



---

**ETEC JORGE STREET**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO TÉCNICO EM MECATRÔNICA**

**(C.A.C.A.) Coletor de Água de Chuva Automático**

**Danilo Yuki Adinolfi Hori  
Felipe Augusto Faustino Bassetto  
Guilherme de Lima Neves  
Guilherme Medeiros e Silva  
Lucas Neri Cerigatto  
Moisés Martinez Rodrigues  
Pedro Henrique Gregório Ramos**

**Professores Orientadores:  
Luiz Antônio Carnielli  
Renê Graminhani**

**São Caetano do Sul / SP  
2017**

**C.A.C.A.**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como pré-requisito para  
obtenção do Diploma de Técnico em  
Mecatrônica.

**São Caetano do Sul / SP  
2017**

## RESUMO

Não é de hoje que as reservas de água, no país e no mundo, estão sofrendo com inéditas baixas em seus níveis. Grandes represas e reservatórios enfrentam uma crise hídrica decorrente da queda da precipitação e aumento do consumo e desperdício por parte da população. Apesar das campanhas em prol do consumo consciente, os gastos de água voltaram a crescer e a preocupar, principalmente no que se refere à água desperdiçada que, segundo estudo, representa cerca de 40% da água tratada no Brasil. Apesar disso, há pouquíssimos programas e ações em prática não só para conscientizar a população, mas também para combater a perda de água nas tubulações durante seu transporte.

O C.A.C.A. consiste em um sistema de captação e armazenamento automatizado da água da chuva, possibilitando uma maneira prática de economizar água em residências e empresas. O projeto utiliza um sistema simples de sensores e mecanismos micro controlados para gerenciar a captação de água e evitar desperdícios ou transbordamentos, facilitando a utilização da chamada “água de reuso” e promovendo a economia de água e de recursos financeiros por parte do usuário.

Palavras-chave: Reuso, economia, sustentabilidade, armazenamento.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de Blocos.....	14
Figura 2 – Fluxograma.....	16
Figura 3 – Vista Superior.....	17
Figura 4 – Vista Frontal.....	17
Figura 5 – Vista Lateral.....	18
Figura 6 – FMEA.....	20
Figura 7 – GUT.....	21
Figura 8 – Estrutura Montada.....	22
Figura 9 – Sensor de Nível.....	23
Figura 10 – Sensor de Chuva.....	23
Figura 11 – Arduino UNO.....	24
Figura 12 – Servo Motor e peças.....	24

## Sumário

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>10</b>
1.1 – Arduino .....	10
1.2 – Módulo Detector e Sensor de Nível de Água .....	10
1.3 – Sensor de Chuva.....	11
1.4 – Servo Motor.....	12
2.1 – Diagrama em Blocos de Processo .....	14
2.2 – Previsão de Custos .....	15
2.3 – Fluxograma de Programação .....	16
2.4 – Croquis .....	17
2.5 – Cronograma Geral.....	19
2.6 – FMEA .....	20
2.7 – GUT.....	21
<b>3 – DESENVOLVIMENTO DO PROJETO</b> .....	<b>22</b>
3.1 – Estruturas .....	22
3.2 – Eletrônica/Mecânica .....	23
3.3 – Programação.....	24
<b>5 – CONCLUSÃO</b> .....	<b>27</b>
<b>6 – REFERÊNCIAS</b> .....	<b>28</b>

## **Introdução**

A fase de “Brainstorm” trouxe quatro ideias para o grupo, mas três delas possuíam pelo menos uma característica que as tornaram inviáveis. Depois da análise de “prós e contras” de cada ideia, optamos pela mais alcançável, mas após alguns problemas, decidimos abandonar o projeto e começar um novo, mais elaborado e com um potencial maior.

O C.A.C.A. é um sistema automatizado de captação e armazenamento de água de chuva que pode ser instalado em residências ou empresas, propiciando a utilização da precipitação atmosférica como água de reuso em atividades que antes exigiriam água potável.

### **Tema e delimitação.**

A aplicação do C.A.C.A. busca incentivar a economia através da reutilização da água captada, preservando as reservas hídricas, e também tem como função conscientizar a população sobre a importância de se manter hábitos de economia de água em seu dia-a-dia.

### **Objetivos – Geral e Específico**

#### **Geral**

Com o aumento da população e, conseqüentemente, do consumo de água potável, torna-se cada vez mais necessário o consumo consciente desse recurso. Para que futuramente os recursos hídricos não falem, buscar novas formas de reutilização da água é muito importante.

