilizado e além do mais não há custos adicionais com pessoal especializado e nem tampouco com manutenção e melhoria no sistema, isso tudo ficando a encargo do provedor.

### 2.3.2 Sempre O Melhor Serviço Sem Custo Adicional

Na modalidade tradicional, toda a infraestrutura e software demanda um custo de manutenção bastante elevado quando há a necessidade de elevação da capacidade da rede ou atualizações de softwares. Na nuvem todas essas melhorias são fornecidas pela empresa que está prestando o serviço sem custo adicional.

### 2.3.3 Adaptabilidade À Realidade Do Negócio

7

Como mencionado anteriormente, imagine uma empresa de varejo, que é um mercado que tem muita sazonalidade especialmente em períodos de festas como o Natal, Dia das Crianças, etc. Caso ela queira manter uma infraestrutura própria, ela deve dimensionar sua estrutura baseada nos períodos de pico, porém é um enorme gasto para períodos curtos, ou seja, ela investe um valor que vai ficar “parado” na maior parte do tempo. Utilizando um serviço baseado na nuvem, existe a possibilidade de adaptar a capacidade do seu negócio à demanda que surgir de forma automática e extremamente adaptável, ou seja, se aumentar a quantidade de solicitações por um produto a empresa estará confortável em atender seus clientes e quando a demanda a



diminuir manterá seu negócio sem que haja um investimento desnecessário.

### 2.3.4 Acessibilidade

Atualmente, a maioria das pessoas não estão fixas em locais específicos, principalmente com o surgimento dos espaços de *co-working* e com o aumento de negócios multilaterais, as pessoas viajam muito e precisam ter acesso em tempo real e em qualquer lugar das suas informações. Como a infraestrutura de rede na nuvem é globalmente pulverizada, qualquer um pode acessar informações a qualquer hora e lugar pela internet.

### 2.3.5 Centralização

Já se viu muitas vezes empresas investirem rios de dinheiro em softwares para a gestão de suas operações e o maior problema de todos, os softwares não se compatibilizavam. Com serviços baseados na nuvem todos os softwares podem rodar em plataformas web, permitindo uma integração fácil e robusta, facilitando, assim, a gestão dos negócios.

### 2.3.6 Fácil Monitoramento.

Como parte do serviço oferecido, é possível visualizar relatórios que mostram como a rede está sendo utilizada, facilitando tomada de decisões para os gestores do negócio.

### 2.3.7 Recuperação Mais Rápida Após Acidentes.

Imagine uma empresa que tem sua própria infraestrutura de rede, servidores etc. Caso essa empresa passe por uma catástrofe como um incêndio, por exemplo, não há como recuperar as informações que estão armazenadas, todo o histórico, know-how, base de clientes, estratégia da empresa etc., são perdidas, quase que inevitavelmente essa empresa fechará as portas, pois praticamente haverá a necessidade de se reconstruir tudo “do zero”. Agora compare essa empresa com uma que se utiliza de serviços baseados na nuvem, e sofre com o mesmo acidente, a capacidade dessa empresa se reerguer aumenta muito devido as informações do core da empresa estarem seguras.

## 2.4 Internet of Things (IoT).

Foi comentado a respeito da nuvem que permite que as empresas e pessoas consigam fazer seus negócios funcionarem sem que seja necessária uma infraestrutura de TI. Na indústria, um tema bastante debatido é o IoT. Ter a infraestrutura necessária para que a indústria opere de maneira inteligente e autônoma, denominada indústria 4.0, e não ter equipamentos e sistemas que consigam trafegar dados para essa rede não vale de muita coisa.

8

O IoT, ou Internet of Things, é mais um conceito que trata da inteligência operacional nos negócios, essa inteligência é desenvolvida através da aplicação de uma série de camadas de dispositivos e sistemas inteligentes que viabilizam que o arranjo de dispositivos e sistemas recebam informações, analisem-nas e tomem decisões com a mínima interferência humana.

Existem várias camadas de IoT, cada uma responsável pela inteligência operacional em diferentes níveis con-



**Figura 6: Arquitetura IoT.**

Fonte: Grupo TCC.

#### 2.4.1 Periféricos

Os periféricos podem ser constituídos por dispositivos auxiliares que podem ser usados para enviar ou receber dados e informações, sendo divididos entre dispositivos de entrada e/ou saída.

#### 2.4.2 Dispositivo de Processo.

O dispositivo de processo ou processamento, vem a ser um hardware que fará todo tratamento dos dados em que os periféricos enviarão para ele e então poderá reenviá-los para outro processo, sendo no caso do IoT uma nuvem ou rede de conexão digital, podendo trabalhar com protocolos de tratamento afim de gerar maior segurança nos envios e recebimentos.

#### 2.4.3 Conectividade

A conectividade com a rede de conexão do IoT poderá ser feita de diversas formas, sejam elas com ou sem cabeamento, por exemplo: Wireless, Bluetooth e 4G/5G.

#### 2.4.4 Usuário Final

O usuário deverá ter alguma forma de visualização e/ou comando dos dados referentes ao sistema em que está atrelado, podendo ser uma plataforma desenvolvida especialmente para tal sistema ou plataformas já existentes que possuam maior estruturação e/ou facilidade de uso, como por exemplo Dashboards.

#### 3.1 O STAR e os Benefícios de se reutilizar a Água

Os benefícios do STAR são imensos e são mencionados a seguir:

- Reduzir o desperdício de água natural;

- Reduzir o desperdício de água das concessionárias;
- Gerar oportunidades de melhor aproveitamento da água natural;
- Corrigir problemas vinculados com a distribuição e armazenamento global de água, evitando crises hídricas;
- Corrigir problemas e diminuição de gastos com as concessionárias (água e esgoto);
- Diminuição de gastos das concessionárias com manutenções;
- Tornar o empreendimento alto sustentável;

#### 4. Projeto STAR (Sistema de Tratamento de Água de Reuso).

Sobre o projeto:

O STAR é sistema de tratamento de água utilizado como proposta para exemplificar a conexão em nuvem de sistemas automatizados. Neste TCC serão mostrados todos os projetos elétricos, eletrônicos, a programação do sistema totalmente comentada da automação do STAR e também da conexão com a plataforma IoT, todos esses projetos permitirão que qualquer pessoa possa reuplicar essa aplicação para qualquer outro sistema automático, pois a abordagem será muito parecida.

