



Centro Universitário de Brasília - UniCEUB
Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas - FATECS
Curso de Engenharia da Computação
PROJETO FINAL

**PROJETO DE CONCLUSÃO DO CURSO SISTEMA DE CONTROLE
AUTOMÁTICO PARA BOMBAS DE PISCINA COMANDADO PELA
TEMPERATURA DA ÁGUA**

Autor: Robson Luís Caetano (RA: 2051664-6)

Orientador: Prof. Carmo Gonçalves

BRASÍLIA - DF

2º SEMESTRE DE 2009

ROBSON LUÍS CAETANO

PROJETO FINAL

**SISTEMA DE CONTROLE AUTOMÁTICO PARA BOMBAS DE PISCINA
COMANDADO PELA TEMPERATURA DA ÁGUA**

BRASÍLIA – DF

2º SEMESTRE DE 2009

Monografia apresentada a Faculdade de Tecnologia de Ciências Sociais Aplicadas do Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais e meu irmão por todo incentivo e dedicação ao longo dessa jornada acadêmica e minha namorada Maria Jéssica Lago que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos difíceis desse projeto.

Agradeço também aos meus colegas e amigos, José Carlos, Claudiney, Leandro Rosa, Marcus Vinicius, Álvaro Santana, Maria Luiza, Agnaldo que me ajudaram bastante no início desse projeto final e a todos os professores do curso de Engenharia de Computação que passaram com paciência e profissionalismo todo o conhecimento, principalmente, aos professores Carmo Gonçalves e Maria Marony que me supervisionou e me orientou sabiamente durante todo desenvolvimento deste projeto.

A todas as pessoas que auxiliaram para que esse projeto fosse concluído com sucesso.

Acima de tudo, a DEUS, pela grande oportunidade

RESUMO

Os aquecedores comuns de piscina existentes no mercado destinam-se a atividades físicas que necessitam de um maior controle da temperatura, pois esta nem sempre se mantém constante, necessitando verificação diária controlada. Neste projeto foi desenvolvido um protótipo capaz de manter a temperatura da piscina constante em uma faixa preestabelecida durante todo o tempo de utilização do usuário, sem que haja nenhuma intervenção humana.

Desta forma, o presente trabalho descreve o projeto e a construção de um sistema de controle automático para bombas de piscina comandada pela temperatura da água, que a mantém variando dentro de uma faixa predeterminada, estabelecida conforme o ideal para algumas atividades realizadas em piscinas, não necessitando que os profissionais desta área se preocupem com a temperatura. Para isso, foi utilizado um kit de desenvolvimento com microcontrolador PIC 16F877A composto de dois relés e um display LCD, uma resistência, uma bomba d'água e um modelo em escala reduzida que simula a piscina e um compartimento de aquecimento.

Palavras-chave: Sistema de controle automático para bombas de piscina comandado pela temperatura da água, resistência, bomba d'água, sensor de temperatura, relés e microcontrolador PIC 16F877A.

ABSTRACT

The pool heaters existent on market, intended to physical activities witch needs a bigger temperature control because it doesn't always keeps constant, needing diary controlled verification. On this Project it was developed an equipment capable to maintain the swimming pool's temperature constant in a pre-established range during the user's usage, without any human intervention.

Hence, this article describes the projetct and the construction of an automatic system of control for the swimming pool's pump controlled by the temperature of the water that keeps alternating the temperature within a pre-determined range established according to the activities that will take place in the pool, eliminating the need of a professional to be concerned about the temperature. For this project, a PIC 16F877A microcontroller kit was used with two relays and a LCD display, a resistance, a water pump and a prototype that simulates a swimming pool and a heating compartment.

Key words: Automatic control system for the swimming pool's pump, resistance, water pump, temperature sensors, relays and PIC 16F877A microcontroller.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama geral do projeto (Autor).....	17
Figura 2 - Esquema elétrico da placa controladora de relé (Autor)	32
Figura 3 - Definição das Portas do Relé (Autor).....	32
Figura 4 - Esquema elétrico da placa principal (Autor).....	33
Figura 5 - Kit de controle desenvolvimento confeccionado pelo autor (Autor)	34
Figura 6 - Layout do display LCD	35
Figura 7 - Pinagem do Microcontrolador PIC 16F877A da Microchip (MICROSHIP,2003).....	38
Figura 8 - Definição das portas de conversão A/D (Autor)	39
Figura 9 - Relés de acionamento (Autor)	42
Figura 10 - Parte do código mostrando definição do sensor (Autor)	42
Figura 11 - LM35 da National Semiconductor	43
Figura 12 - Circuito elétrico do LM35 (NATIONAL,1999)	43
Figura 13 - Resistência responsável por todo o aquecimento d'água (Autor)	44
Figura 14 - Figura ilustrando bomba d'água (Autor)	45
Figura 15 - Protótipo da piscina olímpica reduzida 1000 vezes (Autor)	46
Figura 16 - Compartimento de aquecimento da água (Autor)	47
Figura 17 - Multímetro digital da Minipa responsável pela comparação da temperatura (Autor)	48
Figura 18 - Sensor de temperatura protegido visto no protótipo (Autor)	50
Figura 19 - Resistência dobrada no compartimento de aquecimento (Autor)	51
Figura 20 - Código fonte do controle dos relés (Autor).....	52
Figura 21 - Resistência e boma ligados no circuito de acionamento (Autor).....	53
Figura 22 - Suporte feito para garantir o funcionamento do projeto (Autor)	54
Figura 23 - Bomba d'água vista no protótipo completo (Autor)	55
Figura 24 - Desenho da placa feito no Proteus (Autor)	56
Figura 25 - Desenho da Placa relé visualizado em formato 3D (Autor).....	57
Figura 26 - Kit de Controle completo com as devidas ligações (Autor)	57
Figura 27 - Compilação do Software (Autor)	58
Figura 28 - Tela de gravação do código Hexadecimal na memória do PIC. (Autor)..	59
Figura 29 - Fluxograma do software implementado pelo autor. (Autor)	60

