

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA

GEOVANI BRESCIANI

SISTEMA DE MONITORAMENTO E AUTOMAÇÃO APLICADO À PISCICULTURA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2015

GEOVANI BRESCIANI

SISTEMA DE MONITORAMENTO E AUTOMAÇÃO APLICADO À PISCICULTURA

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Eletrônica da Coordenação de Engenharia Eletrônica - COELE - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Toledo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletrônico.

Orientador: Dr. Alberto Yoshihiro Nakano

TOLEDO

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Toledo
Coordenação do Curso de Engenharia Eletrônica



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso Nº 016

Sistema de Monitoramento e Automação Aplicado à Piscicultura

por

Geovani Bresciani

Esse Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 10:00 h do dia **09 de junho de 2015** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Eletrônica**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof. Dr. Altevir Signor
(UNIOESTE-Toledo)

Prof. Dr. Paulo de Tarso Neves Junior
(UTFPR-TD)

Prof. Dr. Alberto Yoshihiro Nakano
(UTFPR-TD)
Orientador

Visto da Coordenação

Prof. M. Alessandro Paulo de Oliveira
Coordenador da COELE

Dedico este trabalho a todos aqueles que me ajudaram a fazer do meu sonho algo real.

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis

José de Alencar

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por permitir esta oportunidade e dar força para concluir este trabalho. Também agradeço aos meus familiares por todo o apoio, paciência e compreensão, durante a elaboração deste projeto. Por fim, agradeço também a todos os profissionais, amigos e professores que contribuíram para o meu projeto.

RESUMO

BRESCIANI, Geovani. **Sistema de monitoramento e automação aplicado a piscicultura**. 2015. 53f. Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Bacharelado em Engenharia Eletrônica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2015.

Este trabalho apresenta a proposta de pesquisa e desenvolvimento de um sistema de monitoramento e automação aplicado a piscicultura. As perdas existentes no processo de cria e engorda da cultura de tilápias são geralmente ocasionadas por falta ou excesso de alimentação, baixas taxas de oxigênio e incorreto dimensionamento de espaço físico. Tais fatores influenciam diretamente nas taxas de crescimento e mortalidade. Com este projeto, espera-se um aperfeiçoamento do processo de criação e engorda de tilápias através do desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo, fácil manipulação, que forneça informações sobre o processo de produção, reduza as perdas de insumos e, principalmente, melhore a qualidade do peixe produzido.

Palavras-chave: Piscicultura, Monitoramento, Automação.

ABSTRACT

BRESCIANI, Geovani. **Monitoring and automation system applied to fish farming.** 2015. 53p. Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Bacharelado em Engenharia Eletrônica), Federal University of Technology - Paraná, Toledo, 2015.

In this work it's presented the development of a monitoring and automation system applied to fish farming. The losses in the process of creating and fattening of tilapia culture is usually caused by lack or excess of food, low rates of oxygen dissolved in the water and incorrect sizing physical space. These factors directly influence the growth and mortality rates. With this project, we expect an improvement of the creation process and fattening of tilapia by developing an easy handling, low-cost device to provide information on the production process, reduce losses of inputs and especially improve quality of fish.

Keywords: Fish farming, Monitoring, Automation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Aerador de pás	6
Figura 2:	Alimentador Automático	7
Figura 3:	Lógica do sistema proposto	9
Figura 4:	Projeto Sensor de Luminosidade	11
Figura 5:	Sensor de Luminosidade (Vista superior)	11
Figura 6:	Sensor de Luminosidade (Vista lateral)	12
Figura 7:	Projeto Sensor de Turbidez	13
Figura 8:	Sensor de Turbidez (instalação)	14
Figura 9:	Sensor de Turbidez	14
Figura 10:	Caixa de derivação	15
Figura 11:	Diagrama Caixa de Abrigo	16
Figura 12:	Leiaute do Display LCD	17
Figura 13:	Leiaute do Teclado	18
Figura 14:	Adaptador SD	19
Figura 15:	Leiaute do RTC	20
Figura 16:	Leiaute do LM35	21
Figura 17:	Leiaute do Termopar	21
Figura 18:	Leiaute do Sensor de Luminosidade	23
Figura 19:	Sonda de pH	24
Figura 20:	Leiaute do Circuito de Leitura de pH	24
Figura 21:	Turbidez da água	25
Figura 22:	Leiaute do Sensor de Turbidez	25
Figura 23:	Circuitos de acionamento do aerador e do alimentador	26
Figura 24:	Leiaute do microcontrolador com periféricos (Teclado, SD e LCD)	28

Figura 25:	Disco de Secchi	30
Figura 26:	Calibração do sensor de turbidez	30
Figura 27:	Profundidade do disco de Secchi	31
Figura 28:	Sensores submersos	31
Figura 29:	Visualização do disco de Secchi superior a 30 cm.	32
Figura 30:	Visualização do disco de Secchi igual a 30 cm.	32
Figura 31:	Visualização do disco de Secchi inferior a 30 cm.	32
Figura 32:	Algoritmo de turbidez	33
Figura 33:	Resposta do sensor de pH	34
Figura 34:	Ajuste do sensor de luminosidade	35
Figura 35:	Algoritmo de luminosidade	36
Figura 36:	Sistema	38
Figura 37:	Comportamento do aerador	40
Figura 38:	Comportamento do aerador	40
Figura 39:	Comportamento do alimentador	42
Figura 40:	Comportamento do alimentador sob condições extremas	42
Figura 41:	Comportamento dos sensores de pH e Turbidez	44
Figura 42:	Leiaute completo parte A	47
Figura 43:	Leiaute completo parte B	48
Figura 44:	Estrutura para calibração do sensor de luminosidade	49
Figura 45:	Estrutura para calibração do sensor de luminosidade	49
Figura 46:	Estrutura para calibração do sensor de luminosidade	50

LISTA DE TABELAS

1	Tabela de arraçamento para tilápias	47
---	---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A/D	Conversor analógico-digital.
CPU	<i>Central Processor Unit.</i>
CS	<i>Slave Select (active low, output from master).</i>
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas.
IHM	Interface Homem- Máquina.
LCD	<i>Liquid Crystal Display.</i>
LDR	<i>Light Dependent Resistor.</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (diodo emissor de luz).
MISO	<i>Master Input, Slave Output (output from slave).</i>
MOSI	<i>Master Output, Slave Input (output from master).</i>
pH	Potencial Hidrogeniônico.
SCK	<i>Serial Clock (output from master).</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface Bus.</i>
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

LISTA DE SÍMBOLOS

Q Quantidade de ração fornecida aos peixes

P_m Peso médio dos peixes em gramas

N_p Número de peixes

F Fator de arraçoamento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
3	JUSTIFICATIVA	4
4	PROBLEMAS E PREMISSAS	5
4.1	SISTEMAS DE CRIAÇÃO	5
4.2	DISPOSITIVOS DE AUTOMAÇÃO EXISTENTES	6
4.2.1	Aeradores	6
4.2.2	Alimentadores	7
5	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	8
5.1	ESTRUTURA DO PROJETO	8
5.2	ESTRUTURA FÍSICA	10
5.2.1	Sensor de Luminosidade	10
5.2.2	Sensor de Turbidez	13
5.2.3	Caixa de Derivação	15
5.2.4	Quadro de controle	16
5.3	UNIDADE CONTROLADORA	16
5.3.1	Display LCD	17
5.3.2	Teclado	18
5.3.3	Cartão SD	19
5.3.4	Controlador RTC	20
5.3.5	Sensoriamento de Temperatura	21
5.3.6	Sensor de Luminosidade	22
5.3.7	Sensor de pH	24
5.3.8	Sensor de Turbidez	25
5.3.9	Aerador e Alimentador	26
5.3.10	Microcontrolador	27

6 AJUSTE DOS SENSORES	29
6.1 SENSOR DE TURBIDEZ	29
6.2 SENSOR DE PH	34
6.3 SENSOR DE LUMINOSIDADE	35
7 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	37
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
8.1 ANÁLISE DO SINAL DE CONTROLE ENVIADO AO AERADOR	39
8.2 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO ALIMENTADOR	41
8.3 SENSOR DE PH E TURBIDEZ	43
9 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46
ANEXO A - PRIMEIRO ANEXO	47
ANEXO B - SEGUNDO ANEXO	49

1 INTRODUÇÃO

A tilápia, um peixe de água doce originário do rio Nilo, teve seu cultivo iniciado no Quênia em 1920. A partir dos anos 50, sua criação comercial ganhou força perdendo somente para a carpa que é a espécie de peixe mais explorada em todo o mundo (MATHIAS, 2004).

No Brasil a produção dessa espécie começou de fato em 1971 através do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). Nesse ano também foi implementado um programa oficial de produção de alevinos de tilápia para peixamento¹ de reservatórios da região Nordeste do país (JÚNIOR; JÚNIOR, 2008).

Já no Paraná, a criação de tilápia se iniciou na década de 70 com o objetivo de produzir alimento para o consumo próprio na unidade produtora e comercialização do excedente durante a quaresma, especialmente na semana santa, momento do calendário litúrgico no qual alguns fiéis não consomem carne vermelha. A instalação da piscicultura no oeste do estado do Paraná, mais especificamente nas regiões de Toledo e Cascavel, ocorreu da mesma forma, porém, a partir de meados da década de 80, passou a apresentar características de produção comercial, ou seja, uma produção voltada para o abastecimento do mercado (HEIN; BRIANESE, 2004).

Ao final da década de 1990, a tilapiacultura brasileira seguia um modelo semi-intensivo, desenvolvida em viveiros escavados e em reservatórios. No entanto, a partir do ano 2000, os piscicultores passaram a produzir em tanques-rede (gaiolas metálicas dispostas ao longo do leito de rios). Após 2007 a tilapiacultura cresceu vigorosamente e atualmente é considerada um negócio rentável (SUSSEL, 2013). A criação da tilápia em lagoas, açudes de terra e tanques-rede tem se destacado na piscicultura por rústicas ao manejo, resistentes a doenças e boas reprodutoras (MATHIAS, 2004).

A produção nacional é consumida totalmente pelo mercado interno e se concentra basicamente em três polos: Nordeste brasileiro, noroeste paulista e oeste paranaense. Nas regiões Sul e Sudeste, entre 75 e 85% da produção é vendida na

¹A piscicultura entende por peixamento a operação que tem por fim o povoamento, o repovoamento e a estocagem de alevinos.

forma de filé, enquanto que na região Nordeste a principal forma de comercialização é o peixe inteiro sem vísceras.

Atualmente uma das etapas na criação de tilápias consiste em analisar manualmente amostras de índices inerentes ao processo, entre eles: nível ambiente de luz, potencial hidrogeniônico (pH) da água, nível de oxigênio dissolvido da água, temperatura ambiente e peso médio estimado dos peixes. De posse de tais valores, consulta-se tabelas de arraçamento ², que fornecem a proporção de ração e a quantidade de proteína bruta presente nesta em função da temperatura e o tamanho médio do peixe. Dessa forma, é possível quantificar o volume de ração fornecido ao lote em produção. Além do tamanho e da temperatura, outros fatores como o nível de luz ambiente, o espaço do tanque e a agitação externa ao local de produção influenciam diretamente o metabolismo do peixe.

O não cumprimento dos procedimentos corretos durante a manutenção e abastecimento de viveiros e a não garantia de valores corretos dos parâmetros técnicos de produção são os principais fatores de perdas de insumos e elevados níveis de mortalidade de peixes nos sistemas de criação convencionais. Em especial, destaca-se o fornecimento de excessivas quantidades de ração, o incorreto dimensionamento do espaço físico, principalmente na fase adulta do peixe, e os baixos níveis de oxigênio dissolvidos no reservatório de criação.

²Ação ou efeito de arraçoar; providenciar o alimento dos peixes ou alimentá-los com ração.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é propor um aperfeiçoamento do processo de criação e engorda de tilápias através de um sistema de monitoramento e automação. Em linhas gerais, o sistema proposto irá coletar de forma autônoma informações para o monitoramento da qualidade da produção dos peixes, tais como quantidade de luz incidente no local de produção, pH da água, turbidez (grau de transparência da água) e temperatura ambiente, que por sua vez serão usadas para garantir o monitoramento da qualidade do processo. Por exemplo, estas informações serão usadas para quantificar de maneira correta o volume de ração a ser entregue aos peixes, considerando as condições meteorológicas e o peso médio estimado dos peixes (valor informado pelo usuário do sistema) diferenciando-se assim dos sistemas atuais de alimentação existentes no mercado que utilizam apenas o controle de tempo para realizar o trato ¹. Outro exemplo é o controle do acionamento dos aeradores, o qual levará em conta as condições meteorológicas e a intensidade luminosa sobre o local de produção nas últimas horas [lux/min], assim, reduzindo possíveis estresses sofridos pelos peixes em condições de baixa oxigenação da água.