#### **Específico**

Utilizar um sistema micro controlado por meio de sensores e motor para captar e armazenar água da chuva em reservatórios para utilização como água de reuso em residências ou empresas.

**Justificativa**

A escolha desse projeto por parte do grupo se remeteu à busca de uma maneira consciente de evitar o desperdício de água em ambientes urbanos, incentivar a economia de recursos hídricos e, por tabela, financeiros, além de conscientizar a população sobre a importância desses hábitos.

**Metodologia**

Após pesquisa, o grupo concluiu que a metodologia mais adequada à execução do projeto é a metodologia de engenharia com produção de protótipo.

## **1 – Fundamentação Teórica**

### **1.1 – Arduino**

A plataforma Arduino foi desenvolvida na Itália, em 2005 pelo professor Massimo Banzi, que tinha como o objetivo desenvolver uma placa de baixo custo para o aprendizado de seus alunos. Como o Arduino é open-source (plataforma aberta), várias versões do Arduino original surgiram e qualquer pessoa pode construir a sua, com base nas informações disponíveis na internet.

Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre, projetada com um microcontrolador ATMEGA AVR com uma linguagem de programação padrão, na qual tem origem em Wiring, e é essencialmente C/C++. O objetivo do projeto é criar ferramentas que são acessíveis, com baixo custo, flexíveis e fáceis de usar por artistas e amadores, principalmente para aqueles que não teriam alcance aos controladores mais sofisticados e de ferramentas mais complicadas.

Plataformas como o Arduino aumentaram muito o acesso a esses dispositivos uma vez que abstraiu várias camadas do desenvolvimento, ou seja, foi feita uma padronização do hardware e software básico para os microcontroladores e o programador pode atuar com funções que já foram escritas. As funções que exigiam um nível maior de conhecimento já estão pré-programadas nas bibliotecas e iniciantes não precisam sequer tomar conhecimento de sua existência.

Um programa básico para Arduino tem duas funções: Setup () - Executada uma única vez quando a máquina é ligada. Loop () - Fica sendo executada de forma contínua até que a máquina seja desligada ou o botão de reset for pressionado.

### **1.2 – Módulo Detector e Sensor de Nível de Água**

Sensores de Nível, também conhecidos como “chave de nível” ou “boia de nível”, funcionam com contato reed switch e flutuador magnético. O movimento desse flutuador abre ou fecha o contato do reed switch.



Os sensores detectam nível de líquidos em tanques e reservatórios na altura em que forem instalados, com contato ON/OFF como saída. São considerados sensores de baixa potência, pois não são usados diretamente para o acionamento de bombas de água, que possuem potência e correntes altas. Os sensores trabalham numa potência aproximada de 20W, gerando uma corrente suficiente para sinalizações de nível através de uma lâmpada ou aviso sonoro, em sistemas de controles digitais (Arduinos, microcontroladores, inversores de frequência) ou então para acionamento de relés, CLP e contadores para ligar/desligar bombas d'água, por exemplo.

O sensor escolhido é amplamente utilizado na detecção de chuva e de nível da água. Ele possui alta sensibilidade, bastando uma gota para alterar a saída. Em testes feitos em laboratório, alimentando o módulo com 5V, o valor da saída variou entre próximo a 2V (apenas a ponta submersa), até 3,5V (com toda a região sensível submersa) e a saída é "zero" quando há ausência total de água. O sensor pode ser usado em uma porta digital já que a maioria dos microcontroladores reconhece essa faixa 2V a 3,5V, elevando a saída para nível alto quando houver água na superfície. Também pode ser usado para leitura através de uma porta analógica (ADC) para, por exemplo, detectar a variação de nível nos 4cm da área sensível.

Os pinos do Sensor de Nível e Profundidade de Água não devem ser submergidos na água, sob risco de curto-circuito. Para facilitar a instalação existem duas perfurações para fixação do sensor em diversos locais

### **1.3 – Sensor de Chuva**

O Sensor de Chuva é um pequeno dispositivo eletrônico de grande utilidade no desenvolvimento de projetos de automação residencial ou até mesmo robótico. Comumente, o Sensor de Chuva é aplicado em conjunto com outros dispositivos, incluindo o Arduino e pequenos motores, com a importante tarefa de detectar a presença da chuva, avisando ao microcontrolador, e este, conforme programação, acionará os motores para, por exemplo, puxar varais de roupa, fechar janelas, tetos solares, etc.