Figura 30 - Relés ligados quando a temperatura registrada por menor ou igual a 28 °C (Autor)	62
Figura 31 - Relés desligados quando a temperatura visualizada no display é maior ou igual a 33 °C. (Autor)	63
Figura 32 - Relés acionados permitindo passagem de corrente para os equipamentos (Autor)	66
Figura 33 - Relés desligados impedindo passagem de corrente para os equipamentos (Autor)	67
Figura 34 - Protótipo Final (Autor)	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores típicos para o coeficiente de transferência de calor por convecção (INCROPERA,2003).....	27
Tabela 2 - Pinos do módulo LCD(VISHAY,2002).....	36
Tabela 3 - Tabela de Conversão A/D utilizando 10 bits (Autor)	40
Tabela 4 - Tabela mostrando o resultado dos ensaios (Autor)	68

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
1.1.	MOTIVAÇÃO.....	12
1.2	OBJETIVOS.....	13
1.3.	METODOLOGIA.....	14
1.4.	ESTRUTURA DA MONOGRAFIA.....	14
2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	16
2.1.	ATIVIDADES FÍSICAS REALIZADAS EM PISCINAS.....	18
2.2.	FUNDAMENTOS DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	21
2.2.1.	Resistência Elétrica.....	22
2.2.2.	O Efeito Joule.....	23
2.2.3.	Fenômeno da Transferência de Calor.....	24
2.2.4.	Condução.....	24
2.2.5.	Convecção.....	26
2.2.6.	Radiação.....	27
2.2.7.	Quantidade de Calor.....	28
2.2.8.	Calor Sensível.....	29
2.2.9.	Calor Latente.....	30
3.	DESCRIÇÃO DE HARDWARE.....	31
3.1.	KIT DE CONTROLE.....	31
3.1.1.	Display de Cristal Líquido.....	35
3.1.2.	Comunicação Serial RS232.....	36
3.2.	MICROCONTROLADOR PIC 16F877A.....	36
3.2.1.	Conversor A/D.....	38
3.3.	COMPONENTES ELETRÔNICOS.....	41
3.3.1.	Sensor de Temperatura LM35.....	42
3.3.2.	Resistência.....	44
3.3.3.	Bomba.....	45
3.3.4.	Protótipo da Piscina e do Aquecedor.....	45
3.3.5.	Termômetro digital.....	47
4.	IMPLEMENTAÇÃO DO APARATO EXPERIMENTAL.....	49

4.1.	PROTÓTIPO	49
4.1.1.	Implementação do Hardware controlador da bomba	55
4.2.	PROGRAMAÇÃO DO KIT	58
4.3.	FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO	61
4.4.	DIFICULDADES	63
5.	TESTES E RESULTADOS	66
6.	CONCLUSÃO	71
6.1.	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	72
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
	APÊNDICE A – CÓDIGO CONTROLADOR DE RELÉS.....	73

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, nas academias, tem-se uma variedade enorme de atividades aquáticas que necessitam um controle maior da temperatura da água, pois são realizadas em piscinas com temperatura mais alta. Para isso são utilizados equipamentos responsáveis pelo aquecimento que tem como objetivo garantir a temperatura adequada para a realização de atividades como natação, hidroterapia, natação para bebês e hidroginástica.

Devido a isto, o tema a ser estudado trata-se do desenvolvimento de um sistema automático para controle de bombas de piscinas controlado pela temperatura, que mantém a temperatura variando dentro de uma faixa preestabelecida. O protótipo é constituído por KIT desenvolvido pelo autor que contém o microcontrolador PIC 16F877A, dois aquários, um simulando a piscina olímpica reduzida 1000 vezes, e outro que será o compartimento responsável pelo aquecimento da água, uma resistência e uma bomba de aquário. O protótipo mantém a temperatura da água na faixa definida e portanto não haverá uma grande queda de temperatura da água permitindo que os treinos e as atividades físicas sejam mais bem aproveitados pelos alunos. Dessa forma, o professor não precisará interromper e nem ficar se preocupando com a temperatura da água, pois o sistema faz todo esse controle de forma automática.

1.1. MOTIVAÇÃO

As academias hoje em dia dispõem de aquecedores que não possuem uma grande integração entre as suas bombas, fazendo com que a temperatura da piscina varie muito no decorrer do dia e também de um dia para outro. Com isso, a piscina pode ficar muito quente ou muito fria, às vezes atrapalhando um tipo específico de treino, pois se a piscina estiver muito quente gera relaxamento nos alunos atrapalhando diretamente seus rendimentos e uma piscina muito fria gera insatisfação por parte dos alunos, lembrando também que algumas atividades como hidroginástica,

hidroterapia, aulas especiais para bebês não podem ocorrer em piscinas com temperaturas baixas.

Outro fator motivante é a economia que essa automatização pode gerar. Com o controle da temperatura dessa maneira, pode haver uma redução no consumo de energia elétrica, pois as bombas não ficarão ligadas durante o dia todo e o controle será automatizado, não precisando de interferência humana para ligar ou desligar a bomba.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal do projeto é desenvolver um sistema em hardware e software que permita, com a utilização de um microcontrolador o controle de liga/desliga de uma bomba, de acordo com as informações obtidas na leitura da temperatura da água de uma piscina, de forma automatizada.

Este sistema pode ser aplicado no controle de temperatura de piscina e fazer um controle com relação ao seu funcionamento em qualquer tempo ou horário. O sensor de temperatura é utilizado no projeto, diretamente ligado ao microcontrolador que informa a temperatura atual. Esse equipamento é instalado no protótipo.