Adicionalmente, as informações decorrentes do processamento dos dados obtidos resultarão em comandos (sinais de controle), os quais poderão ligar/desligar dispositivos como aeradores e alimentadores, e ainda, disparar alarmes indicando a ocorrência de alguma avaria. Tais etapas irão caracterizar a automação do sistema.

Com este projeto espera-se um dispositivo de baixo custo, fácil manipulação, que forneça informações sobre o processo de produção, reduza as perdas de insumos e, principalmente, melhore a qualidade do peixe produzido.

¹Em horários programados o alimentador é acionado e permanece ligado durante um intervalo de tempo definido.

3 JUSTIFICATIVA

Se considerarmos o atrativo e crescente mercado de produção de tilápias, as elevadas perdas de insumos existentes nos sistemas atuais de produção, a alta dependência de conhecimento técnico do responsável pela produção e o baixo nível de automação nos sistemas atuais, o projeto e desenvolvimento de um sistema inteligente com sensores e atuadores que possa reduzir o ônus do criador, adicionar mais qualidade ao processo e reduzir custos de produção. Torna-se uma ferramenta atrativa e inovadora para a produção de tilápias.

Assim, tomando como base as perspectivas de crescimento de mercado, mesmo com a existência de sistemas disponíveis no mercado para auxiliar o produtor, parece inevitável o desenvolvimento de novos sistemas, compatíveis para atender as diferentes demandas.

4 PROBLEMAS E PREMISSAS

4.1 SISTEMAS DE CRIAÇÃO

Os sistemas de criação de peixes podem ser caracterizados como extensivo, semi-intensivo, intensivo e superintensivo. O uso de tais modelos é determinado conforme as características do local de produção, podendo ser definidas a partir da qualidade da água, da disposição de espaço físico e da meta de produção estipulada.

Dessa forma, no sistema extensivo os peixes, ainda na fase juvenil, são colocados em lagos ou represas. Logo após o povoamento, não ocorre, necessariamente, o fornecimento de ração ou a adoção de uma estratégia de manejo. Esse sistema é utilizado, geralmente, em propriedades onde a produção de peixes assume um papel secundário, ou seja, não é a principal atividade do local.

Já no sistema semi-intensivo existe o fornecimento de alimento aos peixes e o controle do oxigênio dissolvido na água.

No sistema intensivo é exigida a adoção de espaço físico específico para a criação de uma única espécie, assim, pode ser considerado a principal fonte de renda da propriedade. Nesse sistema as etapas de recria e engorda são bem definidas. Além disso, peixes juvenis podem ainda serem adquiridos de outros locais junto a produtores de recria de alevinos. A alimentação dos peixes é feita de maneira balanceada e adequada conforme a espécie que será cultivada. Quanto ao manejo, este é feito de forma criteriosa e, no caso da criação de tilápias, é possível produzir até 10.000 Kg por hectare a cada ciclo de cultivo (MORAES, 2014).

Por fim, no sistema superintensivo as características da produção são iguais as do modelo intensivo. Porém, neste sistema são permitidas maiores densidades de povoamento dos peixes cultivados, ou seja, a superpopulação. Devido a isso, esse modelo exige maior monitoramento dos parâmetros de qualidade da produção.

4.2 DISPOSITIVOS DE AUTOMAÇÃO EXISTENTES

Atualmente, o conceito de automação já existe na piscicultura, porém, limita-se apenas ao controle de partes específicas como aeradores e alimentadores. As ferramentas de automação usadas na criação de peixes são empregadas principalmente nos modelos intensivo e superintensivo. Nesses sistemas, a alta densidade de peixes ou a busca por bons índices de produção exigem o fornecimento de condições específicas, as quais garantem o alto metabolismo do animal.

4.2.1 Aeradores



Figura 1: Aerador de pás

Fonte: <http://www.aeratorsupplier.com.br>

O uso de aeradores na piscicultura, como mostrado na Figura 1, visa o aumento da proporção de oxigênio dissolvido na água. O benefício oferecido por esse equipamento permite ao criador alocar maiores quantidades de peixes em um mesmo viveiro. O acionamento deste dispositivo pode ser feito de forma manual ou automática, sendo comum, em modelos intensivo e superintensivo, o acionamento automatizado. Segundo dados da EMATER (HEIN; BRIANESE, 2004), para um bom desenvolvimento das tilápias é necessária a proporção de 3 a 6 mg/l de oxigênio dissolvido.



Figura 2: Alimentador Automático

Fonte: <http://www.acquasystembrasil.com.br/>

4.2.2 Alimentadores

O uso de alimentadores na piscicultura, como mostrado na Figura 2, reduz o ônus do criador. Esse equipamento, basicamente, consiste em um sistema mecânico, o qual aplica a ração dentro do reservatório. Esses dispositivos podem ser acionados de forma manual ou automática. Quando existe acionamento automático, este é definido por temporizador, ou seja, o criador regula a quantidade de ração a ser fornecida a cada período de alimentação (trato); em seguida, define os horários em que os peixes serão alimentados, fazendo com que o sistema opere independentemente. O uso inadequado do alimentador pode acarretar elevados índices de mortalidade em um mesmo lote de produção, pois, em situações como dia nublado ou frio, o metabolismo dos peixes cai e, conseqüentemente, a quantidade de ração consumida é menor. Caso restos de alimentos fiquem depositados no interior do viveiro de criação, é possível que esses detritos aumentem o pH da água tornando-a imprópria para os peixes.

5 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste projeto optou-se por desenvolver todas as etapas, incluindo projeto de hardware e software, estruturas mecânicas, sensores e a execução técnica. Na sequência é apresentada as características do projeto de forma geral.

5.1 ESTRUTURA DO PROJETO

O objetivo do trabalho desenvolvido foi obter um sistema de monitoramento e automação aplicado à piscicultura. Para isso foi projetado um módulo microprogramado definido como Unidade Controladora.

De maneira geral, pode-se dividir o sistema em: conjunto de sensores, unidade de processamento, atuadores, conjunto de armazenamento e coleta de informações e dispositivos de interação humana. A descrição de cada bloco é realizada seguindo a sequência apresentada na Figura 3.

Na Figura 3, a inicialização do sistema ocorrerá através da interface homem máquina (IHM), esse bloco transmite as informações coletadas à unidade de processamento (0), a unidade de processamento verifica o horário atual (1) e com base nesta informação verifica os valores dos sensores (2), executa ações de controle (3), salva as informações coletadas (4) e, por fim, atualiza as informações disponíveis na IHM (5). Tal sequência se repete continuamente até que seja solicitada sua parada via agente externo ¹.

¹Técnico ou pessoa responsável pela produção

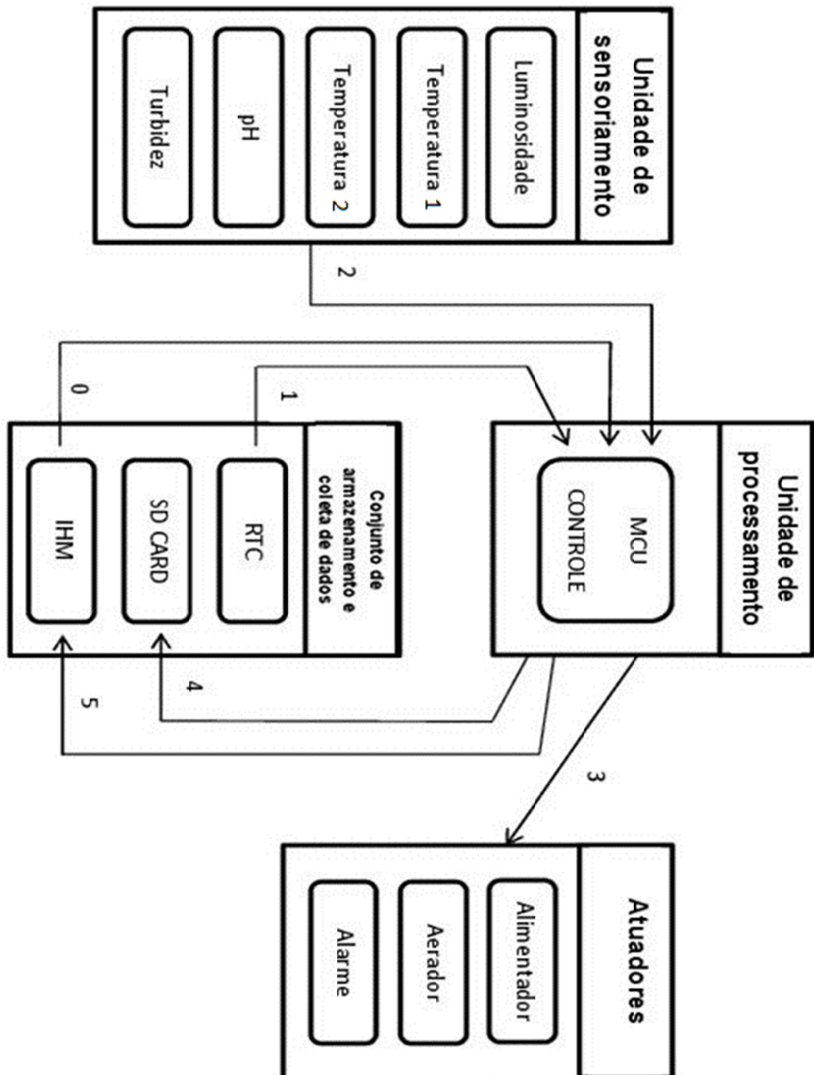


Figura 3: Lógica do sistema proposto

Fonte: Autoria própria.

5.2 ESTRUTURA FÍSICA

As estruturas físicas desenvolvidas foram destinadas à fixação dos sensores e da unidade de controle e, a seguir, é apresentado o desenvolvimento de cada item do sistema. Além disso, a localização das placas de controle e aquisição de dados, assim como a tubulação para a passagem dos cabos foram projetada de forma a dar robustez ao sistema e facilitar possíveis manutenções. Segue abaixo a descrição de cada item do sistema.

5.2.1 Sensor de Luminosidade

A produção de oxigênio por algas é proporcional à intensidade solar incidente no ambiente onde estas estão, assim, durante o dia as algas são consideradas produtoras de oxigênio, já no período noturno tornam-se consumidoras, diminuindo os níveis de oxigênio dissolvidos, por exemplo, na água de um açude. Neste sentido, é importante saber a intensidade dos raios solares incidentes no local de produção de peixes. Existem sensores específicos para a leitura do oxigênio dissolvido em água, porém, o alto custo e a necessidade de constante manutenção (calibração e limpeza) desmotivaram o uso desse dispositivo neste projeto. O sensor solar desenvolvido neste projeto é composto de uma estrutura de policloreto de vinila [Policloreto de vinila]PVC (flange, cano e tampa) e um sensor *Light Dependent Resistor* (LDR). A Figura 4 mostra detalhes do projeto do sensor de luminosidade.

A fim de evitar a entrada de umidade e poeira na parte interior do sensor, o LDR recebeu uma camada de cola silicone em sua parte inferior, assim, apenas seus contatos elétricos estão disponíveis no interior da estrutura mecânica. As Figuras 5 e 6 mostram como o sensor de luminosidade foi construído. A Figura 5 mostra a vista superior do sensor (detalhe do LDR localizado ao centro) e a Figura 6 mostra a vista lateral (detalhe da flange localizado na extremidade inferior).

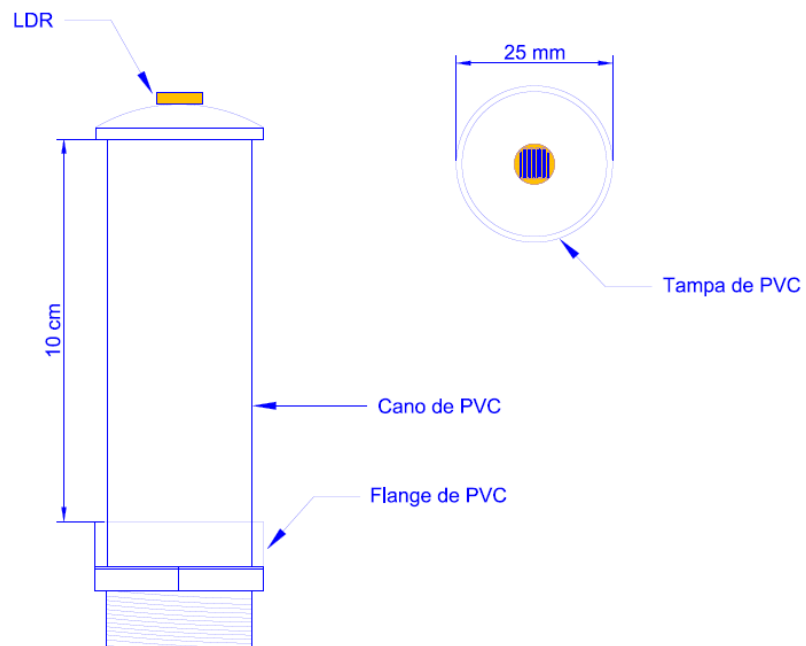


Figura 4: Projeto Sensor de Luminosidade

Fonte: Autoria própria.