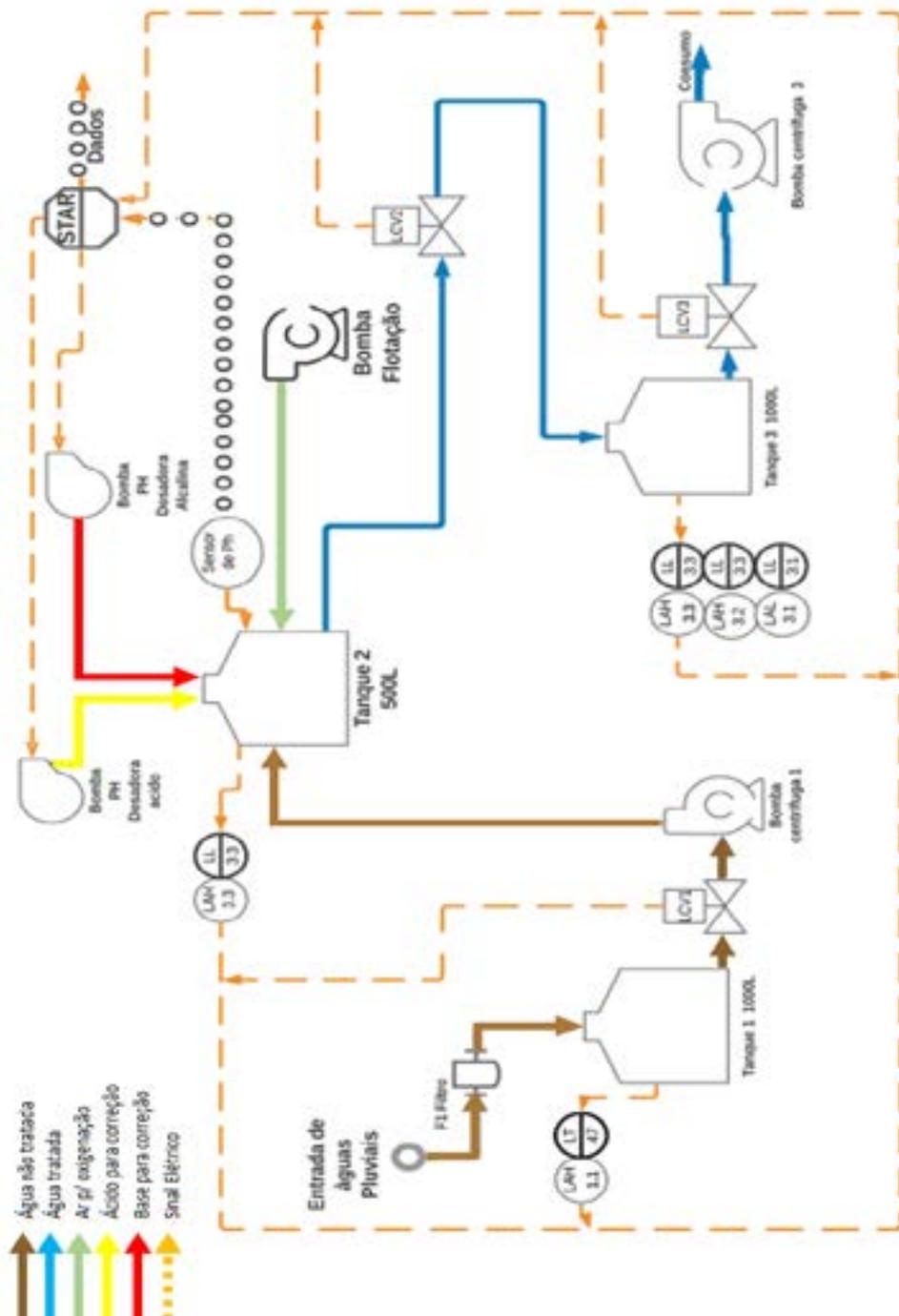
#### 4.2 Projeto Instalado

Na Figura 7 pode-se ter uma ideia de como ficaria uma instalação de um sistema de água de reuso tal qual o STAR:



10 **Figura 7: Exemplo de Sistema de Tratamento de Água.**  
Fonte: Grupo TCC.

Fluxograma de processo, conforme ilustra a Figura 8.



**Figura 8: Fluxograma de Processo.**  
**Fonte: Grupo TCC.**

### 4.3 Materiais Utilizados

Materiais utilizados, conforme ilustra a Tabela 1.

Quantidade	Item
2	Tanque de captação de água de 1000l
1	Tanque de captação de água de 500l
3	Válvula solenoide
2	Bomba de água
5	Sensores de nível
1	Motor
2	Bombas dosadoras

**Tabela 1: Materiais Utilizados.**  
**Fonte: Grupo TCC.**



## 1. Definições Importantes

A água que o sistema produzirá **NÃO** serve para consumo humano como lavar louças, roupas, tomar banho, ou fazer comida. Essa água é uma água de reuso e serve apenas para lavar chão, paredes, carro, regar plantas, utilizá-la em vasos sanitários, e demais situações que não envolvam o consumo.

O sistema tratamento processa bateladas de 500L por vez.

O sistema inicia o processo caso o tanque 1 tenha 500L disponíveis e o tanque 3 estiver com metade da capacidade, ou seja, com apenas 500L de água.

## 2. Recebimento da Água Coletada

O recebimento de água será feito pelo tanque 1, que no projeto em questão está sendo estimado como tendo 1000l. Esse tanque terá um sensor de nível intermediário que “avisa” o sistema que houver 500l de água disponível para ser tratada.

Foi estabelecido que serão tratadas sempre bateladas de 500l de água, respeitando as condições do item acima. Não foi considerado sensor de nível alto para o tanque1, pois haverá um “ladrão” que deixará a água cair em caso de transbordamento, essa condição é possível caso o tanque1 e o tanque3 estejam cheios.

Ao se iniciar o processo de tratamento, a água é bombeada do tanque1 para o tanque2, que faz medição e controle de pH, para isso o sistema envia um sinal para abertura da válvula1 e um sinal para ligar a bomba1.

## 3. Medição e Tratamento de PH

A água será bombeada até que o sensor de nível alto (ch2.1) no tanque detecte água, chegando nesse momento a bomba1 e válvula1 serão desligados. inicia-se então a medição e controle de pH.

Nessa segunda etapa um sensor de pH faz a medição do pH da água, caso o pH não esteja em condições viáveis para uso, adicionar-se-á uma dose de ácido ou base dependendo da condição da água, essa adição se dá pelo acionamento de pequenas bombas dosadoras. Após a adição da solução de correção do pH um flutador que será acionado desde o início do processo ficará misturando a água continuamente através de uma hélice que ao mesmo tempo também oxigenará a água. Esse processo de medição e correção acontecerá continuamente até que a água esteja com pH ideal.

Após chegar-se no valor ideal de pH a água será escoada para o tanque3 apenas pela abertura da válvula 2, pois o tanque 2 está em um nível mais alto do que o tanque 3.

## 4. Armazenagem de Água

A água será armazenada no tanque3. Caso o tanque3 esteja apenas com 500l, será dado início a mais um ciclo de tratamento de água, pois o intuito é guardar a maior quantidade de água possível para não faltar em períodos de pouca chuva.

## 5. Utilização

12

A utilização da água será liberada por meio de uma bomba para pressurizar a água para o consumo pressionando um botão que acionará a bomba.

O sistema não permitirá o acionamento da bomba3 caso o nível de água esteja muito baixo, ou seja, quando o nível ch3.1 não estiver detectando água.

## 6. Hardware

### 6.1. CPU

A placa utilizada no neste projeto foi a ESP32-WROOM-DEVKITC (conforme ilustra a Figura 9), que é uma placa dedicada a projetos IoT e que têm diversos itens para automação como antenas bluetooth/wifi.)

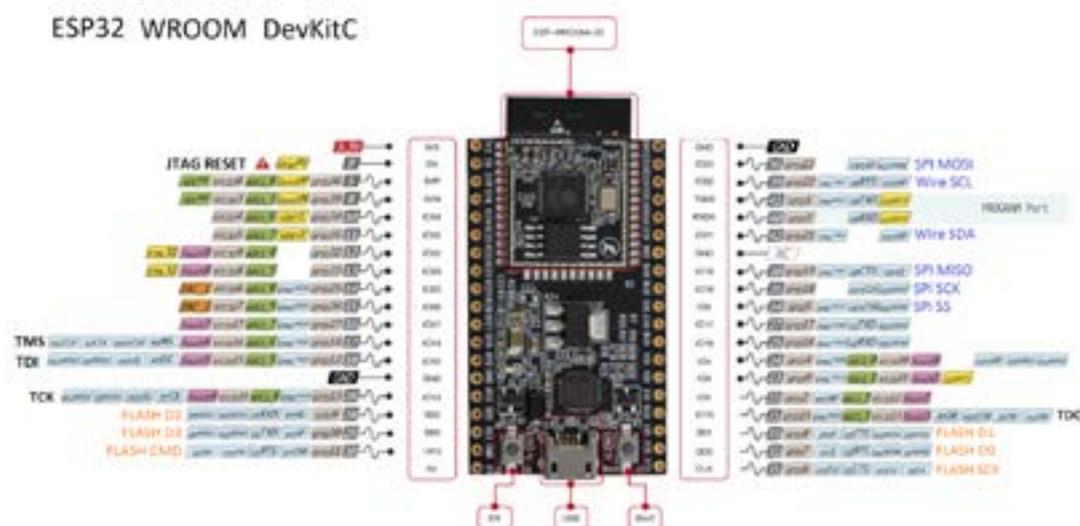


Figura 9: CPU.

Fonte: BOTNROLL. <https://www.botnroll.com/pt/varias/2452-placa-de-desenvolvimento-esp32-espressif.html>. Acesso em: 13/09/2019, 17:39 Horas.

### 6.2. Conexão das Placas

Neste diagrama estão projetadas todas as conexões de cada placa com o detalhe das conexões dos fios que conectam as placas entre si. Vide Anexo I.

### 6.3. Placa de LED's.

Esta placa funciona apenas para mostrar em tempo real quais itens estão sendo acionados. Vide Anexo II.

### 6.4. Placa de Saídas a Relés.

A placa de saídas a relés são os drivers para acionamento das válvulas e bombas do nosso sistema, elas que transmitem potência para o acionamento de todo o sistema. Vide Anexo III.

### 6.5. Placa de Sensores de Nível.

A placa de sensores de nível fará a aquisição da indicação de posição que os sensores fornecerão e enviará esses dados ao ESP32 para que ele tome as decisões de acionamentos baseado nos níveis de água em cada etapa do processo. Vide Anexo IV.

### 6.6. Detalhamento Técnico.

Veja no Anexo V um detalhamento do sistema eletrônico para proteção e acionamento dos dispositivos.

Tabela de I/O's, conforme ilustram as Tabelas 2 a 5.