O sensor de temperatura pode estar presente em qualquer posição do protótipo se a piscina estiver com a água em movimento, pois o escoamento d'água proporciona uma mistura, devido à turbulência do fluxo que contribui para a uniformização da temperatura. No caso da água estiver parada, o sensor deve ficar em qualquer localidade do fundo da piscina, já que a temperatura no fundo é sempre a mais baixa quando a água está em situação estática.

Especificamente, o projeto tem como principal objetivo minimizar o problema de oscilação de temperatura em piscinas presentes em academias, a qualquer instante, sem que um responsável precise estar se deslocando em direção ao aquecedor. Através da programação de software (controle de temperatura) e o software/hardware (integração da bomba aquecedora com o controle de temperatura), pretende-se mostrar que é possível fazer o controle de aquecedores sem a interferência manual, permitindo que o operador possa desenvolver outras atividades. Resumindo os principais objetivos específicos deste projeto:

-Automatizar a operação das bombas responsáveis pelo fluxo de água aquecida da piscina

-Garantir uma temperatura constante e uniforme para um melhor aproveitamento das atividades.

1.3. METODOLOGIA

Para a realização da montagem do protótipo, foram utilizadas diversas pesquisas bibliográficas sendo as principais: Livros, sites da internet, monografias apresentadas anteriormente e foram realizados vários testes e cálculos para análise dos melhores componentes eletrônicos a serem utilizados na implementação.

Para atingir os objetivos propostos, utilizou-se vários componentes eletrônicos sendo o principal o Microcontrolador PIC 16F877A e alguns dispositivos eletrônicos auxiliares para garantir o controle da temperatura da piscina e evitar que esta perca calor.

Outro dispositivo de extrema importância que foi utilizado, o sensor LM35, mede a temperatura instantaneamente e informa imediatamente para o microcontrolador.

1.4. ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

Esta monografia é composta de 6 (seis) capítulos, iniciando com a INTRODUÇÃO, que apresenta a motivação do projeto, os principais objetivos, a metodologia de pesquisa e também toda estrutura desse trabalho.

No capítulo 2 (dois) são apresentados os fundamentos teóricos, com descrição dos principais assuntos abordados fazendo menção à operação das piscinas, e aos princípios de transferência de calor e às atividades realizadas nas piscinas.

No capítulo 3 (três) é descrito o HARDWARE, e apresentado os tipos e modelos dos hardwares escolhidos para a elaboração do projeto, detalhando o microcontrolador que o kit contempla junto aos seus principais componentes que serão utilizados, e a sua relação com sistema em desenvolvimento.

No Capítulo 4 (quatro) o detalhamento do desenvolvimento do aparato experimental é apresentado, abordando toda a fase de implementação do trabalho, sendo exposta a interação entre componentes e software, o funcionamento do protótipo e também as dificuldades encontradas nessa etapa.

No capítulo 5 (cinco) os testes realizados e os resultados obtidos, bem como a análise de resultados são exibidos.

O capítulo 6 (seis) apresenta a conclusão, bem como, as recomendações e sugestões para o prosseguimento de trabalhos futuros realizados neste segmento.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Estima-se que, em 2010 no dia-dia, cada pessoa se depare com 100 processadores e/ou microcontroladores na solução de problemas nas mais diversas áreas, tais como: automobilística, predial, industrial, agrícola, biomédica, robótica. Por motivo deste crescimento, tem se verificado que existe um grande interesse das empresas de desenvolvimento de projetos eletrônicos com microcontroladores. (ZANCO, 2005; SANTOS, 2009)

O projetista de circuitos eletrônicos microcontrolados tem desempenhado um papel de destaque neste contexto, pois viabiliza o desenvolvimento de soluções personalizadas e de baixo custo, uma exigência cada vez mais comum entre as empresas modernas. Este é um dos motivos que explica o grande crescimento do uso de microcontroladores no projeto de circuitos eletrônicos, e um número cada vez maior de projetistas. Costuma-se dizer que o limite de criação de soluções envolvendo microcontroladores está associado à criatividade do projetista. Quem é projetista sabe quanto dinheiro pode estar por trás de uma boa idéia (ZANCO, 2006).

Partindo deste princípio foi construído um sistema de controle automático para bombas de piscina comandado pela temperatura da água utilizando um microcontrolador PIC e alguns componentes eletrônico para realizar esse controle. A solução desenvolvida para este trabalho é demonstrada na figura 1.