Figura 5: Sensor de Luminosidade (Vista superior)

Fonte: Autoria própria.



Figura 6: Sensor de Luminosidade (Vista lateral)

Fonte: Autoria própria.

5.2.2 Sensor de Turbidez

O grau de transparência ou turbidez é um parâmetro de grande influência no metabolismo dos peixes, pois, o acúmulo de material suspenso na água atrapalha a oxigenação, diminui a produção de fitoplâncton e pode favorecer o aparecimento de doenças (MORAES, 2014). Para essas condições foi projetado um sensor que pudesse quantificar o valor de turbidez. Existem sensores de turbidez de diferentes tipos já desenvolvidos ². O uso mais comum para estes sensores aplica-se na análise de líquidos que fluem por tubulações. O sensor de turbidez desenvolvido neste projeto é composto de uma estrutura de alumínio, suportes para *Light Emitting Diode* (diodo emissor de luz) (LED) e sensores de infravermelho (emissor e fototransistor). A Figura 7 mostra como são alocados os LEDs.

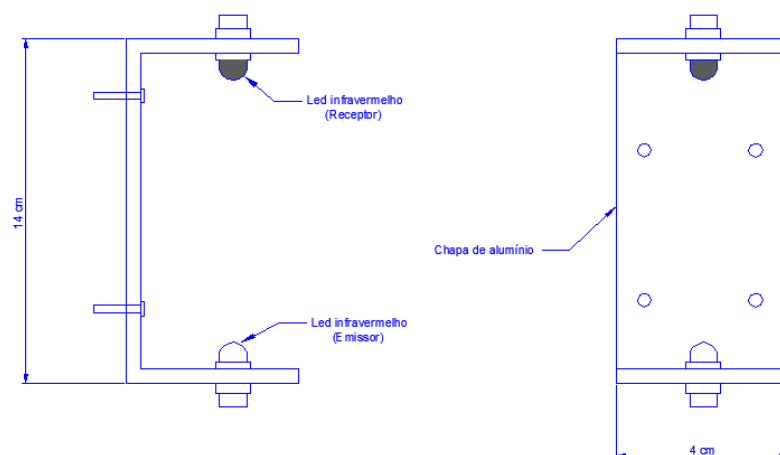


Figura 7: Projeto Sensor de Turbidez

Fonte: Autoria própria.

A estrutura do sensor permite monitorar apenas um volume de água com profundidade igual a 10 cm, distância equivalente ao espaço existente entre os LEDs do sensor, por este motivo o sensor deve obrigatoriamente ser instalado na posição vertical a uma profundidade igual a 30 cm em relação à superfície da água. A Figura 8 mostra detalhes da correta instalação do sensor.

A justificativa para alocar o sensor 30 cm abaixo da superfície da água é apresentada no Capítulo 6 referente ao ajuste dos sensores. A Figura 9 mostra como ficou o sensor de turbidez construído.

²<http://br.mt.com/br/pt/home/products/Process-Analytics/turbidity-meter.html>

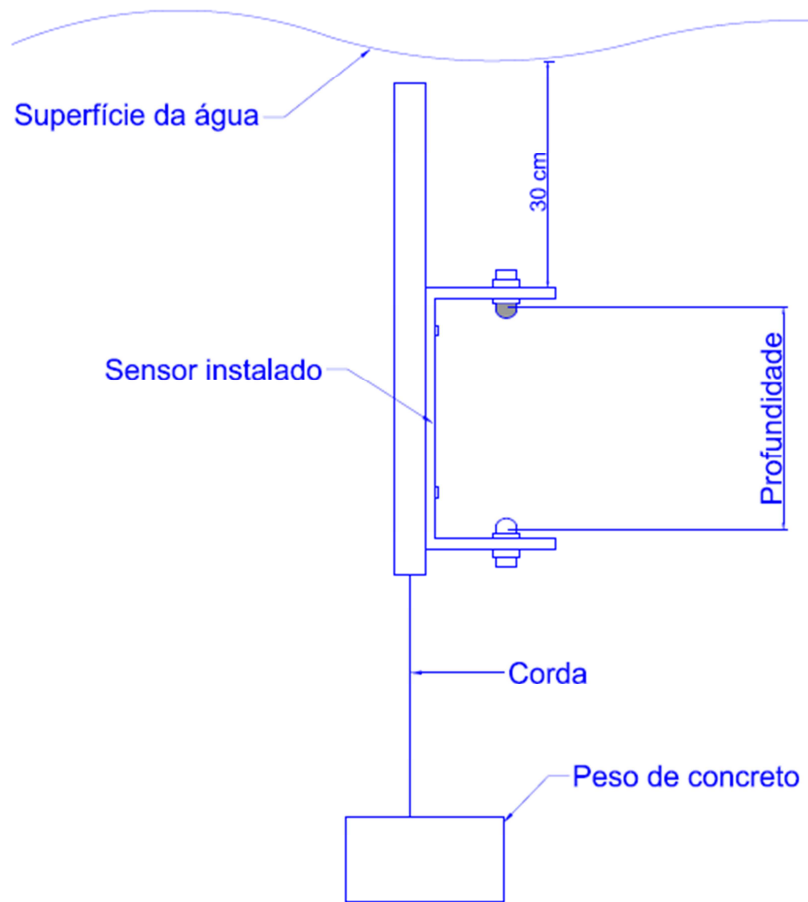


Figura 8: Sensor de Turbidez (instalação)

Fonte: Autoria própria.



Figura 9: Sensor de Turbidez

Fonte: Autoria própria.

5.2.3 Caixa de Derivação

Para garantir que os sinais coletados pelos sensores submersos (sonda de pH ³, Termopar, LM35 e sensor de turbidez) chegassem à unidade de controle, foi elaborada uma estrutura que permitisse transmitir os sinais entre a parte submersa e a parte de controle, nesse sentido utilizou-se uma caixa feita em ABS ⁴ com grau de proteção IP68 ⁵, a qual abriga uma placa responsável por fazer a ligação entre os conectores dos sensores citados à unidade de controle, esta conexão é feita através de um cabo com 8 vias. A Figura 10 mostra em detalhe como ficou a caixa de derivação.



Figura 10: Caixa de derivação

Fonte: Autoria própria.

³ **PINPOINT® pH produzido pela American Marine Inc**

⁴ **Acrilonitrila butadieno estireno**

⁵ **Totalmente protegido contra a poeira e protegido contra submersão**

5.2.4 Quadro de controle

O quadro da unidade controladora tem dimensões 40 x 40 x 12 cm e, em seu interior, estão localizadas a placa da unidade controladora e a fonte de alimentação do sistema. Nesta caixa há uma chapa interna de madeira (“fundo falso”), onde foram instaladas canaletas perfuradas de 30 x 50 mm para uma melhor acomodação dos cabos de forma que os mesmos não fiquem expostos. Também foram colocados cinco parafusos com porca e contra porca para a fixação da unidade controladora. No caso da fonte a mesma foi fixada diretamente ao fundo falso através da sua própria estrutura. A Figura 11 mostra como é a distribuição dos dispositivos dentro da caixa.

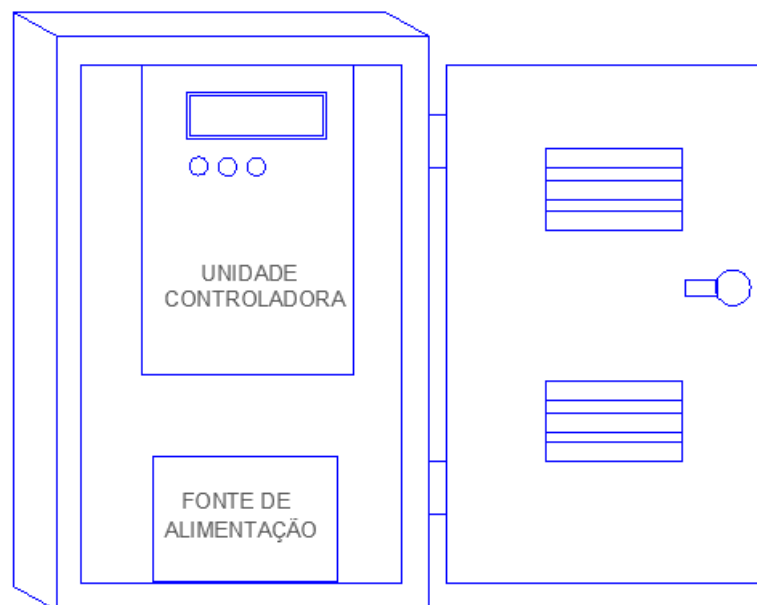


Figura 11: Diagrama Caixa de Abrigo

Fonte: Autoria própria.

5.3 UNIDADE CONTROLADORA

A unidade controladora deve realizar as seguintes funções: sensoriamento da temperatura, pH e turbidez, além disso, armazenar os dados em uma memória SD e ainda comandar os dispositivos de automação (Aerador e Alimentador). Para o sensoriamento da temperatura foram utilizados dois sensores, um sensor termopar e um LM35. Para o sensoriamento do pH foi utilizado uma sonda de laboratório, que produz um sinal de tensão correspondente ao pH analisado. Para o sensoriamento da turbidez foi desenvolvido um sensor que produz um sinal inversamente proporcional ao

grau de transparência. O armazenamento dos dados foi realizado através de cartão de memória SD e, para o controle dos dispositivos de automação foram utilizados relés.

Nos tópicos seguintes estão descritas todas as partes do leiaute da unidade controladora, além disso, o leiaute completo se encontra no Anexo B.

Em uma máquina ou processo, muitas vezes se faz necessário que o operador intervenha no procedimento ou na sequência de operação da máquina. O operador também pode, simplesmente, visualizar informações e tomar atitudes durante o processo. Para esse fim, são utilizados vários equipamentos, tais como: displays de cristal líquido (LCD) e teclados de forma a permitir a interação entre o usuário/operador com o sistema.

5.3.1 Display LCD

A Figura 12 mostra o leiaute do display LCD.

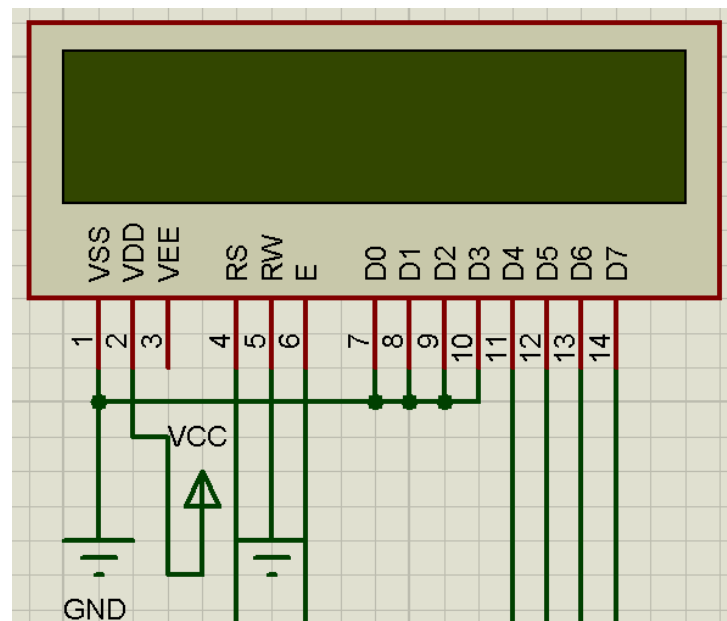


Figura 12: Leiaute do Display LCD

Fonte: Autoria própria.

O controlador do display LCD utilizado é o JHD162A de 2 linhas por 16 colunas. Neste caso é utilizada a comunicação por quatro bits para reduzir o número de entradas/saídas necessárias do microcontrolador.

5.3.2 Teclado

O teclado projetado para auxiliar na configuração do protótipo foi confeccionado com botões tácteis e resistores para limitação de corrente, a Figura 13 mostra o leiaute do teclado.

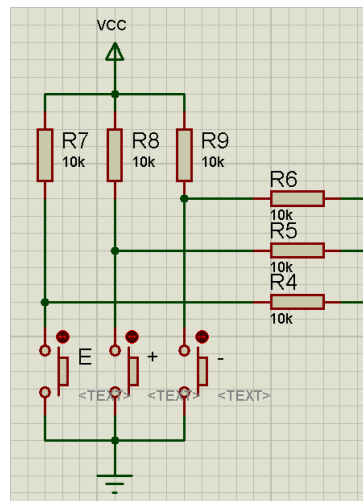


Figura 13: Leiaute do Teclado

Fonte: Autoria própria.