PLACA DE ALIMENTAÇÃO:	
24 V	Acionamentos
12 V	Fontes
3,3 V	Placa de controle – ESP32
GND	Geral
DRIVER SAIDAS - SAIDA RELÉ:	
ALIMENTAÇÃO:	
24 V	
3,3 V	
GND	

SINAIS:		
VS1	VALVULA TANQUE 1	IO0
VS2	VALVULA TANQUE 2	IO17
VS3	VALVULA TANQUE 3	IO12
B1	BOMBA 1	IO4
B2	BOMBA 2	IO5
B3	BOMBA 3	IO15
B4	BOMBA 4	IO19
B5	BOMBA 5	IO21

**Tabela 2: Tabela de I/O's.**  
 Fonte: Grupo TCC.

PLACA ENTRADA DIGITAL SENSORES DE NIVEL:		
ALIMENTAÇÃO:		
3,3 V		
24 V		
GND		
SINAIS:		
CHAVE DE NIVEL 1	CH_1	IO16
CHAVE DE NIVEL 2	CH_2	IO02
CHAVE DE NIVEL 3 ALTO	CH_3_1	IO18
CHAVE DE NIVEL 3 MEDIO	CH_3_2	IO13
CHAVE DE NIVEL 3 BAIXO	CH_3_3	IO27

**Tabela 3: Placa de Entradas Digitais - Sensores de Nível.**  
 Fonte: Grupo TCC.

PLACA DRIVER DE SAIDA A TRANSISTOR - LED:		
ALIMENTAÇÃO:		
24V		
GND		
SINAIS:		
LED VALVULA 1	IO0	
LED VALVULA 1	IO17	
LED VALVULA 1	IO12	



LED BOMBA 1	IO4
LED BOMBA 2	IO5
LED BOMBA 3	IO15
LED BOMBA 4	IO19
LED BOMBA 5	IO21

**Tabela 4: Placa Driver de Saída a Transistor - Led.**

Fonte: Grupo TCC.

PLACA DE CONTROLE - SINAIS DIRETO:		
ALIMENTAÇÃO:		
3,3V		
SINAIS:		
PH	PH	IO32
BT LIGA	BT1	IO25
BT DESLIGA	BT3	IO34
BT SAÍDA	BT2	IO22

**Tabela 5: Placa de Controle Sinais Direto.**

Fonte: Grupo TCC.

## 7. Software

Para fazer a programação do sistema utilizou-se o Arduino IDE devido à facilidade de se encontrar conteúdos de auxílio e a grande quantidade de referências de projetos com o ESP32 existentes na internet.

## 8. Comunicação com a Nuvem

Para fazer a comunicação do sistema com a nuvem fora associado o hardware contral (ESP32) com a plataforma da empresa Ubidots, que é um ambiente desenvolvido para facilitar a criação de aplicações IoT oferecendo diversas possibilidades de criações com maior facilidade de uso.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 9. Arquitetura de Comunicação do Projeto

Na arquitetura do projeto é possível observar como o projeto é possível ser dividido em 3 bloco, sendo: Sistema Local, Nuvem e Localização do Usuário, conforme Figura 32.



**Figura 32: Arquitetura de Comunicação do Projeto STAR**  
**Fonte: Grupo TCC.**

## 10. Estudo Técnico Financeiro do Projeto

### 10.1. Premissas Adotadas

Para que se possa fazer uma estimativa de gastos e tempo de retorno do projeto e ainda decidir se essa solução é de fato viável é recomendado adotar algumas premissas, abaixo segue alguns parâmetros estabelecidos para que os cálculos fiquem mais fáceis de serem entendidos:

- 1) (F) Tamanho da família = 4 pessoas
- 2) (P) Quantidade de apartamentos no prédio = 20 apartamentos/famílias<sup>1</sup>
- 3) (C) Consumo de água médio para uma família de 4 pessoas =  $8\text{m}^3/\text{ano}$
- 4) (S) Porcentagem de água gasta em descarga sanitária = 14%
- 5) (L) Porcentagem de água gasta para limpeza de áreas comuns = 5%
- 6) (A) Área de captação de água =  $300\text{m}^2$
- 7) (Pr) Precipitação média de chuva no ano = aprox. 1,34m
- 8) (CP) Custo do Projeto = aprox. R\$8.000

É importante ressaltar que a água de reuso não pode ser utilizada para fins em que se tem consumo, ou seja, não se pode beber, lavar louça/roupa, não se pode tomar banho etc. Portanto os únicos fins para os quais se pode utilizar água de reuso são para limpeza de áreas comuns como varandas e sacadas e para alimentação da descarga em vasos sanitários.

### 10.2. Memorial de Cálculo

Observação: Para entendimento do cálculo feito na Tabela 6, foi colocado um formulário em cima e a conta efetiva abaixo, as letras contidas no formulário estão explicadas no item 13.1.

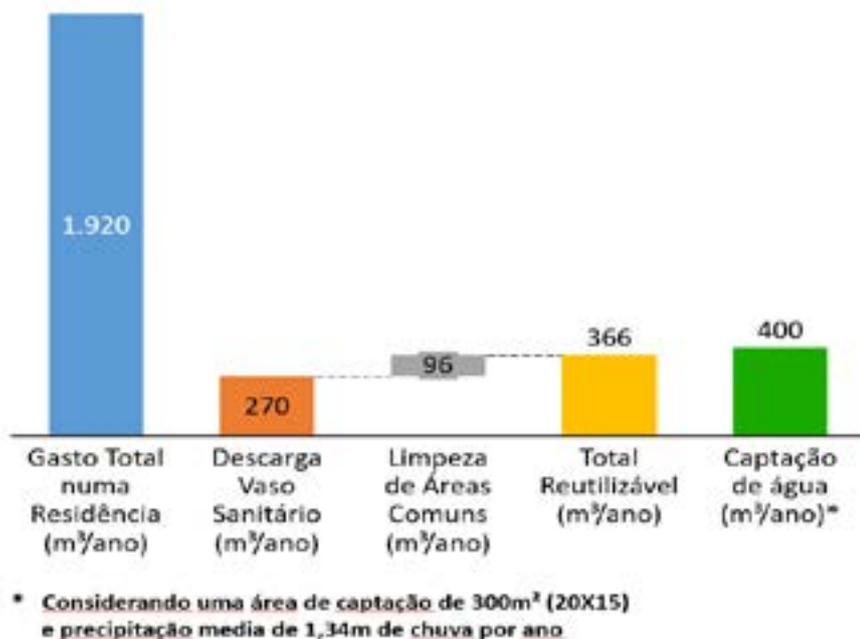
<sup>1</sup> Está sendo estudada a aplicação desta solução em condomínios residenciais neste primeiro momento.

1-	Gasto total de água no prédio residencial no ano (m <sup>3</sup> /ano)	GT = (P*C)*12 Formulário GT = (20*8)*12 = 1920[m <sup>3</sup> /ano]
2-	Gasto de água com descarga sanitária por ano (m <sup>3</sup> /ano)	GS = GT*S Formulário GS = 1920*14% = 270[m <sup>3</sup> /ano]
3-	Gasto de água com limpeza de áreas comuns por ano (m <sup>3</sup> /ano)	GL = GT*L Formulário GL = 1920*5% = 96[m <sup>3</sup> /ano]
4-	Total de água reutilizável	GR = GS+GL Formulário GR = 270+96 = 366[m <sup>3</sup> /ano]
5-	Água captável por ano	AC = A*Pr Formulário AC = 300*1,34 = 402[m <sup>3</sup> /ano]
6-	Consumo mensal de água no prédio em questão	GM = GT/12 Formulário GM = 1920/12 = 160[m <sup>3</sup> /ano]

**Tabela 6: Memorial de Cálculo de Consumo de Água em [m<sup>3</sup>/ano]**

Fonte: Grupo TCC

Perfil de gasto de água em prédio com 20 famílias, conforme Figura 33.



**Figura 33: Perfil de Gasto de Água em Prédio com 20 Famílias.**

Fonte: Grupo de TCC.