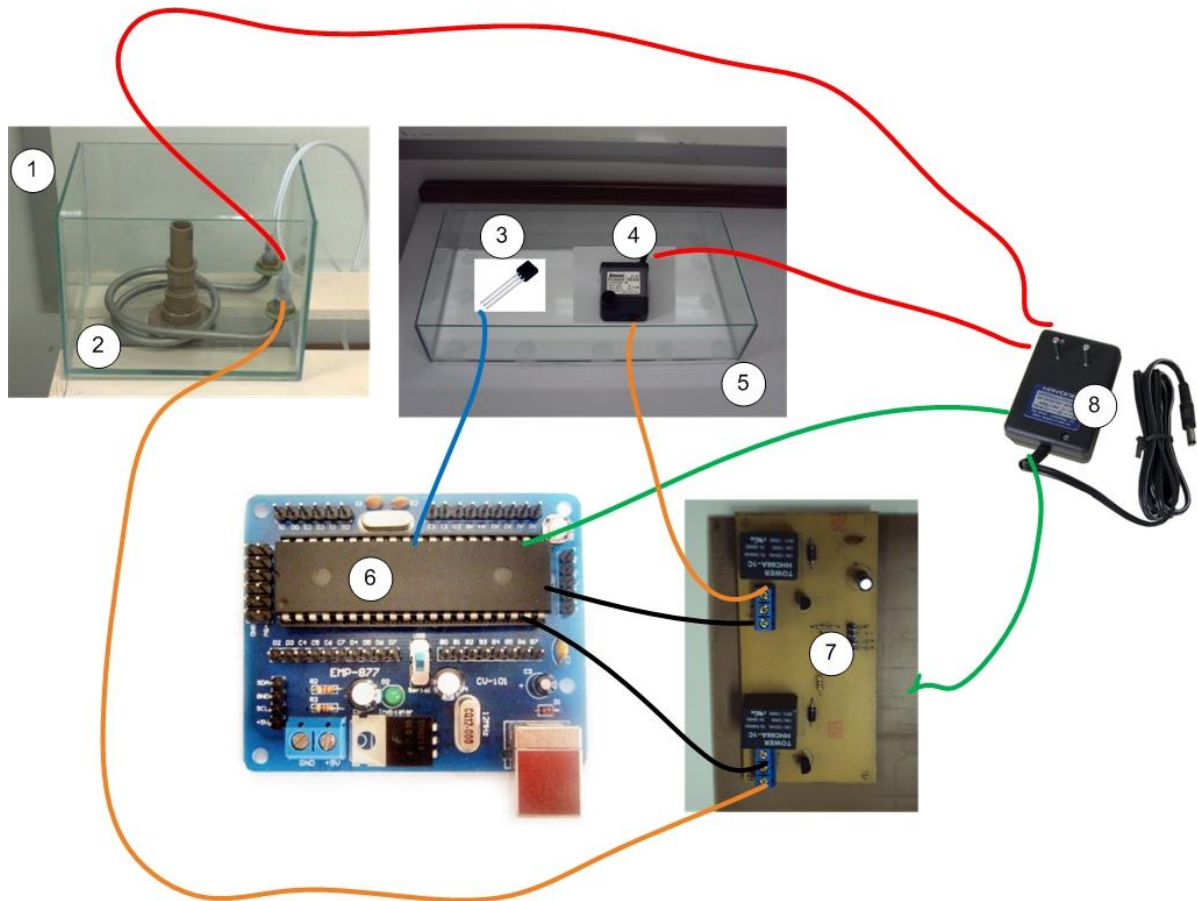


Figura 1 - Diagrama geral do projeto (Autor)

Onde:

- 1 – Compartimento de aquecimento;
- 2 – Resistência;
- 3 – Sensor de temperatura;
- 4 – Bomba de água;
- 5 – Protótipo da piscina;
- 6 – Microcontrolador PIC 16F877A;
- 7 – Relés;
- 8 – Fonte de Tensão de 18V.

Além do microcontrolador que é responsável por fazer todo o controle do sistema, foi utilizado um sensor de temperatura, este equipamento tem a finalidade de medir a temperatura do protótipo da piscina.

Outros componentes adotados no sistema foram os relés onde são ligados a bomba de água e a resistência. O primeiro possui a função de abrir ou fechar o circuito permitindo ou não a passagem de corrente elétrica, enquanto o segundo tem a finalidade de recalcar água do modelo em escala reduzida da piscina para o compartimento de aquecimento e o último tem finalidade de aquecer a água. Caso o sensor detecte a temperatura de uso ideal da piscina, o relé fecha o circuito e permite a passagem de corrente elétrica pela resistência e pela bomba, permitindo com que a temperatura da água seja elevada para faixa desejada.

Desta forma, quando a temperatura registrada pelo sensor for menor ou igual 28° C, o relé é acionado e ocorre a passagem de corrente elétrica para os equipamentos. Por outro lado, se a temperatura registrada for maior ou igual 33° C, o relé é desligado e não permite a passagem de corrente elétrica para resistência e bomba.

Assim, a temperatura da piscina se mantém variando na faixa de 28° C e 33° C, temperaturas escolhidas devido à eficácia do melhor aproveitamento em algumas atividades físicas conceituadas na seção seguinte. Mais detalhes sobre o funcionamento e confecção do protótipo encontra-se nos capítulos 3 e 4.

2.1. ATIVIDADES FÍSICAS REALIZADAS EM PISCINAS

Indubitavelmente, a utilização do meio aquático não é exclusividade dos tempos atuais, uma vez que o homem da pré-história já utilizava do ambiente aquático com muita frequência. Há relatos de que há cerca de cinco mil anos, na Índia, já existiam piscinas de água quente onde figuras assírias de baixo relevo mostravam estilos rudimentares de natação. Além disso, Hipócrates (460-375 a.C.) usava água no tratamento de doenças e os romanos utilizavam os banhos com finalidades recreacionais e curativas. (SKINNER, 1985).

Hoje o interesse em relação às atividades na água aumentou entre estudiosos, professores e pesquisadores das diversas áreas de estudo, como a

Educação Física e suas atividades físicas, a Fisioterapia e suas terapias aquáticas, entre outras, bem como elevados índices de procura e aceitação pela população em geral. (TAHARA, 2006)

No contexto das sociedades contemporâneas, o estilo de vida ativo, hábitos saudáveis e a atividade física podem, cada vez mais, representar fatores decisivos de qualidade de vida e sensação de bem-estar, entendendo que há múltiplos fatores intervenientes e determinantes na qualidade de vida da população, tais como satisfação no trabalho, prazer, relações familiares, entre outros, numa combinação que caracteriza os níveis qualitativos em que vive o homem contemporâneo. (NAHAS, 2001)

As atividades aquáticas vêm evoluindo de maneira satisfatória de acordo com as exigências da sociedade e do próprio ser humano, sendo uma das modalidades esportivas mais praticadas em academias, clubes, haja vista a quantidade de pessoas que adoram se exercitarem em meio líquido. (TAHARA, 2006)

São inúmeros os benefícios das atividades aquáticas, em diferentes faixas-etárias e respeitando melhoria em diversos níveis: (TAHARA, 2006)

No que concerne ao **aspecto físico**, a possibilidade de realizar movimentos sem causar impacto às articulações e tendões, estimulação de toda a musculatura e manutenção do tônus muscular, efeitos benéficos sobre o sistema respiratório e cardiovascular, recuperação de enfermidades, entre outros.