Os botões estão ligados na configuração pulldown, os resistores R4, R5, R6, R7, R8 e R9 servem apenas para limitação de corrente e, conseqüentemente, a proteção dos botões, assim como do microcontrolador. Quando acionado o botão, o sinal de tensão no pino do microcontrolador será de 0 V, para outros casos o valor no pino será 5 V.

5.3.3 Cartão SD

Inicialmente foi desenvolvido o circuito para o uso de um cartão SD, porém, devido a praticidade optou-se pelo uso de um adaptador de cartão SD o qual já possui o circuito de ajuste de tensões e o soquete adequado para inserção/retirada do cartão. A Figura 14 mostra o adaptador utilizado.

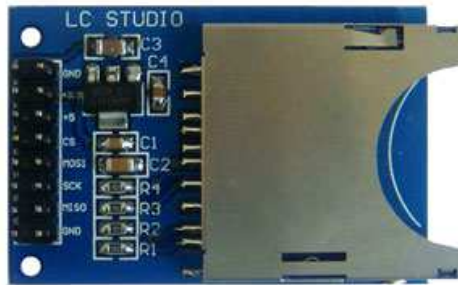


Figura 14: Adaptador SD

Fonte: A autoria própria.

No uso do adaptador, a preocupação limita-se a fornecer os sinais de tensão 5 e 3,3 V, GND e os sinais de comando utilizados na comunicação

- *Serial Peripheral Interface Bus (SPI);*
- *Master Output, Slave Input (output from master) (MOSI);*
- *Master Input, Slave Output (output from slave) (MISO);*
- *Slave Select (active low, output from master) (CS);*
- *Serial Clock (output from master) (SCK).*

5.3.4 Controlador RTC

O uso de clock/relógio é feito através de um RTC PCF8583P da Philips ⁶, o leiaute desse componente é mostrado na Figura 15.

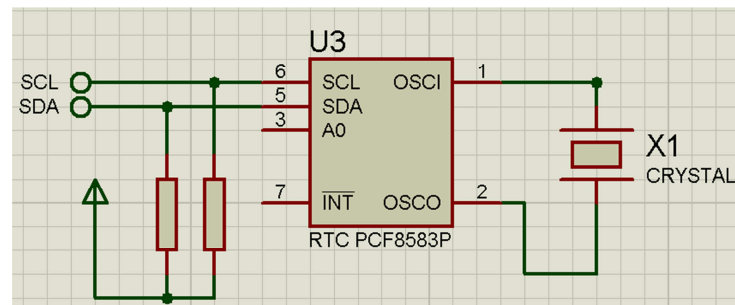


Figura 15: Leiaute do RTC

Fonte: Autoria própria.

O RTC empregado necessitou de um cristal externo de 32,768 kHz e dois resistores de 10 k Ω que foram introduzidos em SCL e SCK, neste caso, os resistores citados servem para impedir a flutuação de tensão (resistores de *pull-up*) nos pinos do RTC. Existe a possibilidade de inserção de uma bateria externa para manter o RTC ligado mesmo após uma queda de energia no sistema.

⁶Philips, é uma empresa Holandesa e líder global em cuidados com a saúde, iluminação e produtos de consumo e estilo de vida

Os sensores utilizados para a medição da temperatura da água são um LM35 e um Termopar tipo P. O LM35 utilizado neste projeto é fabricado pela *National Instruments* ⁷, na configuração mostrada na Figura 16, sua faixa de leitura é de -55°C a +150°C, o resistor de R17 ligado em paralelo a sua saída foi dimensionado especialmente para garantir esta faixa de aquisição, neste caso, seu valor é definido por:

$$R = \frac{-V_s}{50\mu A} \quad (1)$$

Como a tensão de alimentação é $V_s=5$ V, logo, $R=100$ k Ω .

O sensor Termopar utilizado do tipo P, fabricado pela Novus ⁸. Seu uso é adequado para temperaturas de -50°C até 750°C, tendo sensibilidade de aproximadamente 41 μ V/°C.

A configuração do amplificador de sinal do termopar possui um ganho igual a 10, seu ajuste é feito por um potenciômetro de 100 k Ω .

Foram realizados testes em campo com ambos os sensores e os resultados coletados mostraram que o LM35DZ possui melhor desempenho quando comparado ao Termopar, neste caso, linearidade e estabilidade do sinal lido foram os critérios de avaliação aos quais os sensores foram submetidos. Assim, os cálculos realizados durante o processo consideram os valores coletados pelo LM35DZ. Porém, os valores coletados pelo termopar são utilizados no armazenamento de informações.

5.3.6 Sensor de Luminosidade

O leiaute do sensor de luminosidade é mostrado na Figura 18.

O LDR empregado necessitou de um potenciômetro de 10 k Ω ligado em série ao seu pino, neste caso, o ajuste do sinal lido é feito por este resistor variável. Em tal configuração é possível ajustar o conjunto para faixas de leituras específicas conforme desejado.

⁷A *National Instruments* fornece soluções tecnológicas poderosas e flexíveis, que aceleram a produtividade e incentivam a rápida inovação

⁸Fabricante de instrumentos eletrônicos.

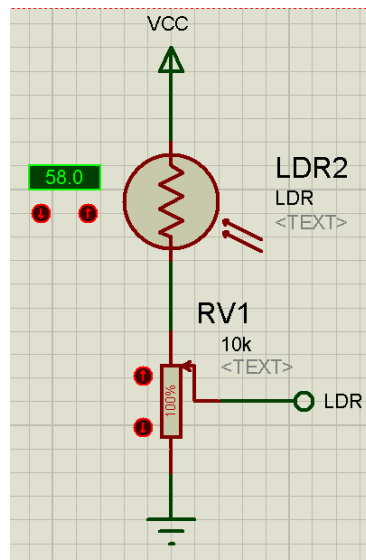


Figura 18: Leiaute do Sensor de Luminosidade

Fonte: Autoria própria.

5.3.7 Sensor de pH

Para a leitura do valor de pH foi adquirido uma sonda específica para este tipo de sinal. A Figura 19 mostra a sonda adquirida.



Figura 19: Sonda de pH

Fonte: Autoria própria.

Como o sinal de tensão produzido por esse componente equivale ao valor de pH analisado, foi dimensionado o circuito apresentado na Figura 20.

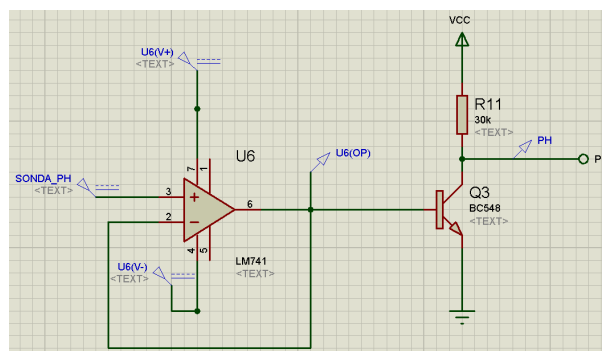


Figura 20: Leiaute do Circuito de Leitura de pH

Fonte: Autoria própria.

O uso do transistor Q3 como amplificador é justificado pela existência de um considerável percurso entre a sonda e o microcontrolador utilizado, neste caso a intensa atenuação existente prejudicava a aquisição deste sinal. Neste caso o circuito amplificador opera na região linear, a máxima distância admitida para essa

configuração é de 5 metros.

5.3.8 Sensor de Turbidez

O índice de turbidez ou grau de transparência da água corresponde à distância de transparência da água, ou seja, o quão fundo é possível enxergar a partir da superfície como pode ser visto na Figura 21. Segundo dados do modelo EMATER, recomenda-se que o valor desse índice seja superior a 20 cm. Situações em que há alta concentração de algas ou alto volume de água externa entrando no reservatório podem diminuir o grau de transparência no local de produção prejudicando, assim, o desenvolvimento dos peixes.



Figura 21: Turbidez da água

Fonte: <http://www.pesca.tur.br>

O sensor de turbidez desenvolvido é composto de LEDs infravermelhos, no caso do LED emissor a quantidade de sinal emitida pelo mesmo é fixa, já o LED receptor é responsável por fornecer sinal a base do transistor Q4 como mostra a Figura 22.

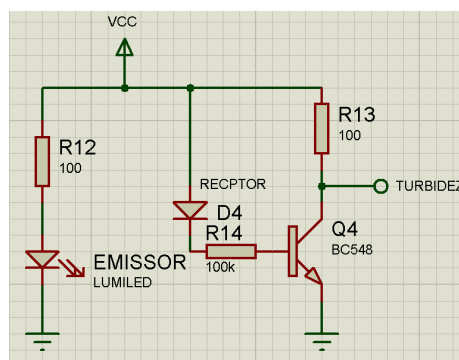


Figura 22: Leiaute do Sensor de Turbidez

Fonte: Autoria própria.

Nesta configuração, o sinal fornecido ao microcontrolador é inversamente proporcional ao grau de nitidez, ou seja, quanto mais límpida estiver a água menor será o sinal de tensão fornecido por esta configuração. Neste caso o inverso também é válido. Isso ocorre, pois, o sinal recebido no fototransistor é direcionado a base do transistor BC548, assim quanto maior for o sinal recebido no fototransistor (água límpida) maior será a corrente I_c do transistor BC548 e conseqüentemente menor será o sinal de tensão no coletor do transistor (sinal de turbidez). Caso ocorra interrupção/atenuação do sinal luminoso recebido no fototransistor a corrente I_c tende a diminuir, ou seja, será menor a diferença de tensão entre o coletor do transistor e VCC.

5.3.9 Aerador e Alimentador

Ambos os equipamentos, aerador e alimentador, são acionados através do microcontrolador, porém, para garantir que dispositivos como contadores sejam ligados o valor de tensão fornecido aos mesmos difere do valor utilizado pelo microcontrolador, nesse caso, 5 V. Portanto para garantir o acionamento de contadores, utilizou-se de relés conforme mostrado na Figura 23, assim, o sinal de comando do PIC 5 V é convertido em um sinal de 24 V.

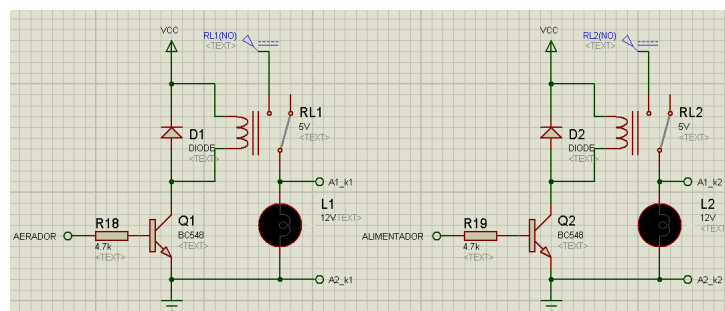


Figura 23: Circuitos de acionamento do aerador e do alimentador

Fonte: Autoria própria.

Para esses circuitos de acionamento o uso do amplificador BC548 é justificado pelo alto consumo de corrente elétrica exigido pelo componente relé, o resistor de $4,7\text{ k}\Omega$ ligado a base do amplificador é responsável por limitar a corrente fornecida pelo microcontrolador. O diodo colocado em paralelo com a bobina, mas polarizado de modo inverso em relação à tensão de acionamento, fornece um percurso de baixa resistência para a circulação da corrente gerada pela tensão induzida na abertura do relé.

5.3.10 Microcontrolador

Os microcontroladores são dispositivos que podem ser programados para diferentes funções específicas. Em geral são utilizados para controlar circuitos.

Denardin define que:

“Um microcontrolador é um sistema computacional completo, no qual estão incluídos uma unidade de processamento central (CPU), memória de dados e programa, um sistema de clock, portas de I/O (Input/Output), além de outros possíveis periféricos, tais como, módulos de temporização e conversores analógico-digital (A/D) entre outros, integrados em um mesmo componente.”(DENARDIN, 2014)

Na unidade controladora é utilizado um microcontrolador PIC18F4550, que é responsável por:

- Sensoriamento da temperatura;
- Sensoriamento do pH;
- Sensoriamento da turbidez;
- Sensoriamento da luminosidade;
- Gravação no cartão SD;
- Interface com o display LCD.

Este sistema possui as seguintes características:

- Clock externo fornecido por cristal de 20 MHz;
- Três switches exclusivos para interface IHM;
- Pino de reset no MCLR (*Master Clear*).

A Figura 24 mostra o leiaute do sistema com o microcontrolador.