O Sensor de Chuva funciona em conjunto com um driver. Este tem função de amplificar a sensibilidade da placa de detecção. Portanto, quando a água incidir sobre o sensor, irá conduzir certa tensão entre as trilhas da placa e

consequentemente será feita a detecção. Sua placa é revestida de uma malha condutora, que quando um líquido condutor cai sobre a mesma, a corrente flui de uma malha para a outra. Dessa forma, o comparador coloca na saída digital o valor lógico alto quando não existe corrente ou coloca o valor lógico baixo quando existe corrente, possuindo um LED indicador de status.

Seu drive possui um potenciômetro de precisão, que é possível ajustar a sensibilidade do sensor, alterando o limite entre o sinal lógico baixo e alto na saída digital D0. Esse sensor também conta com uma saída analógica, que pode ser usada quando se faz necessário uma maior precisão.

#### **1.4 – Servo Motor**

O motor servo é um componente eletromecânico de malha fechada, ou seja, seu movimento é proporcional e obedece a um comando. Na maioria das situações, costuma-se usar o Arduino para estabelecer essa relação de comando. Um sinal de controle é interpretado e logo o servo analisa a posição atual e atuando para a posição escolhida.

Assim como o motor de passo, o servo é muito preciso em relação ao posicionamento, possuindo liberdade de  $180^\circ$ , com alguns modelos que podem chegar a  $360^\circ$ .

Sua composição é dividida em quatro:

Sistema atuador:

É constituído por um motor elétrico, na maioria das aplicações, de corrente contínua, porém, existem aplicações onde a corrente alternada é usual. Porta também um conjunto de engrenagens que se denomina caixa de redução, com função de estabelecer uma relação longa alimentando o torque do motor. O sistema atuador é responsável pelo controle da velocidade e torque do motor, liberdade de giro do eixo e consumo.

Sensor:

O sensor funciona como um potenciômetro que trabalha em conjunto com o eixo do servo. Sua resistência elétrica indica a posição angular em que se encontra o eixo. O sensor é diretamente proporcional à precisão, estabilidade e vida útil do servo.

Circuito de controle:

É constituído por componentes eletrônicos ou circuitos integrados. Porta um oscilador e um controle proporcional integrativo e diretivo, que recebe um sinal do sensor informando a posição do eixo, interpretando esse sinal e direciona o motor no sentido necessário para atingir determinada posição. São necessárias três interfaces para a operação de um servo: duas voltadas para a alimentação e uma para o sinal de controle.

Pulso:

O sinal de controle por intermédio do protocolo PPM (modulação por posição do pulso) possui três características básicas: largura mínima, largura máxima e taxa de repetição (frequência). A largura do pulso de controle determinará a posição do eixo:

- Largura máxima equivale ao deslocamento do eixo em + 90° da posição central;
- Largura mínima equivale ao deslocamento do eixo em -90°;

A taxa de repetição é 50Hz e a largura do pulso do sinal de controle varia de 1 a 2ms. Porém um servo motor pode funcionar a 60Hz também.