Em relação ao **aspecto psicológico**, tendência à elevação da auto-estima, alívio dos níveis de stress, maior disposição para enfrentar as atividades cotidianas, entre outros.

No que tange ao **aspecto social**, é perceptível como há novas possibilidades de favorecimento das relações interpessoais e conseqüente aumento dos laços de amizade, interesse em compartilhar experiências e ideais, entre outros.

2.1.1. Natação para bebês:

Quando a criança nasce, sua forma principal de interação com o meio é estabelecida através de reflexos incondicionados, que tendem a desaparecer entre o terceiro e sexto mês como no caso do reflexo de preensão com as mãos. Outros reflexos, como o natatório, devem ser estimulados para que não desapareçam. (RODRIGUEZ, 2001; SALLES,2006)

Com o desenvolvimento, entre 1 e 2 anos, a criança incorpora habilidades motoras primárias que vão permitir que ele execute movimentos cada vez mais complexos (RODRIGUEZ, 2001; SALLES,2006).

A presença da mãe, do pai ou alguém que é familiar ao bebê é fundamental para o processo de estimulação aquática, onde estes vão proporcionar segurança afetiva e segurança física, enquanto os professores trabalharão como mediadores e facilitadores do processo de estimulação. (ZULLIETTI, 2002; SALLES,2006)

A temperatura da água para atividades com bebês deve estar em torno de 30° C, e a piscina deve ser coberta para se manter uma temperatura ambiente constante. (CORRÊA,1999; LIMA, 2003; SALLES,2006)

Segundo a FINA (Federação Internacional de Natação), a temperatura ideal para prática de natação competitiva varia na faixa de 25 à 28 graus. (FINA, 2009-2013)".

2.1.2. Hidroterapia:

A água é um meio maravilhoso para os exercícios e oferece oportunidades estimulantes para os movimentos que não estão dentro dos programas tradicionais de exercícios em solo. Desta forma, entra em cena um profissional da saúde capaz de contribuir substancialmente às deficiências da população em geral: o fisioterapeuta. (TAHARA, 2006)

O termo hidroterapia é derivado das palavras gregas *hydor* (água) e *therapia* (cura), sendo atualmente muito utilizada com o propósito de recuperação ou reabilitação de determinada lesão.

Modalidade de Fisioterapia compreendendo exercícios, manipulações e mobilizações, utilizando técnicas cientificamente experimentadas. Estas técnicas baseiam-se em conceitos de Fisiologia do Exercício e Biomecânica e tomam partido das propriedades físicas da água, particularmente empuxo (efeito de flutuação), pressão hidrostática e turbulência, assim como a densidade substancialmente distinta daquela do ar. (TAHARA, 2006)

A Hidroterapia é eficaz em patologias neurológicas, músculo-esquelético e cardiorrespiratórias, buscando a recuperação funcional e a reeducação motora. (TAHARA, 2006)

A eficácia do tratamento é plena quando a água é aquecida a uma temperatura agradável ao paciente, na faixa de 32° C a 33° C (dependendo da temperatura exterior, propiciando um padrão de relaxamento neurológico e muscular e emocional). (TAHARA, 2006)

Devido ao fato de, normalmente, a utilização de piscinas estarem vinculadas a diversas modalidades aquáticas, tais como, as citadas anteriormente o presente projeto visa proporcionar faixas de temperaturas específicas que atendam as demandas das respectivas atividades aquáticas.

A faixa estipulada na implementação será entre 28° C, ideal para natação e 33° C associadas à prática de hidroginástica, hidroterapia e natação para bebês. Devido a essa faixa pré-estipulada foi desenvolvido um protótipo com finalidade de manter a temperatura da piscina constante que auxiliará o profissional de educação física a obter um melhor resultado nos seus treinos sem que haja alguma intervenção humana para o controle de temperatura, com isso deixando o professor insento de mais uma preocupação durante seu dia-dia de trabalho.

2.2. FUNDAMENTOS DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Aqui são apresentados os principais fenômenos físicos presentes no projeto, mostrando os conceitos de transferência de calor, resistência elétrica, o efeito joule,

quantidade de calor, calor sensível e calor latente, dando uma maior ênfase aos assuntos abordados neste trabalho.

2.2.1. Resistência Elétrica

A resistência elétrica é a capacidade de um corpo de se opor a passagem da corrente elétrica por ele, quando existir uma diferença de potencial aplicada ao mesmo. O cálculo é dado pela primeira Lei de Ohm expressa por:

$$V = R.I$$

Onde:

- **V** - é a diferença de potencial elétrico, medida em (Volts - V).
- **R** - resistência elétrica do circuito, medida em (Ohms - Ω).
- **I** - é a intensidade de corrente elétrica, medida em (Amperes - A).

Quando uma corrente elétrica é estabelecida em um condutor metálico, um número muito elevado de elétrons livres passa a se deslocar nesse condutor. Nesse movimento, os elétrons colidem entre si e também contra os átomos que constituem o metal. Portanto, os elétrons encontram certa dificuldade para se deslocar, isto é, existe uma resistência à passagem da corrente no condutor. Para medir essa resistência, os cientistas definiram uma grandeza denominada de resistência elétrica (TIPLER, 2000).