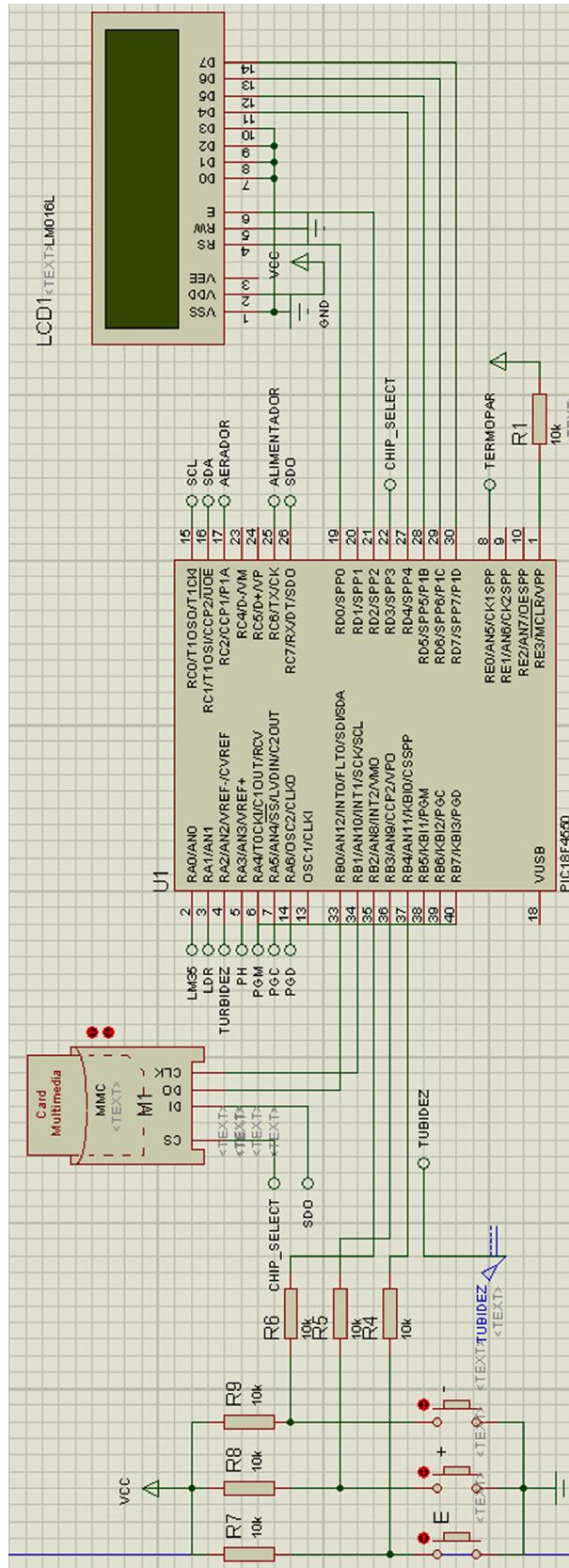


Figura 24: Leiaute do microcontrolador com periféricos (Teclado, SD e LCD)

Fonte: Autoria própria.

6 AJUSTE DOS SENSORES

Os ajustes dos sensores de temperatura, pH e luminosidade foram realizados nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) *campus* Toledo. O ajuste do sensor de turbidez foi desenvolvido nas dependências da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) *campus* Toledo através do auxílio do Engenheiro de pesca e mestrando em recursos pesqueiros e engenharia de pesca Deividy Miranda da Silva, juntamente o professor Dr. Altevir Signor, docente do curso de Engenharia de Pesca da Unioeste, membro dos programas de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca e do Desenvolvimento Rural Sustentável e pesquisador do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura - GEMaQ.

6.1 SENSOR DE TURBIDEZ

Como este sensor é utilizado para quantificar o grau de transparência da água, procurou-se primeiro saber quais valores de turbidez são considerados bons para a criação de peixes. Em processos de cria e engorda de peixes o método utilizado para aferição do grau de turbidez é executado com o auxílio de um disco de Secchi¹, este disco é provido de um cordão graduado em centímetros que é submergido no tanque/açude e observa-se a qual profundidade o mesmo deixa de ser visto. A Figura 25 mostra o uso do disco de Secchi.

Na piscicultura a profundidade mínima requerida para a visualização do disco de Secchi é de 30 cm, neste caso, foram submergidos em paralelo o disco de Secchi e o sensor de turbidez em uma amostra de água coletada especialmente para esta medição. As Figuras 26, 27 e 28 mostram este procedimento. Na Figura 26 é mostrado o sensor instalado para calibração, na Figura 27 é mostrada a profundidade medida com o o disco de Secchi, por fim, na Figura 27 é mostrado o sensor de turbidez e o disco de Secchi, ambos submersos.

¹O disco de Secchi é utilizado para medir a transparência de um corpo d'água e consiste em um disco de 20 cm de diâmetro, dividido em 4 partes nas cores preta e branca.

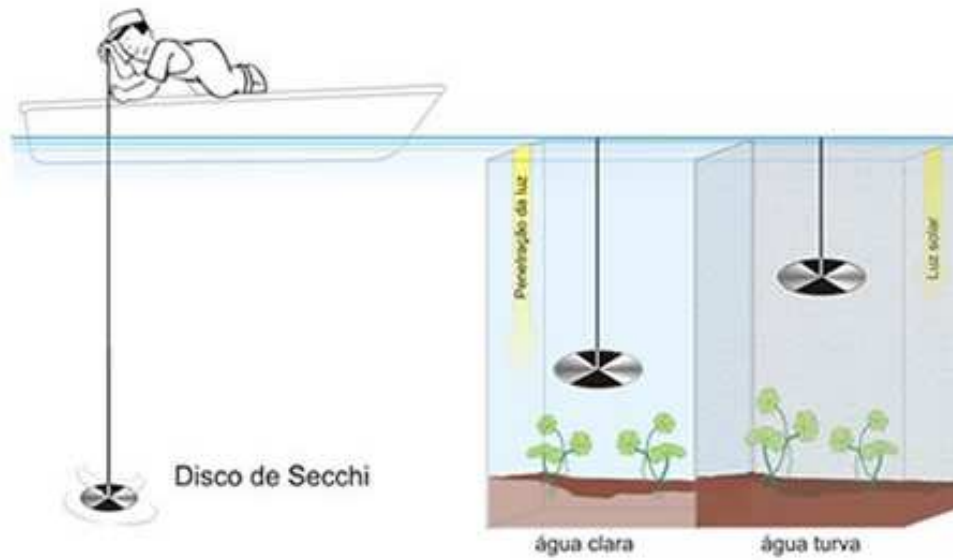


Figura 25: Disco de Secchi

Fonte: <http://www.cmbconsultoria.com.br/>



Figura 26: Calibração do sensor de turbidez

Fonte: Autoria própria.



Figura 27: Profundidade do disco de Secchi

Fonte: Autoria própria.



Figura 28: Sensores submersos

Fonte: Autoria própria.

Com o sistema montado, procurou-se identificar os valores fornecidos pelo sensor de turbidez para as diferentes situações mostradas nas Figuras 29, 30 e 31. Na Figura 29 é mostrado os sensores em uma condição de baixo índice de turbidez e na Figura 30 mostrado os sensores submersos à 30 cm, por fim, na Figura 31 é mostrado a não visualização dos sensores.



Figura 29: Visualização do disco de Secchi superior a 30 cm.

Fonte: Autoria própria.



Figura 30: Visualização do disco de Secchi igual a 30 cm.

Fonte: Autoria própria.



Figura 31: Visualização do disco de Secchi inferior a 30 cm.

Fonte: Autoria própria.

Os valores coletados para as três diferentes situações apresentadas foram 2,015 V para a condição da Figura 29; 3,052 V para a condição da Figura 30 e 3,086 V, para a condição da Figura 31, respectivamente. Assim, a classificação do grau de turbidez é realizada com base nesses valores. Em resumo o sistema irá classificar o valor de turbidez coletado através do algoritmo da Figura 32. Neste algoritmo trabalhou-se com os índices T0, T1, T2 e T3 que representam quatro níveis de turbidez sendo T0 a representação do melhor nível de turbidez e T3 o pior, caso o valor amostrado esteja entre os intervalos citados no algoritmo, a lógica irá indicar o grau de turbidez correspondente.

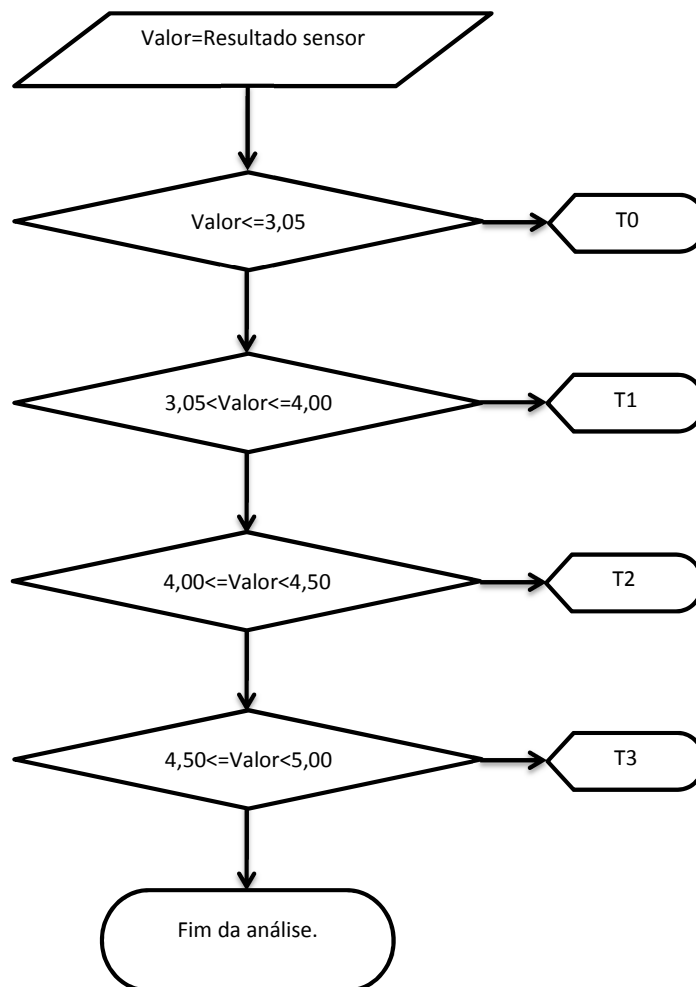


Figura 32: Algoritmo de turbidez

Fonte: Autoria própria.

6.2 SENSOR DE PH

No ajuste do sensor de pH foi necessário o uso de duas soluções tampão², uma com valor de pH igual a 4 e outra igual a 7. De posse dessas soluções o sensor foi inserido em dois diferentes recipientes de análise e assim foi coletado o valor de tensão lido nas diferentes situações, neste caso, para a amostra com pH igual a 7 o valor de tensão lido é igual a 3,36 V, já para a amostra com pH igual a 4 obteve-se uma tensão de 4,12 V. O gráfico apresentado na Figura 33 mostra a resposta do sensor de pH.

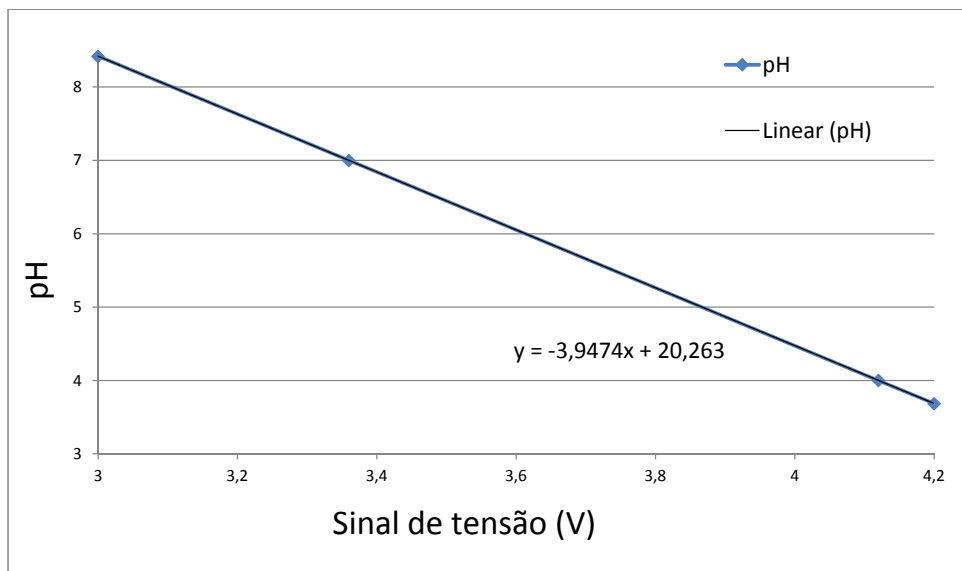


Figura 33: Resposta do sensor de pH

Fonte: Autoria própria.

Com base nos resultados obtidos calibrou-se o sensor de pH. O ajuste do sensor de pH foi realizado com o auxílio do técnico de laboratório de Processos Químicos, servidor Rafael David.

²Soluções tampão são soluções que possuem valores de pH padrão, ou seja, valores pré-definidos.