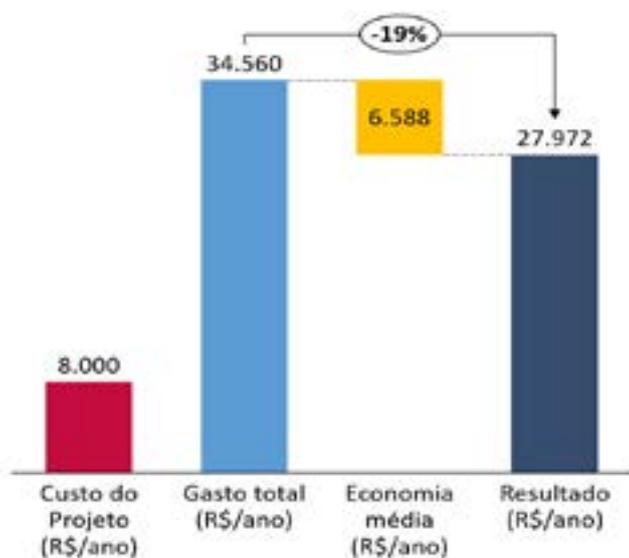
Para que se possa fazer a conversão dos valores em [m<sup>3</sup>/ano] em [R\$/ano] e ter um panorama financeiro do consumo de água é necessário saber qual a tarifa da Sabesp será aplicada, para isto deve-se conhecer o consumo mensal e posteriormente verificar nas tabelas fornecidas na internet qual a tarifa a ser utilizada, vale lembrar também que em São Paulo paga-se duas vezes a tarifa de água, pois uma é para a utilização propriamente dita e a outra é para a utilização do esgoto, ou seja, paga-se para escoar a água utilizada para a rede de esgoto. Como o consumo mensal é de aproximadamente 160[m<sup>3</sup>/mês] a tarifa aplicada será em média R\$9,00 e o valor total pago por m<sup>3</sup> de água será de R\$18,00 (Água+Esgoto). Veja na Tabela 7 as contas para conversão do consumo e cálculo de retorno sobre investimento e na Figura 34 é colocado de forma gráfica os resultados da conversão considerando também o custo do projeto e a economia com a aplicação do STAR.

7-	Gasto total de água no prédio residencial no ano (R\$/ano)	GTr = GT*18 Formulário GTr = 1920*18 = 34.560[R\$/ano]
8-	Economia média (R\$/ano)	GRr = GR*18 Formulário GRr = 366*18 = 6.588[R\$/ano]
9-	Valor gasto aplicando-se água de reúso	GLr = GTr-GRr Formulário GLr = 34.560-6.588 = 27.972[R\$/ano]

10- Tempo de retorno do valor investido [meses]	TR = GRr/CP Formulário GRr = 8000/6.588 = aprox. 14[meses]
---	---

**Tabela 7: Consumo de Água em [m³/ano]**

Fonte: Grupo TCC



**Figura 34: Conversão do Gasto em [m³/ano] para [R\$/ano]**

Fonte: Grupo de TCC.

### 11. Avaliação de Resultados Obtidos.

A princípio sentiu-se dificuldade quanto a documentação referente as portas I/O do ESP32, pois a placa pode ser desenvolvida e vendida por diversas empresas. Assim cada uma montando conforme a sua vontade, então para encontrar a listagem exata conforme a placa deste projeto foi algo difícil.

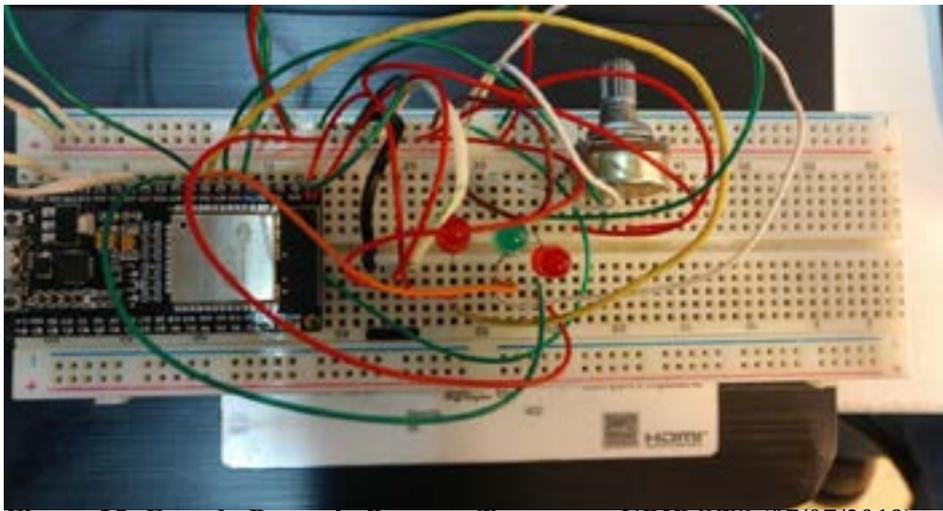
Quanto a IDE, para o desenvolvimento foi necessário interpretar as características da IDE Arduino para a programação, a qual possui características específicas mesmo que utilizando a linguagem em C.

Teve-se ainda de desenvolver grande conhecimento quanto a conexão com nuvem (Cloud) pois trata-se de uma tecnologia recente e pode ser desenvolvida de diversas formas, neste caso fora optado pelo UBIDOTS que possui um supervisor prático e simples além de poder ser utilizado de diversas formas.

Embora no momento já existam no mercado modelos de módulos mais poderosos, com maior disponibilidade de entradas e saídas que logicamente permitem um maior número de pontos para obtenção de informações e controles, momentaneamente a arquitetura apresentada possibilitou-nos a obtenção de recursos suficientes para as análises de dados.

Teve-se que pesquisar quanto ao tratamento de PH, pois a água pode ser corrigida de diversas formas. Assim teve-se de desenvolver uma forma de leitura para interpretação dos dados e a correção dos mesmos, onde foi necessário desenvolver vários testes para o desenvolvimento do mesmo.

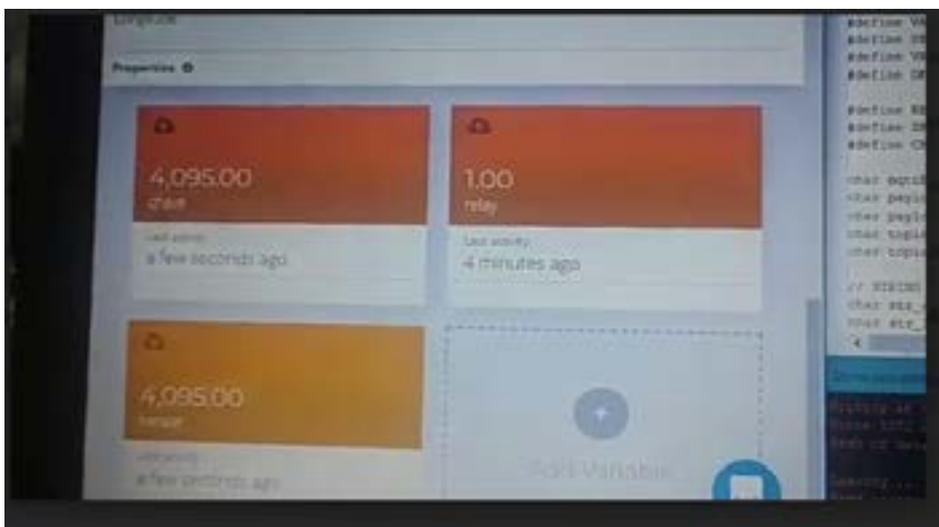
Como teste inicial simulou-se o acionamento de dois led's já conectados via IoT e observou-se se eles respondiam aos comandos gerados via rede, sendo um indicativo do acionamento de um sensor e o outro de uma chave. Foi nesse momento que observamos a relação entre o tempo de acionamento via teclado do computador e o acionamento na placa de experimento conforme Figura 35.



**Figura 35: Foto da Bancada Durante Testes com UBIDOTS (07/07/2019).**

**Fonte: Grupo TCC.**

De imediato percebeu-se nos testes iniciais um pequeno diferencial de tempo que ocorre no momento registrado entre a ativação de um componente seja ele um relé ou sensores e o registros coletados e mostrados nos controles na tela (nuvem) do computador. Este evento inicialmente foi corrigido (minimizado), ajustando e conciliando melhor os tempos solicitados nas rotinas denominadas delay no software em conjunto com algumas calibrações nos componentes eletrônicos. Posteriormente foi avaliado que também eram ocasionados pela variação de velocidade de transmissão dos provedores de internet existentes no momento, os servidores da rede local. Após ter-se resolvido estes problemas momentâneos, obtive-se alguns registros de dados que estão mostrados na Figura 36, que demonstraram a eficiência e a precisão de dados recebidos no caso o acionamento dos LED's de teste indicados na Figura 30 como sensor e chave.