Existem alguns fatores que influenciam diretamente no valor da resistência, são eles: (TIPLER, 2000)

- A resistência de um condutor é proporcional ao seu comprimento;
- A resistência de um condutor é tanto maior quanto menor for a área da sua seção reta, ou seja, quanto mais fino for o condutor;
- A resistência de um condutor depende do material que ele é feito.

Estes fatores representam a segunda Lei de Ohm que é expressa por: (TIPLER, 2000).

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (2)$$

Onde:

- ρ - é a resistividade elétrica do condutor, medida em (Ohm x metro - $\Omega \cdot m$).
- L - é o comprimento do fio, em (metros - m).
- A - é a área da seção transversal em (m^2).

2.2.2. O Efeito Joule

O fenômeno da transformação de energia elétrica em térmica é denominado efeito térmico ou efeito joule. Esse fenômeno ocorre devido ao encontro dos elétrons da corrente elétrica com as partículas do condutor. Os elétrons sofrem colisões com átomos do condutor, parte da energia cinética (energia de movimento) do elétron é transferida para o átomo aumentando seu estado de agitação, conseqüentemente sua temperatura. Assim, a energia elétrica é transformada em energia térmica (calor) (RAMALHO,2003; TIPLER, 2000).

A descoberta da relação entre eletricidade e calor trouxe ao homem vários benefícios. Muitos aparelhos utilizados no dia-a-dia têm seus funcionamentos baseados no efeito Joule.

A lei de Joule pode ser expressa pela equação a seguir:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Onde:

- **Q** - é o calor gerado por uma corrente constante percorrendo uma determinada resistência elétrica por determinado tempo. Sua unidade é o (Joule - J).
- **t** - é a duração ou espaço de tempo em que a corrente elétrica percorreu o condutor e é medido em (segundos – s).

2.2.3. Fenômeno da Transferência de Calor

A transferência de calor pode ser definida como a transmissão de energia de uma região a outra resultante de uma diferença de temperatura entre elas. A temperatura da substância mais quente vai diminuir e a temperatura da substância mais fria vai aumentar se não houver mudança de fase. Pode-se verificar então que, ao longo do tempo, os corpos passam a ter a mesma temperatura, ou seja, atingem o equilíbrio térmico. O corpo que apresentava temperatura mais alta perde energia térmica, enquanto o outro ganha energia e tem a temperatura elevada. (INCROPERA, 2003; SHIMDT, 1996; KREITH, 2001)

Quando a transferência de energia é o resultado de apenas uma diferença de temperatura, sem a presença de trabalho, então esta transferência de energia recebe o nome de transferência de calor. (SCHIMDT, 1996)

Calor é definido como a energia em trânsito devido à diferença de temperaturas e que não está associada com a transferência de massa. (SCHIMDT, 1996; TA-VEIRA, 2008)

Os processos pelos quais ocorre a transferência de calor são:

- Condução
- Convecção
- Radiação

2.2.4. Condução

É a transferência de energia através de uma substância, um sólido ou um fluido, como resultado da presença de uma diferença de temperatura dentro da substância. Na região mais quente as partículas têm mais energia e vibram com mais in-

tensidade; essa vibração se transmite de molécula a molécula até o extremo oposto, espalhando calor pelo corpo inteiro (SCHIMDT, 1996; TAVEIRA, 2008)

Temperaturas mais elevadas estão associadas a energias moleculares maiores e, quando as moléculas vizinhas se colidem, conforme ocorre constantemente há necessariamente, transferência de energia das moléculas de maior energia para as de menor energia. (INCROPERA, 2003)

A condução de calor é um processo que exige a presença de um meio material para se propagar, ou seja, não ocorre no vácuo. A transferência de calor pode ser alcançada pelo atrito entre dois corpos, podendo ser fluídos, dois corpos ou um de cada ou então pelo contato. (SCHIMDT, 1996)

A condução através de um corpo depende de sua área, da resistência térmica oferecida pelo material do qual o corpo é feito, portanto, da sua condutibilidade térmica, da espessura e da diferença de temperatura. (INCROPERA, 2003)

A relação básica usada para calcular a condução ou difusão de calor em uma substância é a lei de Fourier e é expressa por: (SCHIMDT, 1996)

$$\frac{Q}{\Delta t} = -k.A.\left(\frac{t_i - t_e}{e}\right)$$

Onde:

- $\frac{Q}{\Delta t}$ - é a quantidade de calor transferido por unidade de tempo e é medido em (Kcal/h ou W)
- k - é a condutibilidade térmica do material e é medida em (kcal/h.m.°C)
- t_i - é a temperatura interior medida em (°C)
- t_e - é a temperatura externa medida em (°C)
- e - é a espessura da parede medida em (m)

A equação 2.4 não atende a qualquer configuração geométrica, por exemplo, para o caso que o "A" (Normal ao fluxo) não seja constante. Portanto é necessário trabalhar com valores elementares dA, dL ou dx, dT e dq .

Logo a equação 2.4 torna-se: (SCHIMDT, 1996)

Equação 1

$$Q = -k.A.\left(\frac{dT}{dx} \hat{i} + \frac{dT}{dy} \hat{j} + \frac{dT}{dz} \hat{k}\right) \quad (1)$$

2.2.5. Convecção

É a transferência de energia dentro do fluido devido ao movimento do fluido de uma posição para outra. Portanto, convecção é um movimento de massas de fluido, trocando de posição entre si e não tem significado falar de convecção no vácuo ou em um sólido, isto é, convecção só ocorre nos fluidos. (SCHIMDT, 1996; TAVIERA, 2008)

Refere-se à convecção livre ou natural quando o movimento do fluido é originado a partir da diferença de densidade e causadas por variações de temperatura do fluido.