6.3 SENSOR DE LUMINOSIDADE

No ajuste do sensor de luminosidade foi necessário o uso de um luxímetro³ devidamente calibrado além de um ambiente fechado que permitisse variar o fluxo luminoso incidente no sensor. A Figura 34 mostra os detalhes dessa estrutura.

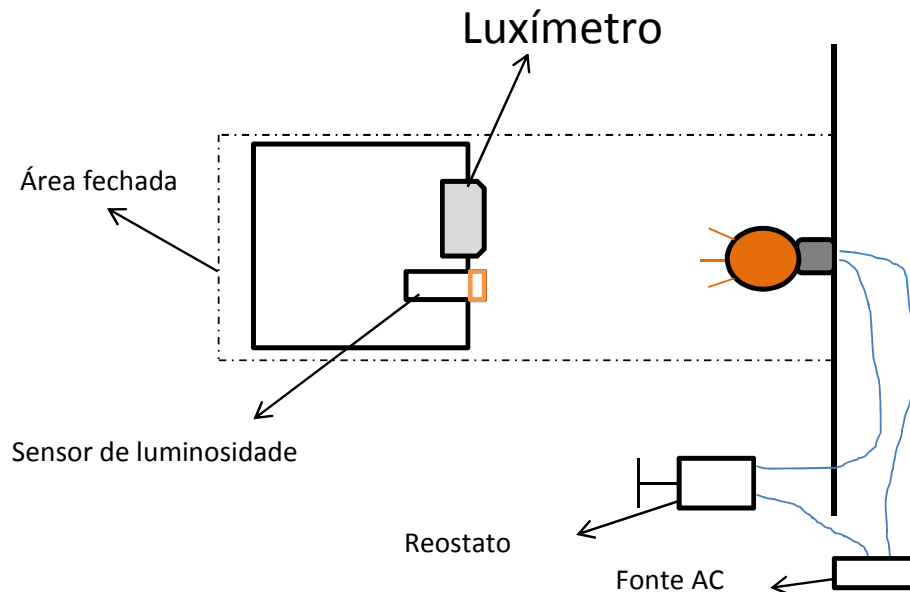


Figura 34: Ajuste do sensor de luminosidade

Fonte: Autoria própria.

Com a estrutura de calibração montada foram realizadas diversas leituras através do sensor de luminosidade e do luxímetro, onde a primeira leitura foi realizada com a lâmpada apagada e na sequência o reostato teve sua resistência alterada de forma a obter um incremento de 100 lux por amostra até o valor de 1000 lux, posterior a isso o incremento utilizado foi 1000 lux até 10000 lux e após 10000 lux utilizou-se um incremento de 10000 lux até o valor de 100000 lux. Para cada situação foram coletados dois valores do sensor de luminosidade, um valor máximo e outro mínimo.

Como no processo de cria e engorda de peixes a incidência solar no local de produção influencia diretamente na produção de oxigênio, procurou-se identificar com o sensor de luminosidade as seguintes situações:

- Ambiente ensolarado, definido como ILU3;
- Ambiente claro, definido como ILU2;

³Luxímetro Digital - MLM 1011 - Minipa

- Ambiente nublado, definido como ILU1;
- Ambiente escuro, definido como ILU0.

Os valores coletados para as situações citadas são 100000 lux, 10000 lux e 1000 lux. Assim a classificação do nível de iluminação é realizada com base nesses valores, em resumo o sistema irá classificar o valor de iluminação coletado através do algoritmo da Figura 35. Neste algoritmo trabalhou-se com os índices ILU0, ILU1, ILU2 e ILU3, caso o valor lido pelo sensor esteja entre os intervalos citados no algoritmo, a lógica irá indicar o grau de iluminação correspondente.

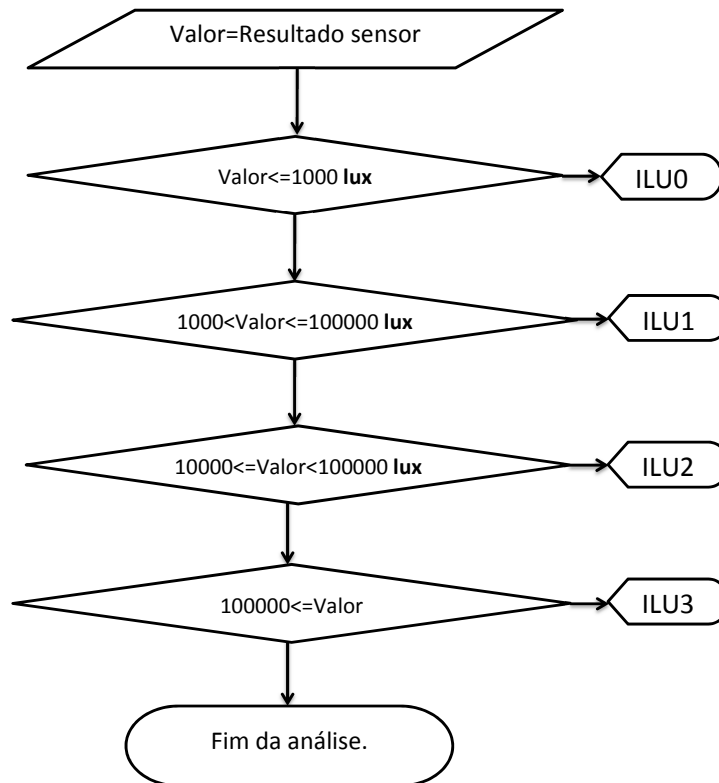


Figura 35: Algoritmo de luminosidade

Fonte: Autoria própria.

As Figuras 44, 45 e 46 disponíveis no Anexo B mostram os detalhes da estrutura de calibração utilizada no ajuste do sensor de luminosidade.

7 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

A imagem do sistema é apresentada na Figura 36, conforme já descrito, foi utilizado o microcontrolador PIC18F4550. Para o desenvolvimento do seu código foi utilizado o compilador mikroC PRO for PIC. O sistema quando ligado através do botão *ON/OFF* (1) solícita ao usuário/operador informações como data, hora, dia da semana, tipo de peixe, peso médio do peixe e número de peixes exatamente nessa sequência, tais informações são solicitadas através do visor (2), as escolhas e confirmações são feitas através do teclado de botões tácteis (3) os quais possuem a funções *ENTER*, mais e menos respectivamente. Posterior à configuração do sistema o mesmo irá operar de forma autônoma exibindo as informações atualizadas sobre o processo em seu visor (2), da mesma forma o armazenamento das informações no cartão SD ocorre de forma análoga, porém, quando ocorre o armazenamento das informações no visor (2) será exibida a mensagem Salvando dados. Caso o usuário queira desligar o sistema ou remover o cartão SD com as informações salvas deve-se pressionar o botão *ON/OFF* (1) desligando o equipamento. Posterior a isso pode-se remover de forma segura o cartão SD onde encontra-se em um arquivo .txt as informações salvas sobre o sistema, dentro deste arquivo cada linha representa as informações salvas de 15 em 15 minutos pelo sistema, essas linhas apresentam de forma separada em colunas os dados: dia da semana, data, hora, temperatura do sensor LM35, temperatura do sensor Termopar, pH, turbidez, *flag* superpopulação, *flag* aerador, *flag* alimentador, classificação de temperatura, classificação de peso e quantidade de ração.

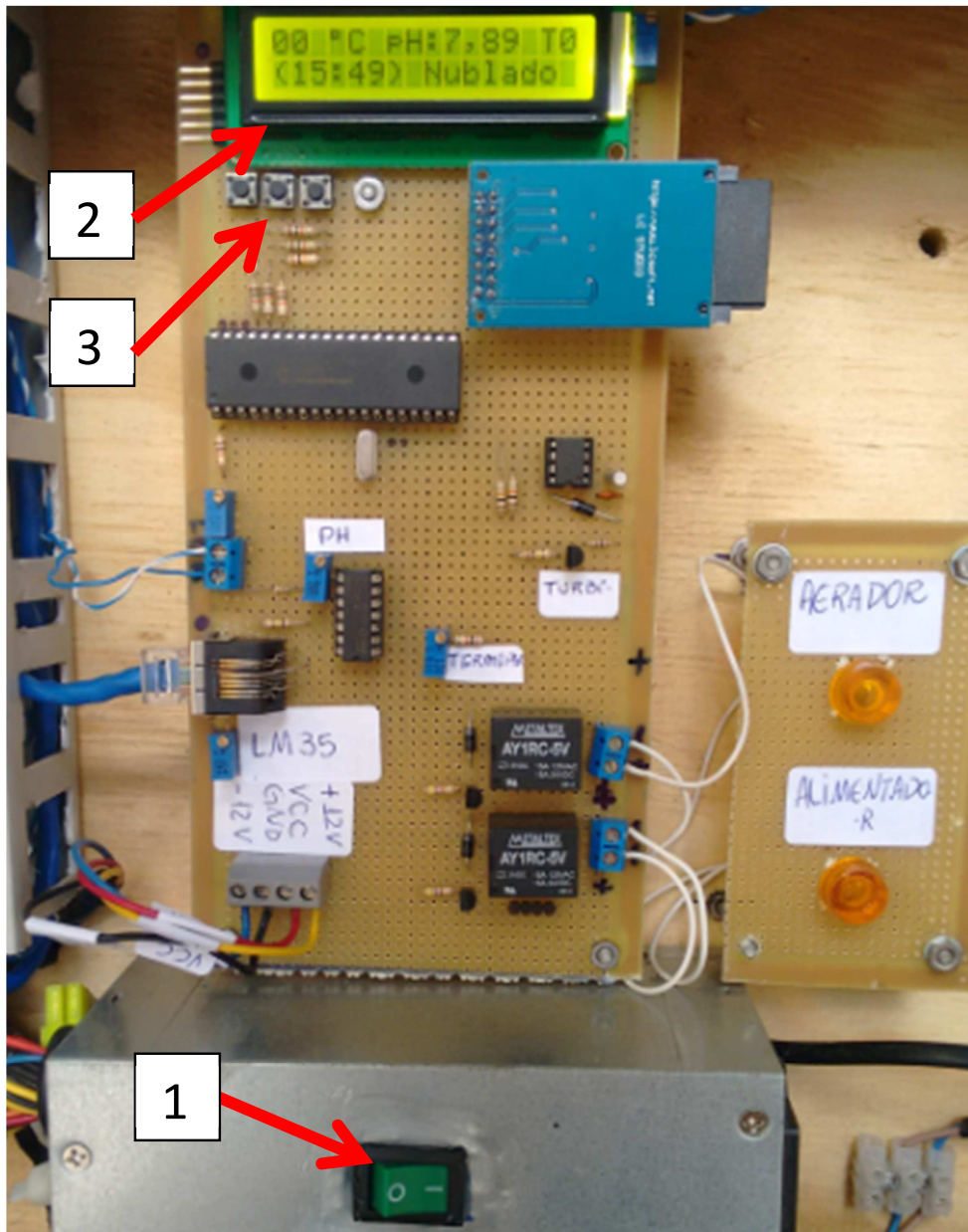


Figura 36: Sistema

Fonte: Autoria própria.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o período do dia 06 de abril de 2015 até 22 de maio de 2015 foram coletados dados do sistema de monitoramento e automação aplicado à piscicultura. O número de coletas não corresponde ao número de dias deste período, pois houve dias em que não foram coletados dados devido à questões técnicas.

Na maioria dos dias de coletas de dados o sistema foi ligado por volta das 10:00 h e desligado após as 24 horas, houve dias em que o sistema foi desligado em outros horários dependendo das situações simuladas no ambiente de testes.

O Sistema funciona da seguinte maneira: o cartão de memória deve ser inserido antes na unidade controladora, após isso, o sistema é ligado sendo que data, hora e as informações referentes ao processo de produção dos peixes são solicitadas ao usuário/operador. Depois de inseridas as informações de tempo e processo o sistema efetua a leitura dos sensores e atua conforme as condições pré-estabelecidas. Assim é mantido um ciclo periódico até que seja solicitada a sua interrupção via agente externo.

8.1 ANÁLISE DO SINAL DE CONTROLE ENVIADO AO AERADOR

Para a análise do comportamento do aerador, a variável intensidade luminosa foi empregada como fator de referência. Os testes em campo em geral foram iniciados em uma condição de dia claro e com o passar das horas a intensidade luminosa diminuiu normalmente conforme as características do dia de testes do aerador. Como o comportamento do sistema foi semelhante em todos os dias, os dados apresentados representam o funcionamento do sistema em todo tempo de testes. Os gráficos mostrados nas Figuras 37 e 38 mostram o comportamento do sistema durante 48 horas.

Como a variação da incidência solar influencia nas taxas de oxigênio dissolvido na água, os critérios para ligar ou desligar o aerador são definidos com base na incidência solar (HEIN; BRIANESE, 2004). Nas Figuras 37 e 38 é possível notar que o aerador esteve ligado durante o intervalo das 22:56 h do dia 19/05 até as 9:16 h do

dia 20/05, posteriormente das 00:11 h do dia 21/05 até as 8:46 h do dia 21/05.