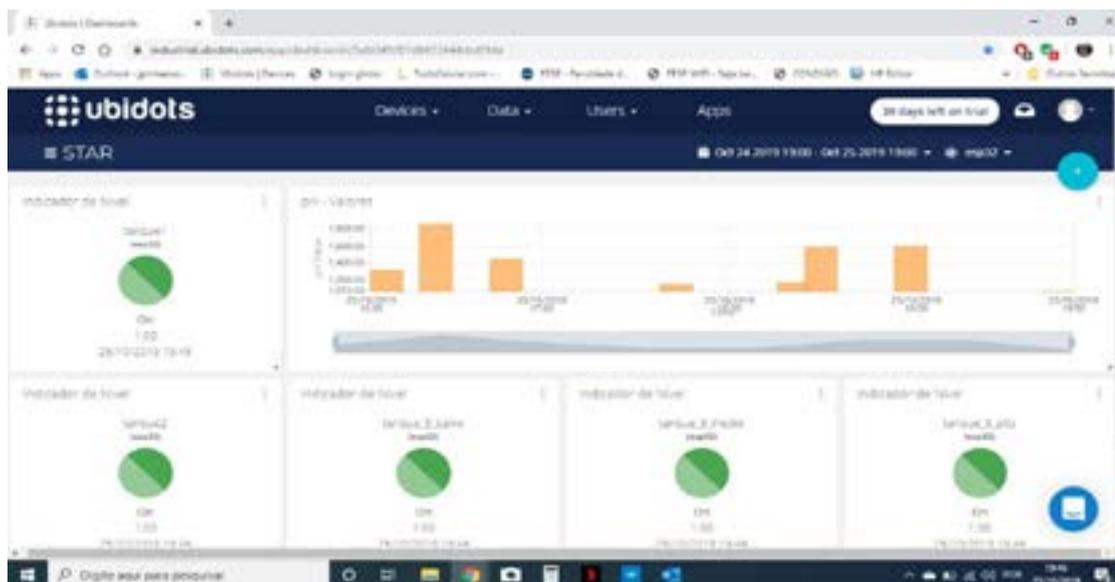


**Figura 36: Foto da Bancada Durante Testes com UBIDOTS (20/07/2019).**

**Fonte: Grupo TCC.**

Esperava-se ter muita dificuldade em efetuar a conexão entre os equipamentos envolvidos, o computador e placa ESP32 Arduino IDE o que não ocorreu porque na mesma já vem embarcada com soluções muito interessantes como modulo de comunicação ethernet e isto facilita bastante. Grande parte do tempo do projeto foi aplicado em desenvolvimento de softwares. As telas no ambiente Ubidots são bem amigáveis o que facilitou em muitos a obtenção dos dados que são mostrados, conforme Figura 37, o que se permite entender a grande abrangência de possibilidades nos recolhimentos dos dados oriundos nos controles dos processos

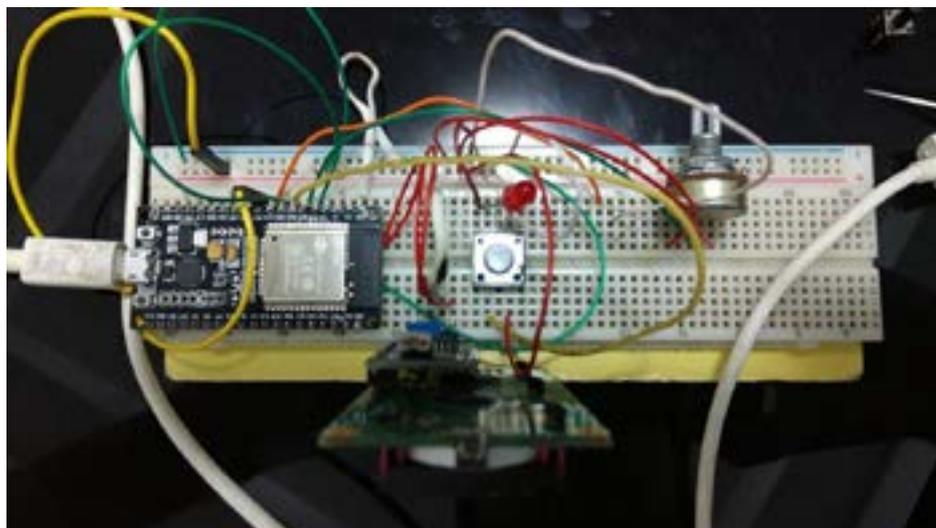
implantados, tais como sinalização de acionamentos, status de grandezas interessantes no processo, ocorrências de falhas por causas diversas.



**Figura 37: Foto Tirada da Tela de Aquisição de Dados (25/10/2019).**  
**Fonte: Grupo TCC.**

Terminado essa primeira fase de testes iniciais, foi possível então dar seguimento aos testes da arquitetura de controle proposta no Sistema STAR conforme sequência ilustrada nas Figuras 38 a 43.

- Testes relacionados a automação do projeto:



**Figura 38: Foto Tirada Durante Testes Simulando a Automação (07/09/2019).**  
**Fonte: Grupo TCC.**

Começou-se na sequência alguns testes referentes as rotinas e sub-rotinas do software quanto a automação do projeto, verificando passo-a-passo rotina a rotina do projeto, onde encontrava-se dificuldades quanto a linguagem e fluxo do projeto, assim resolvendo cada parte do software.

20 Foram feitos testes onde verificava-se esta comunicação entre hardware e nuvem, utilizando dois valores fixos os publicava-se na nuvem e controla-se um led com um botão virtual de liga/desliga que era acionado na placa

Executou-se testes para avaliar e obter algumas leituras do display e proceder algumas regulagens necessárias para melhorar melhor nitidez.

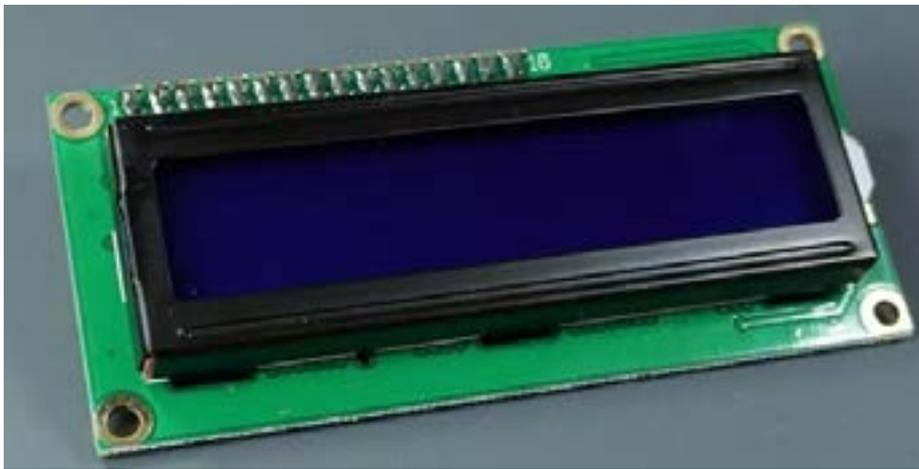


Figura 39: Display 16x2.

Fonte: RANDOM NERD TUTORIALS.

<https://randomnerdtutorials.com/esp32-esp8266-i2c-lcd-arduino-ide/>. Acesso em: 14/09/2019, 20:30 Horas.

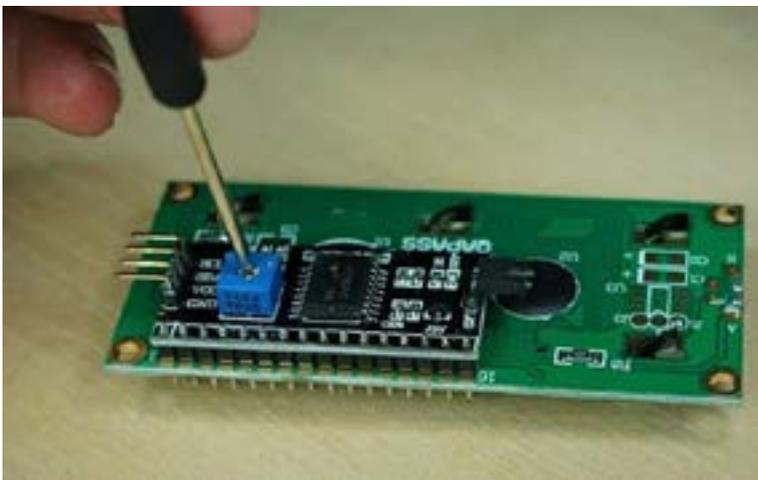
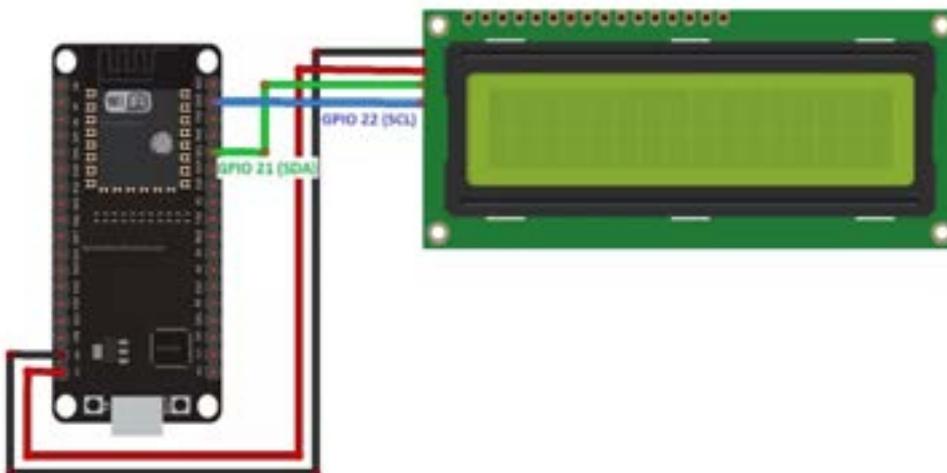


Figura 40: Ajuste de Contraste do Display 16X2.