## 2 – Planejamento do Projeto

### 2.1 – Diagrama em Blocos de Processo

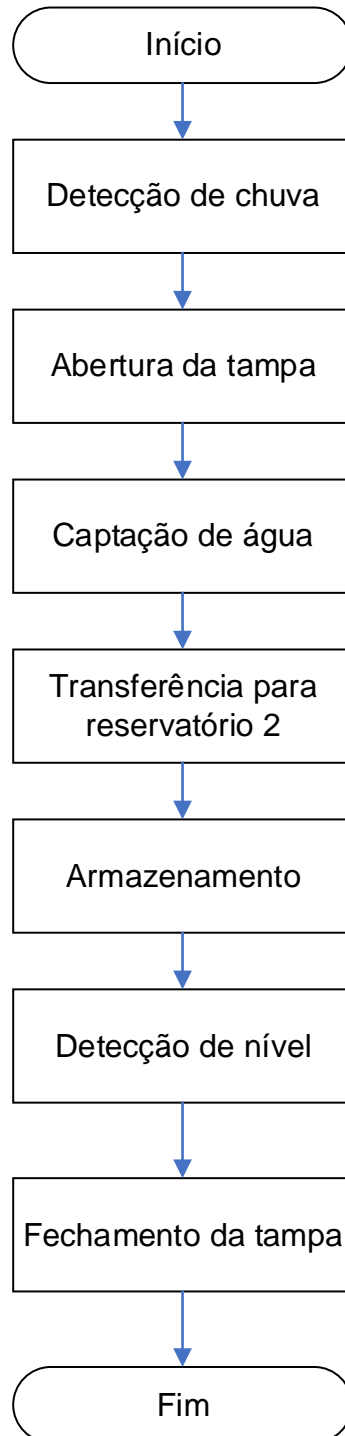


Imagem 1 – Diagrama de Blocos

## 2.2 – Previsão de Custos

<b>Custos (R\$)</b>				
<b>C.A.C.A.</b>				
<b>Item</b>	<b>Qtd.</b>	<b>Preço Unit.</b>	<b>Preço T.</b>	<b>Total</b>
Sensor de Chuva	1	19,8	19,8	–
Sensor de Nível de Água	1	12,9	12,9	–
Arduino UNO R3	1	67,8	67,8	–
Canos da estrutura	1	20,4	20,4	–
Cano de água	1	7	7	–
Bases de madeira	2	10	20	–
Reservatórios	2	14	28	–
Adaptador Roscável para cano	2	17,5	35	–
Tintas Spray	1	22,5	22,5	–
Servo-Motor	1	39	39	–
Conectores	10	1	10	–
<b>Total do projeto</b>	–	–	–	<b>228,4</b>