No caso desse trabalho, utiliza-se convecção forçada, pois, o movimento do fluido é causado por algum agente externo, por exemplo, uma bomba que catalisa a convecção.

Para efetuar cálculos de transmissão de calor por convecção recorre-se à relação conhecida como lei de resfriamento de Newton. (SCHIMDT, 1996)

$$\frac{Q}{\Delta t} = h.A.(t_p - t_f) \quad (6)$$

Onde:

- h - é o coeficiente de transferência por convecção (kcal/h.m.°C)
- t_p - é a temperatura da placa medida em (°C)

- t_f - é a temperatura do fluido medida em ($^{\circ}\text{C}$)

O coeficiente de transferência de calor por convecção depende das condições na camada limite, as quais, por sua vez, são influenciadas pela geometria da superfície, pela natureza do movimento do fluido e por uma série de propriedades termodinâmicas e de transporte do fluido

Tabela 1 - Valores típicos para o coeficiente de transferência de calor por convecção (INCROPERA,2003)

PROCESSO	h (W/m ² .K)
Convecção Livre	
Gases	2-25
Líquidos	50-1000
Convecção Forçada	
Gases	25-250
Líquidos	100-20.000
Convecção com mudança de fase	
Ebulição ou condensação	2.500-100.000

2.2.6. Radiação

Quando dois corpos são mantidos a diferentes temperaturas e estão separados entre si por um vácuo perfeito, não há troca de calor entre eles por condução ou convecção devido à inexistência de um meio físico. Em tais situações, a troca de calor entre eles é feita por radiação térmica. Ao aproximar-se de uma lareira acesa ou

de fogo, percebe-se a forte transferência de energia que existe ainda que estejamos um tanto afastados da fonte, esse é um exemplo de radiação térmica. (FILHO, 2009)

A transferência de calor por ondas eletromagnéticas é chamada de transferência de calor por radiação. A transmissão de calor através de ondas eletromagnéticas não exige a presença do meio material para ocorrer, ou seja, a radiação ocorre no vácuo ou em meios materiais. No entanto, nem todos os materiais permitem a propagação de ondas de calor através deles. Desta forma, os meios materiais são classificados em diatérmicos ou atérmicos, conforme eles permitam ou não a propagação de ondas de calor, respectivamente. O ar atmosférico permite e por isso é um meio diatérmico. Uma parede de tijolos não permite e por isso é um meio atérmico. (SCHIMDT, 1996)

Devido este tipo de troca de calor não ter sido utilizado no trabalho, o mesmo não será muito aprofundado, em vista disto, apresenta-se somente os conceitos básicos.

2.2.7. Quantidade de Calor

Para representar a quantidade de calor trocada entre corpos, utiliza-se a letra “Q”. A unidade de medida utilizada no Sistema Internacional de Unidades é o joule que é representado pela letra (J), e a unidade mais utilizada no dia a dia é a caloria (cal). A relação entre joule e caloria é $1\text{cal} = 4,18\text{ J}$ (BUENO, 2009)

Por convenção, quando um corpo cede calor Q, a quantidade de calor é negativa e quando um corpo recebe calor, esse calor Q é considerado positivo.

Todo corpo tem certa quantidade de energia interna que esta relacionada ao movimento de seus átomos ou moléculas. Os sólidos líquidos e gases apresentam constantes vibrações em suas partículas, onde, a soma destas vibrações constitui a energia térmica do mesmo. Esta energia térmica é diretamente à proporcional temperatura do corpo. Se dois corpos ou fluidos distintos estiverem em contato e possuírem diferente temperatura, eles trocam energia interna até a temperatura ser equalizada (INCROPERA, 2003; POTTER, 2006; SCHMIDT, 1996)

2.2.8. Calor Sensível

Calor sensível pode ser entendido como o calor que provoca uma alteração na temperatura sem que haja mudança de fase, ou seja, sem que a água congele ou então atinja o ponto de ebulição.

Capacidade térmica: é uma característica do corpo e não das substâncias que o constituem. Ela determina a variação térmica deste corpo ao receber determinada quantidade de calor. O valor da capacidade térmica corresponde à quantidade de calor seja essa quantidade recebida ou fornecida, que leva a uma variação de 1 grau Celsius na temperatura do corpo. (INCROPERA, 2003; POTTER, 2008, SCHMIDT, 1996).

A Capacidade térmica é dada pela relação de quantidade de calor recebida por um corpo e a variação de temperatura sofrida pelo mesmo. E é representada pela fórmula:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Onde:

C - É a capacidade térmica e é medida em (cal/°C)

Calor específico: É uma característica da substância e não do corpo, ao contrário da capacidade térmica. Corresponde à capacidade específica de uma substância de mudar a sua temperatura ao receber ou liberar calor, para cada grupo de massa. (INCROPERA, 2003; SCHIMDT, 1996)

Pode-se obter o calor específico pela seguinte fórmula:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

Ou pode-se substituir a relação $\left(\frac{Q}{\Delta T}\right)$ como citada anteriormente pela capacidade térmica C, obtendo-se a seguinte fórmula:

$$c = \frac{C}{m}$$

Onde:

- c – É o calor específico e é medido em (cal/g.°C)
- m – É a massa e é medida em (g)

2.2.9. Calor Latente

É a quantidade de calor que uma substância troca por grama de massa durante a mudança do estado físico. (INCROPERA, 2003; POTTER, 2006; SCHIMDT, 1996)

O calor latente é obtido através da seguinte expressão:

$$L = \frac{Q}{m}$$

Onde:

- L – é o calor latente e é medido em (cal/g)
- Q – É a quantidade de calor medida em (Joule)
- m – É a massa medida em (g)