Fonte: RANDOM NERD TUTORIALS.

<https://randomnerdtutorials.com/esp32-esp8266-i2c-lcd-arduino-ide/>. Acesso em: 14/09/2019, 20:30 Horas.



21

Figura 41: Esquema de Ligação de Display.

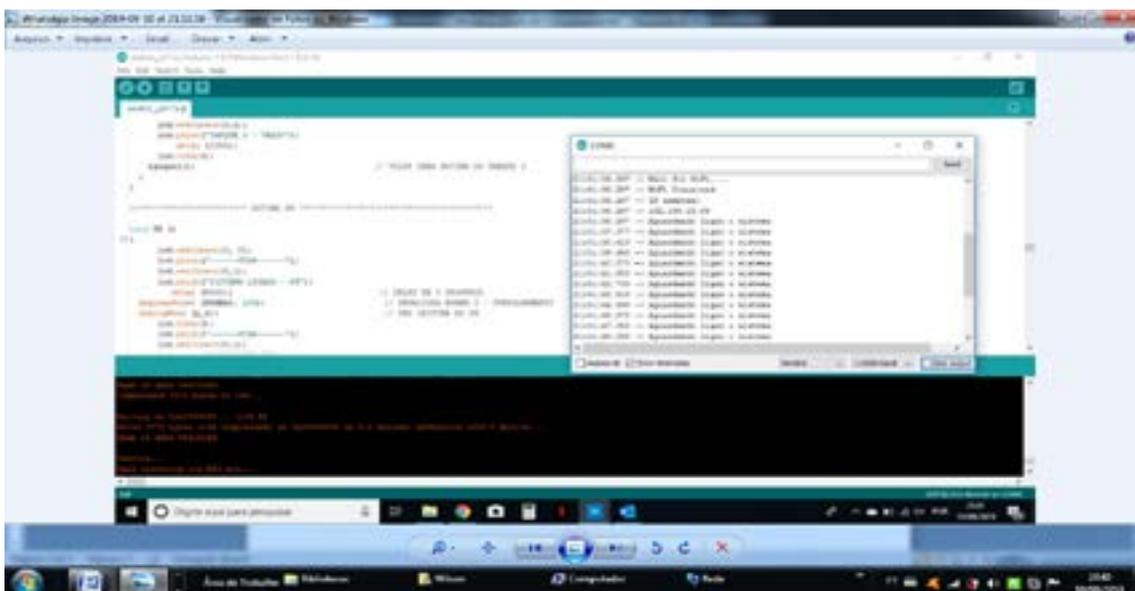
Fonte: RANDOM NERD TUTORIALS.

<https://randomnerdtutorials.com/esp32-esp8266-i2c-lcd-arduino-ide/>. Acesso em: 14/09/2019, 20:30 Horas.

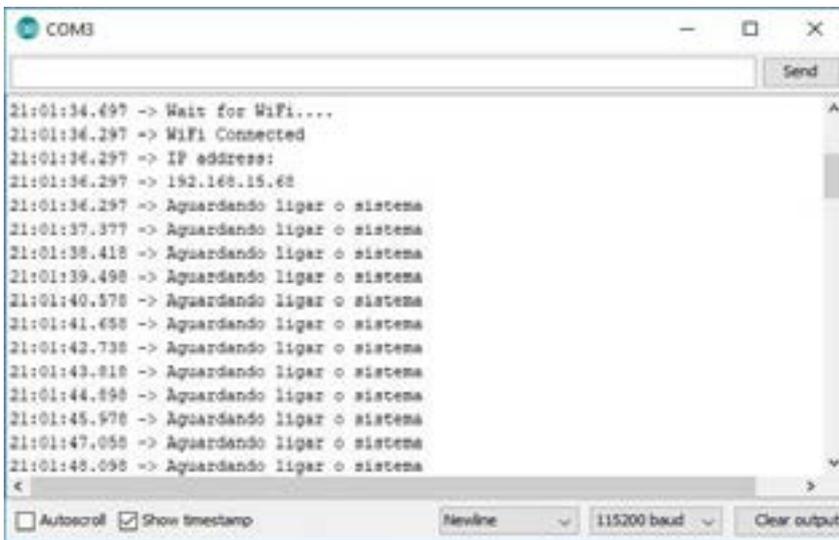


**Figura 42: Foto Tirada Durante Testes com Display (24/08/2019).**  
**Fonte: Grupo TCC.**

Nas Figuras 43 e 44, tem-se as primeiras telas do sistema, já indicando que está pronto para início:



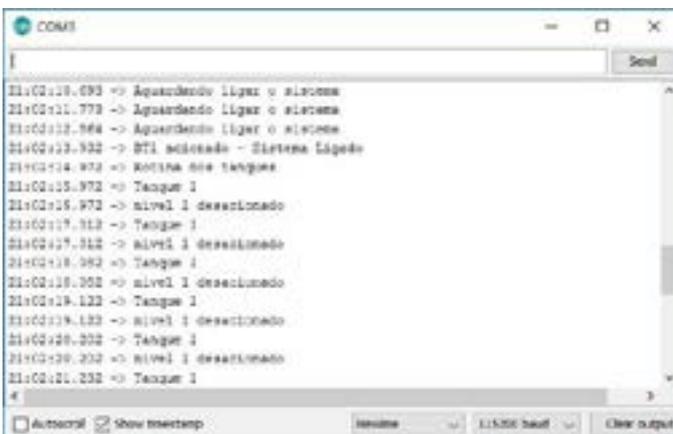
**Figura 43: Foto Durante Testes e Resultados da Automação (30/08/2019).**  
**Fonte: Grupo TCC.**



**Figura 44: Foto de Retorno do Software (30/08/2019).**  
**Fonte: Grupo TCC.**

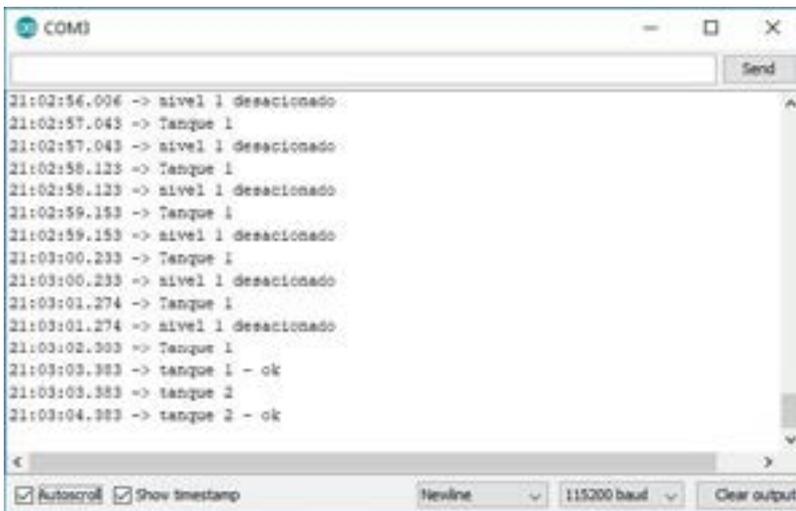
Foram testadas as rotinas de acompanhamento dos tanques tais como o status da condição momentânea de cada tanque, ou seja, se o mesmo indicava o nível cheio ou vazio, conforme ilustram as Figuras 45 e 46, conforme simulávamos na placa de hardware o mesmo respondia satisfatoriamente com a indicação na tela de nosso computador no ambiente da nuvem.