### 2.3 – Fluxograma de Programação

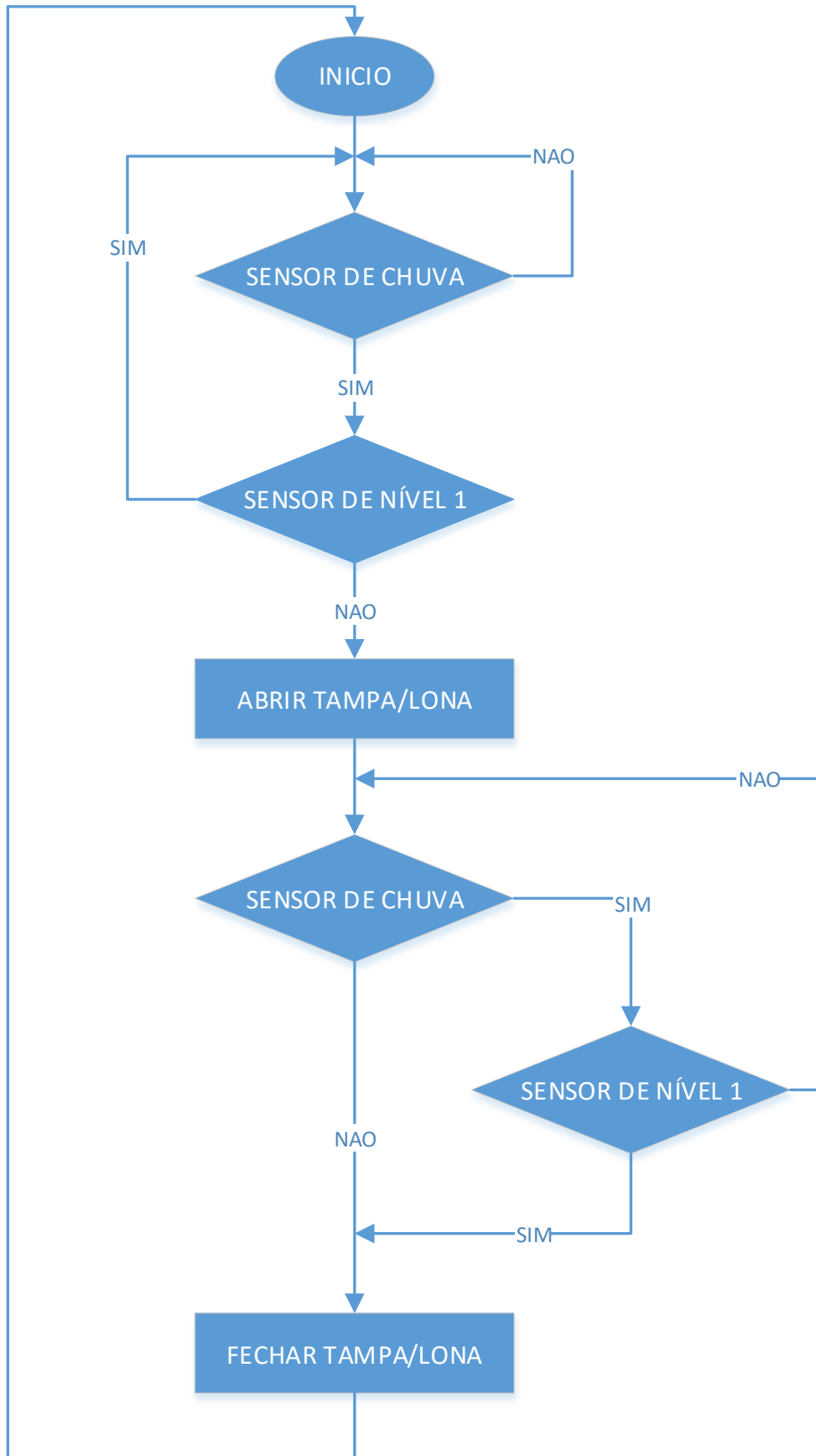


Imagem 2 - Fluxograma

## 2.4 – Croquis

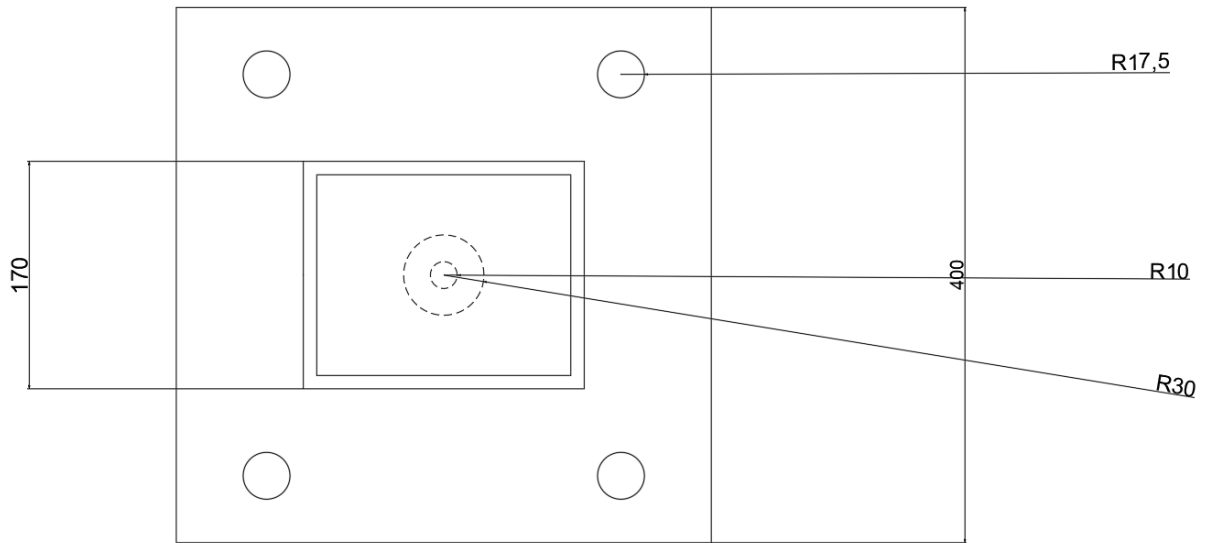


Imagem 3 – Vista Superior

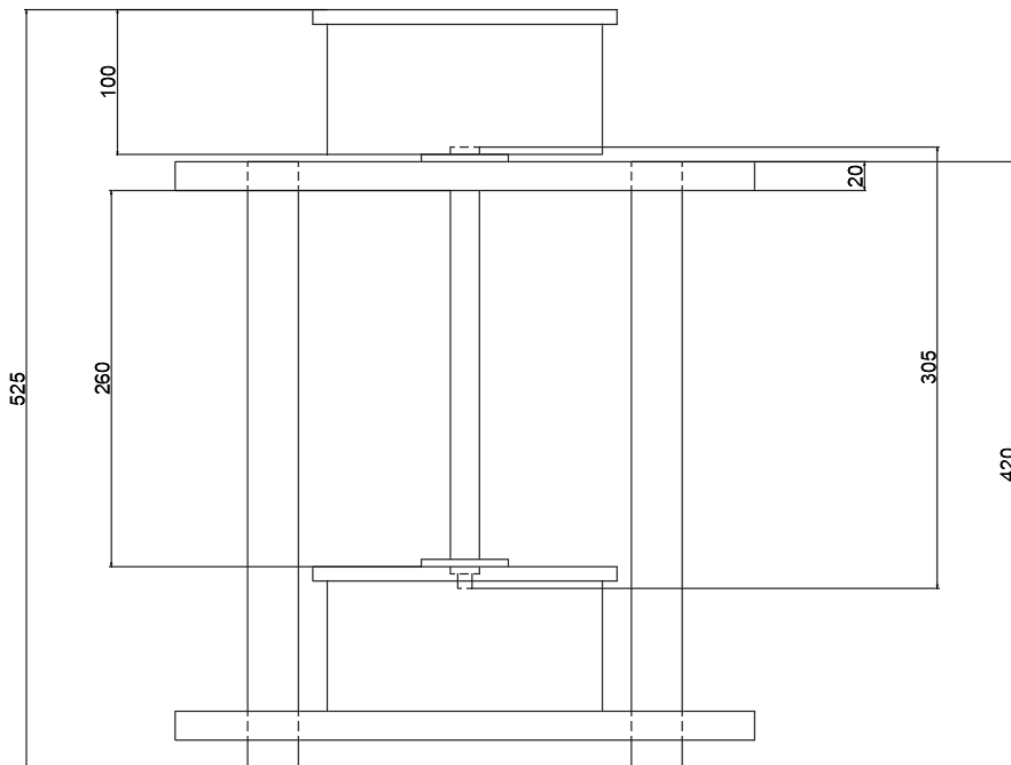


Imagem 4 – Vista Frontal

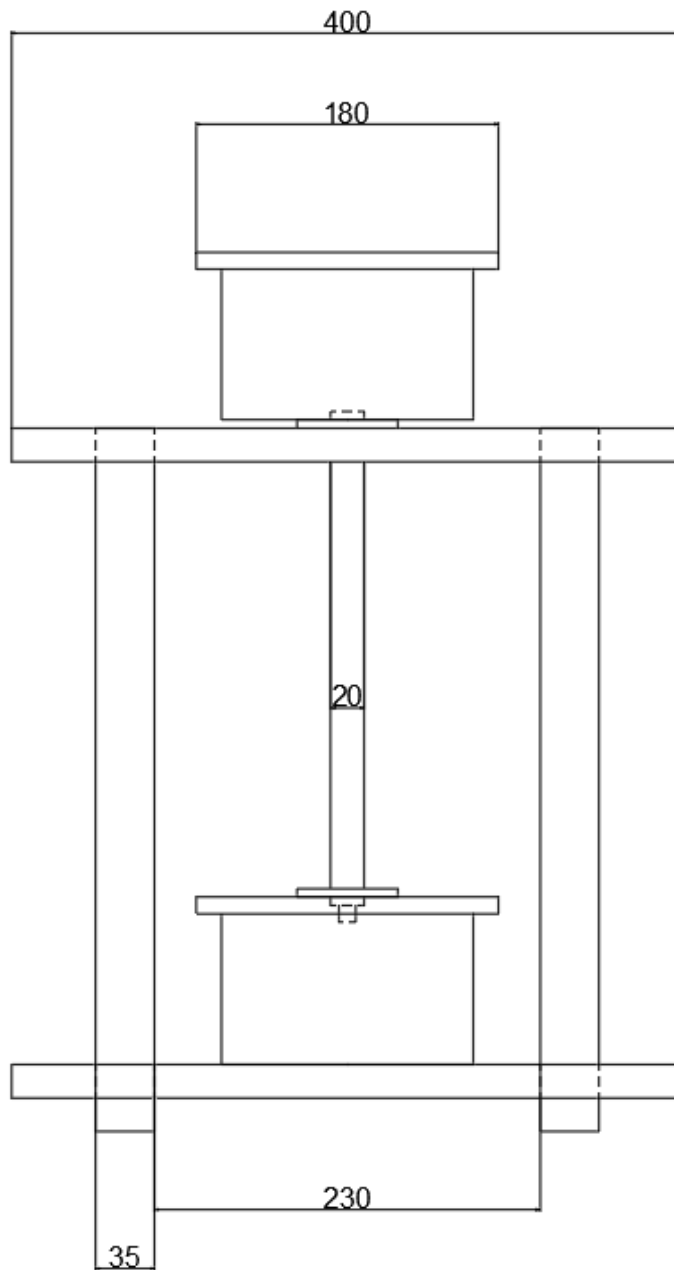


Imagem 5 – Vista Lateral



## 2.5 – Cronograma Geral

<b>CRONOGRAMA</b>										
C.A.C.A.										
Meses	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	
C.E.M.P.										
C.A.C.A.										
Compra de componentes										
Montagem										
Programação										
Monografia										
Acabamentos e Testes										

**ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL - FMEA DE PROCESSO**

FMEA: C.A.C.A.