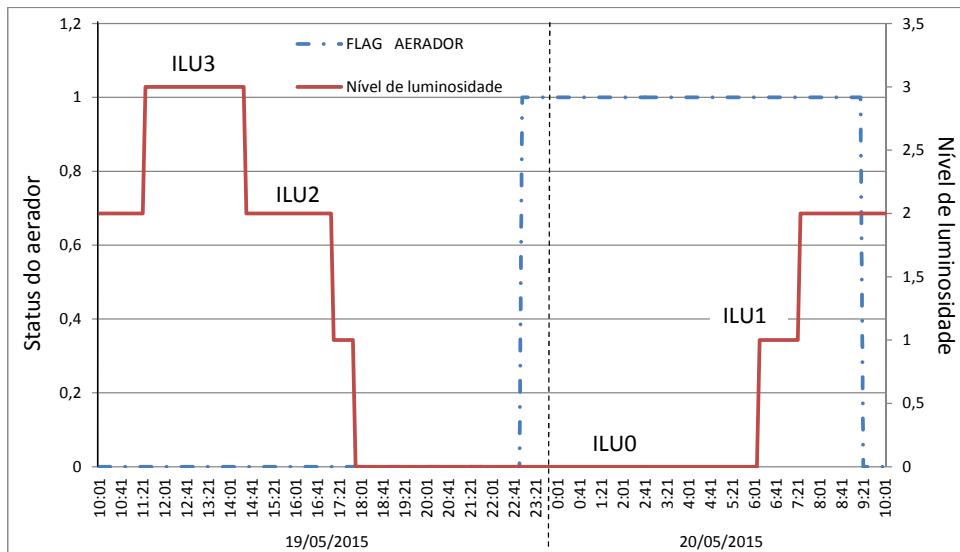


Figura 37: Comportamento do aerador

Fonte: Autoria própria.

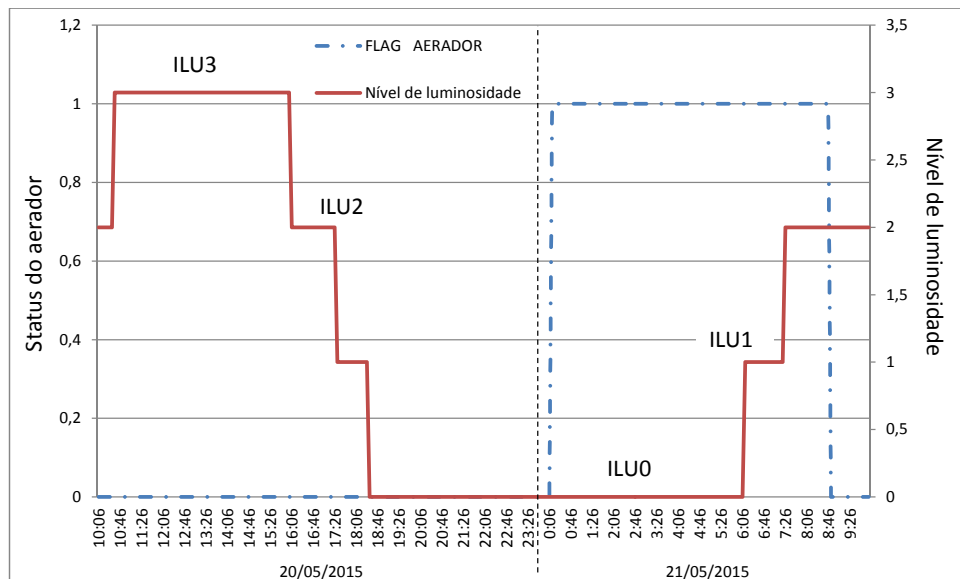


Figura 38: Comportamento do aerador

Fonte: Autoria própria.

O sistema foi programado para identificar se o ambiente está ensolarado, claro, nublado e escuro. O dispositivo aerador é acionado somente quando identificar 5 horas consecutivas de ambiente escuro. Similarmente, para o desligamento do dispositivo espera-se cinco horas consecutivas de ambiente claro ou ensolarado para somente então desligar o mesmo.

Com base nos resultados coletados durante o período de testes pode-se

afirmar que o sistema funcionou corretamente em relação ao acionamento do dispositivo aerador. Visto que, esses acionamentos tiveram comportamento similar ao acionamento do dia 8 de abril.

8.2 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO ALIMENTADOR

Para a análise do comportamento do alimentador as variáveis temperatura média e peso médio dos peixes foram analisadas. Foram realizados testes para diferentes valores de temperatura, quantidade e tamanho de peixes. O cálculo da quantidade de ração a ser fornecida aos peixes pelo sistema é definido pela Equação (1).

$$Q(g) = \frac{\left(\frac{Pm * Np}{100}\right) * F}{4} \quad (1)$$

Sendo que a quantidade calculada é referente a um trato, ou seja, ao término do dia serão realizados quatro tratos, dessa forma a divisão por quatro. A variável Q representa a quantidade de ração a ser fornecida aos peixes durante um único trato, Pm representa o peso médio dos peixes em gramas, Np representa o número de peixes e F o fator de arraçamento ¹.

Considerando um lote de produção com 8000 peixes e que estes têm um peso médio de 100 gramas, foram realizados testes durante uma semana. A Figura 39 mostra o comportamento do sistema durante esse período.

É possível notar na Figura 39 que o sistema alimentou os peixes de forma proporcional a variação da temperatura. Em especial os dias 10, 11, 12 e 16 de maio tiveram uma maior variação de temperatura, assim o fator de arraçamento assumiu um valor diferente da média registrada nos demais dias. A Tabela 1 disponível no Anexo A mostra os fatores de arraçamento considerados.

As condições de temperatura durante o período de testes não tiveram grandes variações, assim, foi necessário o uso de um ambiente controlado onde se pode simular o comportamento do sistema para diversas situações. Para isso, os sensores do sistema foram inseridos em um recipiente com volume de 5 litros de água, dessa forma, foram simuladas condições de temperatura consideradas extremas para

¹Número obtido através da tabela de arraçamento a qual considera a temperatura e o peso médio dos peixes.

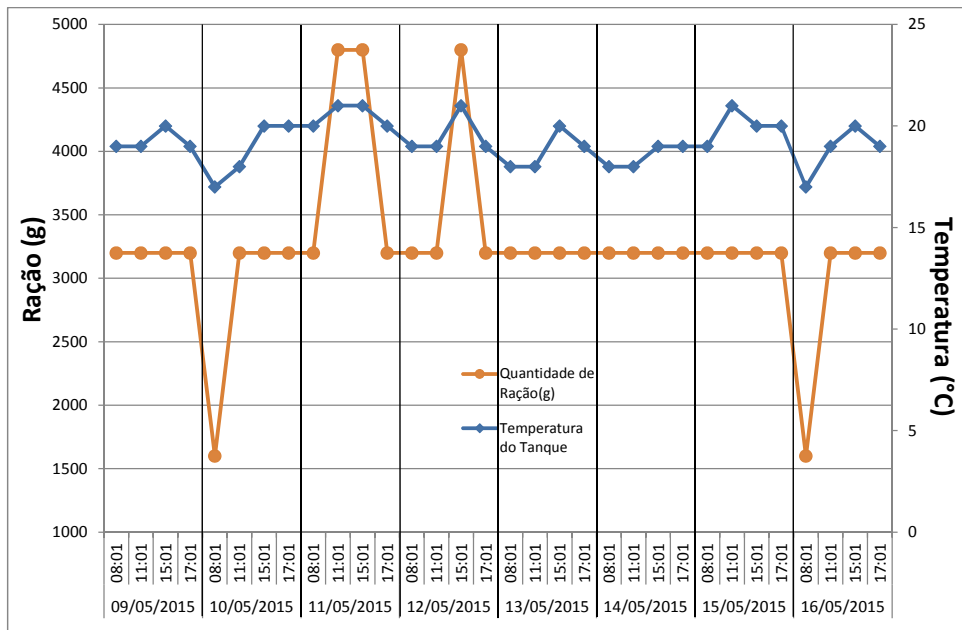


Figura 39: Comportamento do alimentador

Fonte: Autoria própria.

a piscicultura (inferior a 15 °C e superior a 30 °C). Os resultados desses testes são mostrados na Figura 40.

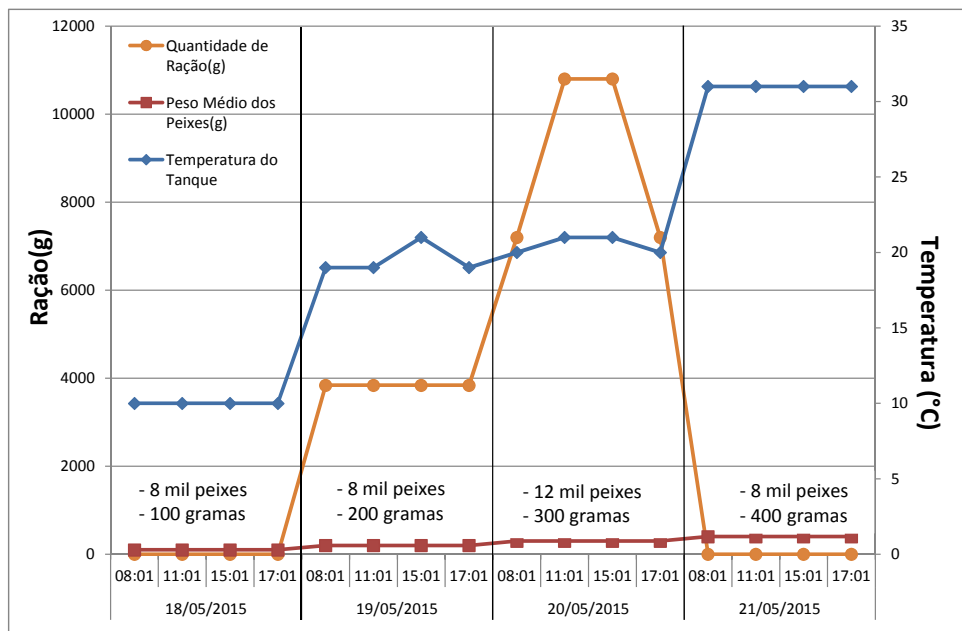


Figura 40: Comportamento do alimentador sob condições extremas

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 40 é apresentado o comportamento do alimentador durante os dias 18, 19, 20 e 21 de maio.

No dia 18 de maio o sistema foi configurado para alimentar 8 mil peixes com peso médio de 100 gramas, a temperatura média da água foi mantida abaixo dos 15 °C. Devido à baixa temperatura o alimentador não forneceu alimento aos peixes.

No dia 19 de maio o sistema foi configurado para alimentar 8 mil peixes com peso médio de 200 gramas, a temperatura média da água foi mantida entre 19 e 21 °C. Devido ao aumento do peso médio dos peixes, foi fornecida uma quantidade maior de ração aos peixes.

No dia 20 de maio o sistema foi configurado para alimentar 12 mil peixes com peso médio de 300 gramas, a temperatura média da água foi mantida entre 19 e 21 °C. Devido ao aumento da biomassa total dos peixes, o sistema forneceu mais ração quando comparado à quantidade fornecida no dia 19/05.

No dia 21 de maio o sistema foi configurado para alimentar 8 mil peixes com peso médio de 400 gramas, a temperatura média da água foi mantida superior aos 30 °C. Devido à alta temperatura o alimentador não forneceu alimento aos peixes.

Com base nos resultados coletados durante o período de testes pode-se afirmar que o sistema funcionou corretamente em relação ao acionamento do dispositivo alimentador. Visto que, esses acionamentos tiveram comportamento similar aos acionamentos representados na Figuras 39 e 40.

8.3 SENSOR DE PH E TURBIDEZ

Os sensores de pH e turbidez inseridos neste projeto foram utilizados apenas para efeito de registro da qualidade da água do local de produção. Conforme apresentado no Capítulo 6 o processo de ajuste desses sensores já considerou as condições extremas de operação as quais ambos estarão sujeitos. É apresentado na Figura 41 o comportamento desses sensores durante um dia de testes, sendo que a água do local onde estavam os sensores não foi trocada.