- Teste de acionamento liga / desliga da bomba BT1 e chave de bloqueio Ch1 como aberta ou fechada. Tanque 1 armazenamento inicial em vazio, como indicado na Figura 46, de alteração de status para cheio:



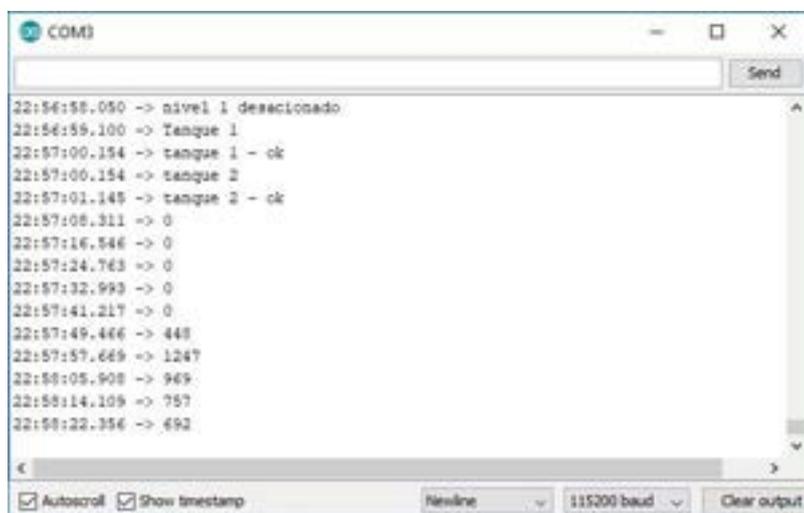
**Figura 45: Foto de Retorno do Software (30/08/2019).**  
**Fonte: Grupo TCC.**

- Tanque 2, simulação inicial como vazio, como indicado na Figura 46 e simulação de alteração de status para cheio:



**Figura 46: Foto de Retorno do Software (30/08/2019).**  
**Fonte: Grupo TCC.**

Medição de Ph no hardware como base, indicação como base Figura 48, alteração no hardware de base para ácido, verificação de indicação mostrada na tela. Durante o processo de flotação, na correção de Ph, foi considerada uma rotina de delay a qual necessariamente se faz obrigatória por se tratar de uma sequência na qual são analisados resultados de experimentos físico-químicos, demandando uma sequência de coletar, analisar, e caso necessário fazer a intervenção de correção. Esta sequência demanda grande atenção por ser influenciada diretamente pelo volume de substância a ser tratada. Após a sequência de correção de Ph e o mesmo apresentar o índice desejado, que é o mais próximo da faixa entre 6 e 7, foi verificado o status da chave de bloqueio Ch2 indicado na Figura 47, possibilitando o escoamento por gravidade para a sequência que seria o armazenamento de água de reuso pronta para o uso.



**Figura 47: Foto de Retorno do Software (30/08/2019).**  
**Fonte: Grupo TCC.**

- Tanque 3, este tanque por se tratar basicamente de armazenamento e liberação para o usuário, testou-se o status das chaves de níveis baixos, médio e alto, e o status da bomba B2 ligada / desligada.

## 12. Oportunidades de Melhoria

### 12.1. Inserir conceitos de Inteligência Artificial, Machine Learning e Business Analytics.

Aplicando esses conceitos, o STAR passa a se tornar uma solução muito mais completa e inteligente do que um simples sistema automatizado conectado com a nuvem, o sistema conseguirá fazer análise de dados e to-

mar decisões baseados padrões de informações, será possível também fazer comparações entre residências e tornar a operação do sistema ainda mais sustentável.

## 12.2. Operação Remota

O sistema supervisor do STAR está programado apenas para mostrar as informações fornecidas pelo sistema, mas isso faz com que o operador tenha pouca autonomia quando estiver visualizando o sistema a distância, ou seja, na verdade será necessário que a pessoa tenha sempre que se deslocar até o painel para fazer alguma intervenção. Aplicando a melhoria proposta de tornar o sistema supervisor uma interface de operação fará com que a operação seja muito mais otimizada e o conforto de quem for responsável pelo sistema será aumentado em muito, fazendo que o STAR possa ser operado até a grandes distâncias através de smartphones, um exemplo disso é visto na Figura 48.



**Figura 48: Operação Remota de Sistemas**

**Fonte:** <https://engprocess.com.br/operacao-remota/>. Acesso em: 14/10/2019, 13:20.

## 12.3. Conexão com sistema de gerenciamento de energia

Além da questão de operar o sistema remotamente, outro avanço que pode ser implementado no projeto é a conexão do STAR com sistemas de gerenciamento de energia, tornando o gerenciamento de recursos muito mais abrangente, ou seja, será possível enxergar a utilização de energia elétrica e de água tornando a tomada de decisão sobre o consumo global de recursos mais assertiva e estratégica.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

25

A partir do estudo realizado no presente TCC e de algumas discussões com os nossos professores ao longo do desenvolvimento do trabalho, entendeu-se o quão importante é o conceito de sustentabilidade e como a conexão de sustentabilidade e engenharia pode criar grandes oportunidades. É visível que este projeto tem grandes melhorias que podem ser aplicadas e que podem surgir modelos de negócios promissores para o futuro, abaixo estão elencados alguns pontos importantes para serem observados para desenvolvimentos

### 13. Oportunidades de Aplicações

#### 13.1. Aplicações em condomínios do Programa Minha Casa Minha Vida

A aplicação de sistemas de reuso de água em condomínios do Programa Minha Casa Minha Vida traz uma nova cara para o programa, a partir deste marco é possível ressaltar não só a melhoria na vida das pessoas e ascensão social bem como o foco em sustentabilidade, ou seja, é visto na prática a existência do tripé da sustentabilidade cujos pilares são soluções **socialmente Justas, economicamente viáveis e ambientalmente equilibradas**, é possível imaginar a quantidade de água economizada em um condomínio como o da Figura 49 caso um sistema como o STAR seja incorporado ao projeto.



Figura 49: Condomínio do Programa Minha Casa Minha Vida em Barra do Coroa-MA

Fonte: <http://www.barradocorda.ma.gov.br/site/prefeitura-sorteara-1-000-casas-do-programa-minha-casa-minha-vida/>. Acesso em: 15/10/2019, 14:20.

#### 13.2. Comercialização de Água de Reuso

É preciso estudar com mais profundidade este mercado e entender as legislações aplicáveis em maiores detalhes, mas é visível que é um nicho muito promissor. Basta imaginar as inúmeras finalidades que podem receber água de reuso por exemplo em lavagem de grandes frotas logísticas, de ônibus, ou de carros; Limpeza de grandes pátios industriais e/ou logísticos; Limpeza de ruas e calçadas, limpeza de prédios, e assim por diante. Se para toda aplicação em que não demanda água consumível, for aplicada água de reuso é certo que a economia experimentada será praticamente incalculável e isso faz com que nossas cidades se tornem cada vez mais inteligentes e sustentáveis. A prefeitura de São Paulo já faz a distribuição deste tipo de água conforme Figura 50.



Figura 50: Caminhão de Distribuição de Água de Reuso.

Fonte: <https://www.boavontade.com/pt/ecologia/o-que-e-agua-de-reuso-da-pra-beber>. Acesso em: 15/10/2019, 14:15.

### Próximos Passos.

- Desenvolver um artigo Acadêmico e Submeter em um congresso nacional.
- Tornar o código do STAR mais bem estruturado utilizando o VScode.
- Patentear o Produto.
- Estruturar projeto para empreendimentos novos e para empreendimentos já existentes considerando custos e modelos de atuação para ambos os casos.
- Estruturar um Plano de Negócios iniciando uma startup.
- Desenvolver mercado de comercialização de água de reuso

### REFERÊNCIAS

#### A) Livros, Revistas e Sínteses:

BEGA, Egídio Alberto. **Instrumentação Industrial**. Rio de Janeiro, Editora: Interciência, Edição 3, pág. 193 a 287. ISBN 978.85.7193.137.4. 2006.

BOYLESTAD, Robert L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria dos Circuitos**. São Paulo, Editora: Pearson, Edição 11, pág. 15 a 45. ISBN 85.6457.421.7. 2013.

DORF, Richard C. **Sistemas de Controle Modernos**. Rio de Janeiro, Editora: LTC, Edição 12, pág. 01 a 35. ISBN 978.85.2161.995.6. 2013.

ELETOBRÁS. **Instrumentação e Controle: Guia Básico** / [et al.]. Brasília: IEL/NC, 218 páginas. il. ISBN 978.85.8725.736.9. 2008.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Manual para Aproveitamento Emergencial de Águas Cinza do Banho e da Máquina de Lavar**. São Paulo, 32 páginas. ISBN 978.85.0900.185.8. 2016.