Nº:

Responsável:

Telefone:

Data início:

Revisão:

Preparado por:



Requisitos	Função do processo	Modo de Falha Potencial	Efeito(s) Potencial(is) da Falha(s)	S E V E R I D A D E	C I C L O S	Causal(ig e Mecanismo(s) Potencial(is) da Falha(s)	O C O R R E N C I A	Controles Atuais do Processo Previsão	Controles Atuais do Processo Detecção	D E T E C T A B I L I D A D E	N P R	Ações recomendadas	Responsável e prazo	Resultado das ações				
														Ações tomadas	S e v e r i d a d e	C o c i e n t e	D e t e c t a b i l i d a d e	N P R
Reservatório 1	Coletar a água	Vazamento		7	X	Má montagem	3	Vedação	Teste de vazamento	10	210	Montagem Eficaz	Lucas Neri 30/10	Montagem melhorada	10	1	2	20
Reservatório 2	Armazenar a água	Vazamento		7	X	Má montagem	3	Vedação	Teste de vazamento	10	210	Montagem Eficaz	Danielo Yuki 30/10	Montagem melhorada	8	1	3	24
Componentes eletrônicos	Aivar sensores	Má Funcionamento		10		Mal contato	7	Análise da parte eletrônica	Teste dos sensores	10	700	Montagem Eficaz	Gulherme Medeiros 08/11	Montagem melhorada	9	1	1	9
Motor da bomba	Fechar e abrir	inoperância		10	X	Queima	4	Teste com o motor e o programa	Teste com o motor	10	400	Verificar tensão	Mozés Marínez 10/11	Tensão analisada	1	2	1	2
Sensor de chuva	Detectar água	inoperância		10		Má programação	6	Nenhuma	Complição da programação	10	600	Melhor desenvolvimento	Pedro Ramos 27/11	Programação verificada	6	3	1	18
Sensor de nível	Detectar nível da água	inoperância		10		Má programação	6	Nenhuma	Complição da programação	10	600	Melhor desenvolvimento	Pedro Ramos 27/11	Programação verificada	10	1	1	10

Imagem 6 – FMEA

2.6 – FMEA


<b>ETEC JORGE STREET</b>					
 <b>Integrantes: Danilo, Guilherme de Lima, Guilherme Medeiros, Felipe, Lucas Nerij, Moisés e Pedro Ramos</b> <b>Turma: 3º Mecatrônica</b> <b>Números:</b>					
	<b>PROBLEMA</b>	<b>G</b>	<b>U</b>	<b>T</b>	<b>TOTAL GXUXT</b>
1	Atraso na compra de materiais	4	3	2	24
2	Definir processos do projeto	5	5	5	125
3	Documentação	4	3	5	60
4	Separação de tarefas	3	4	3	36
5	Atraso nas tarefas	5	5	5	125
6	Retirada de dúvidas	3	5	3	45
7					0
8					0
9					0
10					0

Imagem 7 – GUT

## 2.7 – GUT

### 3 – Desenvolvimento do Projeto

Após o devido planejamento do projeto, os membros do grupo dividiram seu desenvolvimento em três segmentos distintos, apelidados aqui como Estruturas, Eletrônica/Mecânica e Programação.

#### 3.1 – Estruturas

Para construção da estrutura do C.A.C.A., o grupo optou pela utilização de chapas de madeira paralelas sobrepostas horizontalmente, apoiadas por canos de PVC. Tal estrutura foi escolhida pela facilidade e praticidade na construção do protótipo. Utilizamos duas chapas de madeira serradas, furadas e pintadas em cor preta, além de um cano de PVC também serrado e pintado na cor branca. A estrutura foi fixada por pressão, onde foram colocados os potes plásticos que simulam reservatórios. O pote inferior teve sua tampa furada e adaptada para receber um cano de PVC para passagem de água entre reservatórios, enquanto o pote de cima teve seu fundo furado pelo mesmo motivo. Também foi acoplado um cano de PVC à estrutura para funcionar como haste de suporte para o sensor de chuva. Todas as medidas estão devidamente especificadas nos croquis. Segue imagem da estrutura construída:



Imagem 8 – Estrutura Montada

### 3.2 – Eletrônica/Mecânica

Quanto aos componentes eletrônicos, o grupo optou por um sensor de nível alto fixado no reservatório superior para detectar o preenchimento dos reservatórios, um sensor de chuva fixado em uma haste para detectar a presença de precipitação atmosférica e de um Arduino Uno para micro controlar a operação mediante programação, melhor detalhada na sequência. Em relação aos componentes mecânicos, foi utilizado um servo motor acoplado à tampa do reservatório superior para abri-la sob comando do Arduino. O manuseio desses componentes, desde sua compra até sua aplicação no protótipo, foi um desafio para o grupo, devido à delicadeza própria desse tipo de componente, mas com o trabalho em grupo pudemos contornar esse problema. Segue imagem dos componentes eletrônicos utilizados:



Imagem 9 – Sensor de Nível



Imagem 10 – Sensor de Chuva



Imagem 11 – Arduino Uno



Imagem 12 – Servo Motor e peças

### 3.3 – Programação

A programação em linguagem de Arduino foi realizada mediante criação e estudo de um fluxograma, mas, devido a certa dificuldade, o grupo optou por buscar ajuda para escrever a estrutura básica do código com professores e com outros alunos. Após discussões e reformulações no código base, conseguimos concluir a programação e obtivemos o seguinte código:

```
#include <Servo.h>
int schuva=2;
int snivel=A0;
int vchuva;
int vnivel;
int vmotor=0;
Servo motor;
void setup() {
  pinMode(schuva,INPUT);
  pinMode(snivel,OUTPUT);
  motor.attach(9);
  motor.write(vmotor);
}
void loop() {
  analogWrite(0,vnivel);
  vchuva=digitalRead(schuva);
  vnivel=analogRead(snivel);
  if((vnivel<2|vnivel==255)&&(vchuva==LOW))
  {
    for(vmotor==0;vmotor<120;vmotor++)
    {
      motor.write(vmotor);
      delay(30);
    }
  }
  else
  {
    for(vmotor==120;vmotor>0;vmotor--)
    {
      motor.write(vmotor);
      delay(25);
    }
  }
}
```

#### 4 – Resultados Obtidos

Com o término do desenvolvimento do projeto nós atingimos nosso objetivo principal: a construção de uma cisterna automática. Apesar de todos os desafios encontrados nós conseguimos concluir a construção do protótipo, mas houveram pequenas alterações da ideia original em razão do tempo e da disponibilidade do grupo.

O C.A.C.A. é uma cisterna automatizada através de um controlador (Arduino), sensores e atuador (servo motor), representando os três elementos básicos de um sistema de retroação e controle, ou seja, um sistema de automação inteligente. O C.A.C.A. foi projetado para ser instalado em dois níveis, preferencialmente telhado e solo, para possibilitar o escoamento natural da água entre reservatórios por meio da ação da gravidade, já que ambos são conectados por um cano. O reservatório superior possui dois sensores, um de nível de água e outro de chuva, para que posso detectar a presença de chuva e o preenchimento total dos reservatórios. Em poucas palavras, o Arduino analisa o nível de água com a presença de chuva para decidir quando abrir e quando fechar a tampa.

Por fim, pode-se dizer que o resultado satisfaz as expectativas do grupo e alcançou a meta proposta no início de sua realização, apesar das intempéries encontradas no decorrer desse ano. Além do resultado físico, a construção do protótipo também trouxe resultados positivos em nossas vidas pessoais.



## 5 – Conclusão

Com a finalização do projeto, puderam-se associar as diferentes áreas de conhecimento que o curso oferece, criando uma proposta de projeto que visa à contribuição da preservação do meio ambiente e a economia em recursos materiais, assim disseminando uma proposta sustentável.

Após o trabalho de desenvolvimento do projeto, nós, como grupo, pudemos reconhecer nossas próprias dificuldades e aprendemos a importância do trabalho em equipe para superá-las. A realização desse projeto nos incentivou a conhecer-nos e nos trouxe experiência na resolução de problemas inesperados e no trabalho em equipe, qualidades importantes no mercado de trabalho e na vida, além da utilização dos conhecimentos obtidos ao longo do curso técnico de forma prática, objetiva e inventiva.

Em suma, apesar de algumas desavenças e dificuldades encontradas ao longo do ano, pudemos unir esforços para concluir o protótipo e a monografia que você tem em mãos, como um grupo. Nós também aprendemos importantes lições que nos servirão no decorrer de nossas vidas e criamos boas lembranças com nossos companheiros de grupo.

## 6 – Referências

As datas de acesso das páginas da internet remetem-se ao dia em que foram acessadas pela última vez, portanto o grupo lamenta caso alguma delas tenha sido removida após essas datas.

SEVERINO, Antonio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Ed. Cortez, 2000.

<http://www.roboliv.re/conteudo/arduino>, acessado em 16/11/2017

<http://www.institutodigital.com.br/pd-31c4a3-modulo-detector-e-sensor-de-nivel-de-agua.html>, acessado em 16/11/2017 (adaptado)

<http://icos.blog.br/sensor-de-nivel-o-que-e/>, acessado em 16/11/17

<http://blog.usinainfo.com.br/sensor-de-chuva-com-modulo-para-arduino/>, acessado em 18/11/2017

<https://www.citisystems.com.br> › Automação Industrial, acessado em 18/11/2017 (adaptado)

<http://www.institutodigital.com.br/pd-182e69-modulo-sensor-de-chuva.html>, acessado em 18/11/2017