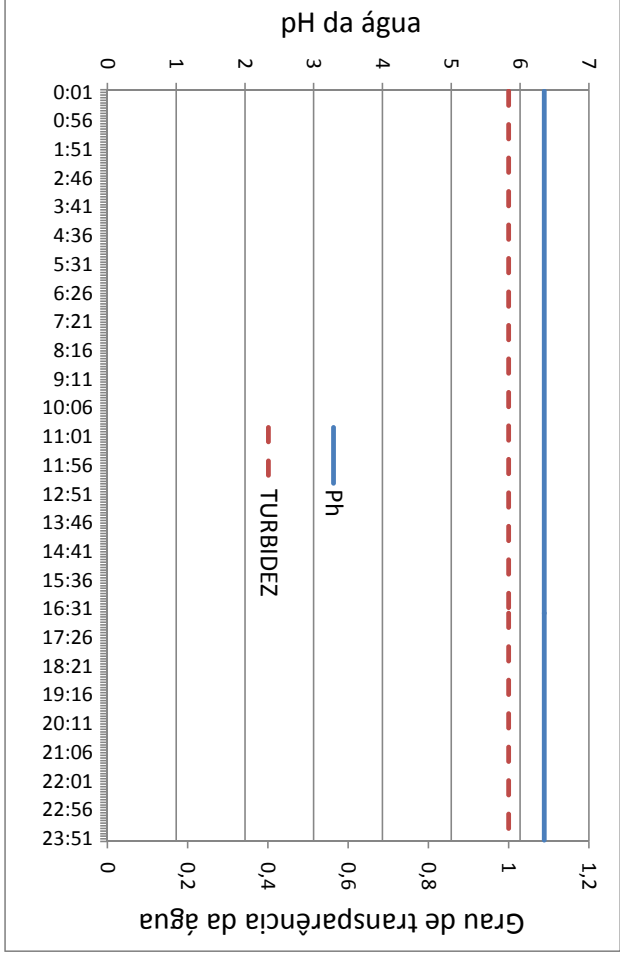


Figura 41 : Comportamento dos sensores de pH e Turbidez

Fonte: Autoria própria.

9 CONCLUSÃO

Foi desenvolvido um sistema de monitoramento e automação aplicado à piscicultura, sendo que todas as etapas foram incluídas, desde o projeto de placas eletrônicas, soldagem e compra dos componentes, programação do microcontrolador, projeto das estruturas físicas, desenvolvimento do sensor de turbidez e as demais atividades envolvidas. Os objetivos neste projeto foram além de desenvolver o sistema, analisar o comportamento do aerador e alimentador para diferentes situações. Tais objetivos foram atingidos e os resultados obtidos mostraram coerência com as expectativas.

Pode-se afirmar que este sistema possui eficiência para ser utilizado na produção de tilápias. As propostas de projetos futuros são:

- A utilização do sistema na produção de demais peixes, tais como, tambaqui, pintado, cachara, tambacu e pacu;
- Utilização do sistema para o monitoramento da produção de peixes em tanque rede;
- Desenvolvimento de um sensor de oxigênio dissolvido.

De forma geral, o projeto desenvolvido pode ser adicionado aos sistemas convencionais já existentes como forma de aumentar a eficiência dos mesmos.

REFERÊNCIAS

DENARDIN, Gustavo Weber. **Microcontroladores**. [S.l.], 2014. Disponível em: <<https://docs.google.com/file/d/0B5Qg94A12mE9Vm5CdHNJazJxMGc/preview>>.

HEIN, Gelson; BRIANESE, Raul Henrique. Modelo emater de produção de tilápia. http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Biblioteca_Virtual/Premio_Extensao_Rural/1_Premio_ER/ModeloEmaterProd_Tilapia.pdf, p. 2–19, Nov. 2004. Acesso em: 2015-05-17.

JÚNIOR, Carlos Alberto Figueredo; JÚNIOR, Aírton Saboya Valente. Cultivo de tilápias no brasil: Origens e cenário atual. <http://www.sober.org.br/palestra/9/178.pdf>, n. 9, p. 1–8, Jun. 2008. Acesso em: 2015-05-17.

MATHIAS, João. Tilápia - o apelo de carne saudável e a facilidade nos tratos fazem da espécie uma boa pedida para quem tem interesse em ingressar na piscicultura. <http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1533300-4530,00.html>, n. 259, 2004. Acesso em: 2015-05-17.

MORAES, José Henrique Carvalho. Curso básico para criação de tilápias em tanques de terra. <http://www.espacodoagricultor.rj.gov.br/pdf/criacoes/TANQUESDETERRA.pdf>, 2014. Acesso em: 2015-05-17.

SUSSEL, Fábio Rosa. Tilapiacultura no brasil e entraves na produção. <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/TilapiculturaEntraves2013.pdf>, p. 2–6, Jun. 2013. Acesso em: 2015-05-17.

ANEXO A - PRIMEIRO ANEXO

Tabela 1: Tabela de arraçamento para tilápias

PESO MÉDIO (g)	Taxa de arraçamento (%) em função da temperatura.							% PB
	TEMPERATURA (°C)							
	<15	15-17	18-20	21-23	24-26	27-29	>30	
1-5	0	3	6	9	12	15	6	36 %
5-10	0	1,6	3,2	4,8	6,4	8	3,2	
10-20	0	1,4	2,8	4,2	5,6	7	2,8	
20-50	0	1	2	3	4	5	2	32 %
50-70	0	0,8	1,6	2,4	3,2	4	1,6	
70-100	0	0,8	1,6	2,4	3,2	4	1,6	
100-150	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3	1,2	28 %
150-200	0	0,54	1,08	1,62	2,16	2,7	1,08	
200-300	0	0,48	0,96	1,44	1,92	2,4	0,96	
300-400	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	0,8	25 %
400-500	0	0,3	0,5	1,0	1,4	1,6	0,7	22 %
500-750	0	0,2	0,4	0,8	1,2	1,4	0,6	22 %
750-1000	0	0,1	0,3	0,6	1,0	1,2	0,4	21 %

Adaptação de Ostrensky & Boeger 1998

Paulo Fernando Warming
Eng.º Agrônomo
Epagri/Codapi/Capc

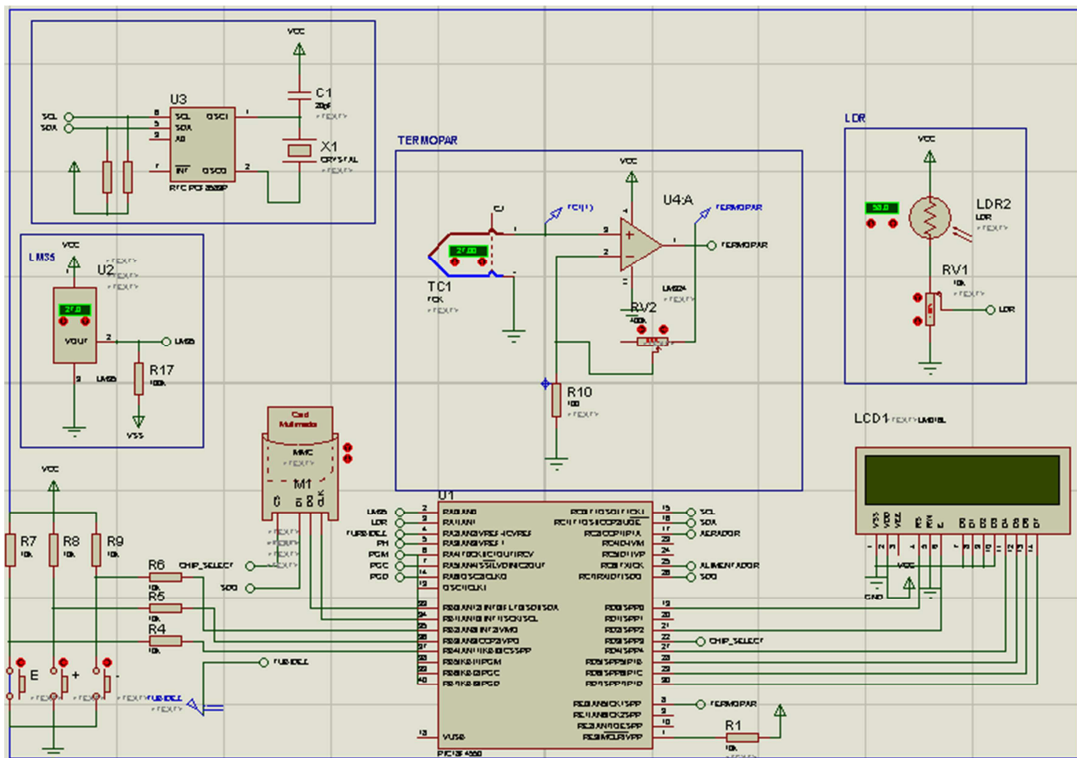


Figura 42: Leiaute completo parte A

Fonte: Autoria própria.

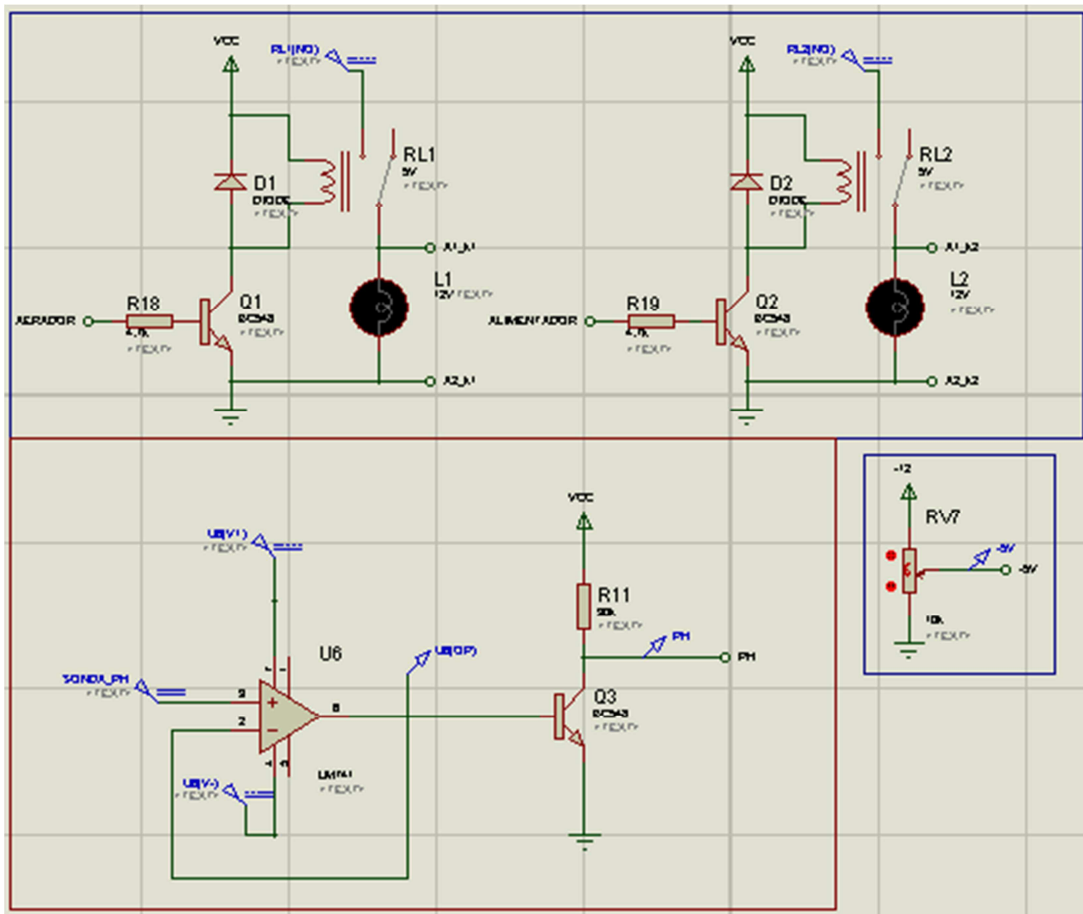


Figura 43: Leiaute completo parte B

Fonte: Autoria própria.

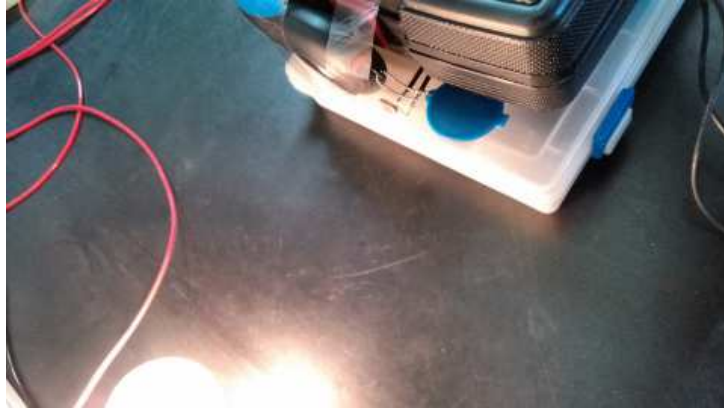
ANEXO B - SEGUNDO ANEXO

Figura 44: Estrutura para calibração do sensor de luminosidade

Fonte: Autoria própria.



Figura 45: Estrutura para calibração do sensor de luminosidade

Fonte: Autoria própria.



Figura 46: Estrutura para calibração do sensor de luminosidade

Fonte: Autoria própria.