KATS, Greg. **Tornando Nosso Ambiente Construído Mais Sustentável, Custos, Benefícios e Estratégias**. Washington, Editora: ISLANDPRESS. 248 páginas. ISBN-13: 978.15.9726.667.3. 2010.

MALVINO, Albert P. **Eletrônica: Volume 1**. Porto Alegre, Editora: AMGH, Edição 4, pág. 685 a 693. ISBN 83.4603.782.X. 1995.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. São Paulo, Editora: Pearson, Edição 4, pág. 45 a



REZENDE, Amanda Teixeira de. **Reuso Urbano de Água para Fins Não Potáveis no Brasil**. UFJF – Engenharia Ambiental e Sanitária, pág. 04 a 30. 2016

STEVAN Jr, Sergio Luiz. **Automação e Instrumentação Industrial Com Arduino - Teoria e Projetos**. São Paulo, Editora: Erica, Edição 1, 296 páginas. ISBN 978.85.3651.478.9. 2015.

TOCCI, Ronald. **Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações**. São Paulo, Editora: Pearson, Edição 10, pág. 564 a 752. ISBN 978.85.7605.095.7. 2007.

#### Sites e Pesquisas:

AMBIENTES AMBIENTE BRASIL. **Crea PR – Conselho Federal De Engenharia E Agronomia - Uso e Reuso da Água – Série Cadernos Técnicos Da Agenda Parlamentar - Legislação e Normatização do Reuso da Água**. [https://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/uso\\_e\\_reuso\\_da\\_agua/legislacao\\_e\\_normatizacao\\_do\\_reuso\\_da\\_agua.html](https://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/uso_e_reuso_da_agua/legislacao_e_normatizacao_do_reuso_da_agua.html). Acesso: 20/04/19 às 16:11 Horas.

ARDUINO. **Documentação de Referência da Linguagem Arduino**  
<https://www.arduino.cc/reference/pt/>. Acesso em 12/07/2019 às 19:30 Horas.

AWS AMAZON. **O que é Nuvem**.

<https://aws.amazon.com/pt/what-is-cloud-computing/>. Acesso em 29/08/2019 às 19:43 Horas.

BARRA DO CORDA. **Programa Minha Casa Minha Vida**.

<http://www.barradocorda.ma.gov.br/site/prefeitura-sorteara-1-000-casas-do-programa-minha-casa-minha-vida/>. Acesso em: 15/10/2019 às 14:20.

BOA VONTADE. **O que é Água de Reuso e Dá Pra Beber**.

<https://www.boavontade.com/pt/ecologia/o-que-e-agua-de-reuso-da-pra-beber>. Acesso em: 15/10/2019 às 14:15.

BOTNROLL. **Placa De Desenvolvimento ESP32 – Expressif**. <https://www.botnroll.com/pt/varias/2452-placa-de-desenvolvimento-esp32-expressif.html>. Acesso em: 13/09/2019 às 17:39 Horas.

DOCS ESPRESSIF. **Fórum De Discussões – Documentação e Arquitetura de ESP32**. <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/get-started/index.html>. Acesso em 06/08/2019 às 22:00 Horas.

ELCOINDUSTRIA. **Automação Industrial**. <https://elcoindustria.com.br/automacao-industrial-evolucao-tecnologica-linhas-de-producao/>. Acesso em: 23/10/2019 às 16:44 Horas.

ENGPROCESS. **Operação Remota**.

<https://engprocess.com.br/operacao-remota/>. Acesso em: 14/10/2019, 13:20.

EXPRESSO DAS ILHAS. **Discussão Sobre a Quarta Revolução Industrial**. <https://expressodasilhas.cv/economia/2019/01/12/estamos-prontos-para-a-quarta-revolucao-industrial/61822>. Acesso em: 22/10/2019 às 14:22 Horas.

FORUM ARDUINO – **Discussões Arduino**

<https://forum.arduino.cc/index.php?board=4.0>. Acesso em 11/08/2019 às 21:00 Horas.

GIT HUB. **Fórum De Discussões – Documentação, lógica e arquitetura de ESP32**.

[https://github.com/espressif/esp-idf/search?q=esp32&unscoped\\_q=esp32](https://github.com/espressif/esp-idf/search?q=esp32&unscoped_q=esp32). Acesso em 18/08/2019 às 20:10 Horas.

28

HELP UBIDOTS. **Fórum De Discussões – Série de Discussões de conexões esp32**. <https://help.ubidots.com/en/articles/748067-connect-an-esp32-devkitc-to-ubidots-over-mqtt>. Acesso em 29/07/2019 às 20:30 Horas.

INDUSTRIAL UBIDOTS. <https://industrial.ubidots.com/accounts/signin/>. Acesso em: 12/09/2019 às 13:28 Horas.

**INTERNET SOCIETY – A Brief History of the Internet.**

<https://www.internetsociety.org/internet/history-internet/brief-history-internet/>. Acesso em 29/08/2019 às 20:30 Horas.

**IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS E TECNOLÓGICAS. Manual para Captação Emergencial e Uso Doméstico de Água de Chuva.** <http://www.ipt.br/noticia/905-passo-a-passo:agua-de-chuva.htm>. Acesso: 20/04/19 às 16:21 Horas.

**MIXVALE. Nova Proposta do Programa Minha Casa Minha Vida.** <https://www.mixvale.com.br/2019/09/08/nova-proposta-do-programa-minha-casa-minha-vida-casas-com-reuso-de-agua-e-com-painel-solar/>. Acesso em: 25/10/2019 às 10:35 Horas.

**NAÇÕES UNIDAS. “Até 2030 Planeta Pode Enfrentar Déficit de Água de Até 40%, Alerta Relatório da ONU”** <https://nacoesunidas.org/ate-2030-planeta-pode-enfrentar-deficit-de-agua-de-ate-40-alerta-relatorio-da-onu/>. Acesso: 13/04/19 às 16:33 Horas.

**QUALIDADE ONLINE. As Tendências da Automação.** <https://qualidadeonline.wordpress.com/2015/03/18/as-tendencias-da-automatizacao-industrial/>. Acesso em: 02/11/2019 às 12:50 Horas.

**RANDOM NERD TUTORIALS. How To Use I2C LCD With ESP32 On Arduino Ide.** <https://randomnerdtutorials.com/esp32-esp8266-i2c-lcd-arduino-ide/>. Acesso em: 14/09/2019 às 20:30 Horas.

**RESEARCHGATE. Requirements For Testing And Validating The Industrial Internet Of Things.** [https://www.researchgate.net/publication/324797771\\_Requirements\\_for\\_Testing\\_and\\_Validating\\_the\\_Industrial\\_Internet\\_of\\_Things](https://www.researchgate.net/publication/324797771_Requirements_for_Testing_and_Validating_the_Industrial_Internet_of_Things). Acesso em: 12/09/2019 às 22:39 Horas.

**ROTOGINE. Levantamento do Consumo de Água em Residências.** [http://www.rotogine.com.br/site/?page\\_id=205](http://www.rotogine.com.br/site/?page_id=205). Acesso em: 26/10/2019 às 20:33 Horas.

**SABESP. Água de reuso.** <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=583>. Acesso: 20/04/19 às 16:15 Horas.

**SALES FORCE. O que é Cloud Computing** <https://www.salesforce.com/br/blog/2016/02/o-que-e-cloud-computing.html>. Acesso em 29/08/2019 às 20:00 Horas.

**STORE ARDUINO. Arduino MEGA 2560.** <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>. Acesso em: 02/05/2019 às 14:30 Horas.

**STORE ARDUÍNO. Arduino Yún.** <https://store.arduino.cc/usa/arduino-yun>. Acesso em: 02/05/2019 às 15:00 Horas.

**UBIDOTS. Fórum De Discussões – Série de Discussões de conexões.** <https://ubidots.com/community/t/solved-only-one-variable-will-publish-using-esp32-and-revised-sample-sketch/1384/10>. Acesso em 30/07/2019 às 23:30 Horas.

**VISUINO. Arduino** <https://www.visuino.com/>. Acesso em: 01/05/2019 às 13:00 Horas.

**WIKIPEDIA. Cloud Computing** - [https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud\\_computing#/media/File:Cloud\\_computing.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing#/media/File:Cloud_computing.svg). Acesso em: 12/09/2019, 22:29 Horas.

29

**YOUTUBE. Série de Aulas**

<https://www.youtube.com/playlist?list=PL7CjOZ3q8fMe6DxojEFuDx4BP0qbbpKtP>. Acesso em: 30/08/2019 às 21:30 Horas.