3. DESCRIÇÃO DE HARDWARE

O hardware utilizado para a construção do protótipo do presente projeto é composto por:

- Um Kit AUTOR
- Uma resistência
- Uma Bomba
- Um termômetro

3.1. KIT DE CONTROLE

O kit didático de controle confeccionado pelo autor é um kit para o desenvolvimento de projetos eletrônicos microcontrolados com intuito de proporcionar o máximo em desenvolvimento de protótipos e facilitar o trabalho do usuário, o qual possui vários componentes eletrônicos integrados, facilitando os projetos utilizando microcontroladores. O kit possui duas placas sendo que a primeira é a principal e a segunda é a controladora dos relés, juntado as duas placas obtêm-se o kit de controle. O esquema elétrico da placa controladora de relés pode ser visualizado na figura 2

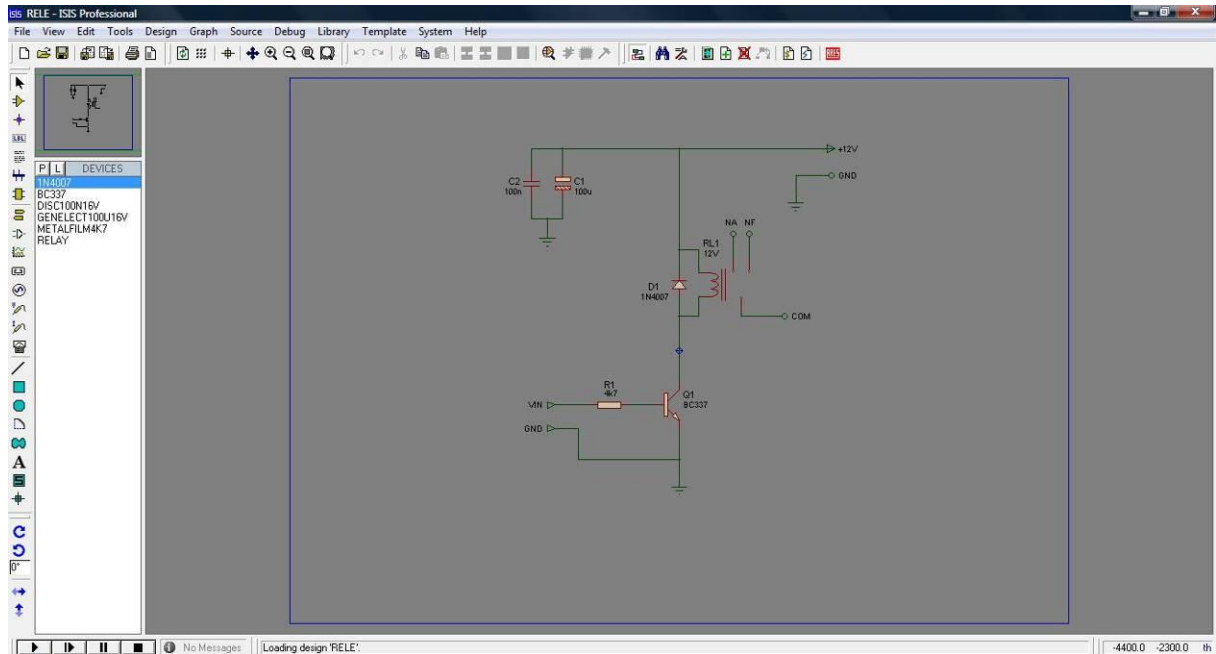


Figura 2 - Esquema elétrico da placa controladora de relé (Autor)

No esquema elétrico da placa pode-se visualizar que possui um relé, equipamento principal dessa placa. A placa possui uma saída de 12V e um aterramento que são diretamente ligados nas saídas de 12V e aterramento da placa principal fazendo assim a alimentação dessa placa. Essa placa também possui duas entradas VIN1 e VIN2 que são ligadas diretamente aos pinos do microcontrolador no caso RB0 e RB5, essas duas portas foram definidas no código fonte disponível no apêndice A e a definição dessas portas pode ser observado na figura 3, desta forma a placa é alimentada e os relés são ligados ou desligados de acordo com a programação.

```
#fuses xt,nolvp,nowdt,nolvp,nobrownout,put,nodebug,protect,nowrt,cpd //Diretiva que
especifica o estado dos "fusíveis" da palavra de configuração do dispositivo
#use delay(clock=4000000) // Utiliza biblioteca de delay para geração de código de
atraso.
#include <mod_lcd.c>
#define SENSOR_LM35 PIN_A3
#define RELE PIN_B0 // Rele Bomba
#define RELE2 PIN_B5 // Rele2 Resistência
void TransistorControl()
{
  digitalWrite(RELE, HIGH);
  digitalWrite(RELE2, HIGH);
}
```

Figura 3 - Definição das Portas do Relé (Autor)

A outra placa que forma o kit completo possui vários componentes eletrônicos. Essa placa é alimentada por uma tensão de 18V, tensão necessária para fazer a gravação do código na memória interna do microcontrolador utilizando a interface serial RS232. O Microcontrolador PIC 16F877A é o elemento principal dessa placa e seus pinos são alimentado por uma tensão de 5V, por isso, foi utilizado um regulador de tensão 78L05, para garantir que a tensão nos pinos do microcontrolador seja de 5V. Foi utilizado também um regulador de tensão LM7812 que reduz a tensão de 18V para 12V, a tensão necessária para fazer a alimentação dos relés. No kit possui várias saídas, sendo que 1 saída é a tensão de entrada, 3 saídas de 5V, 3 aterramentos e 1 saída de 12V, através dessas saídas são alimentados todos equipamentos do projeto, relés, sensor de temperatura, microcontrolador, display LCD. O esquema elétrico dessa placa pode ser visualizado na figura 4.

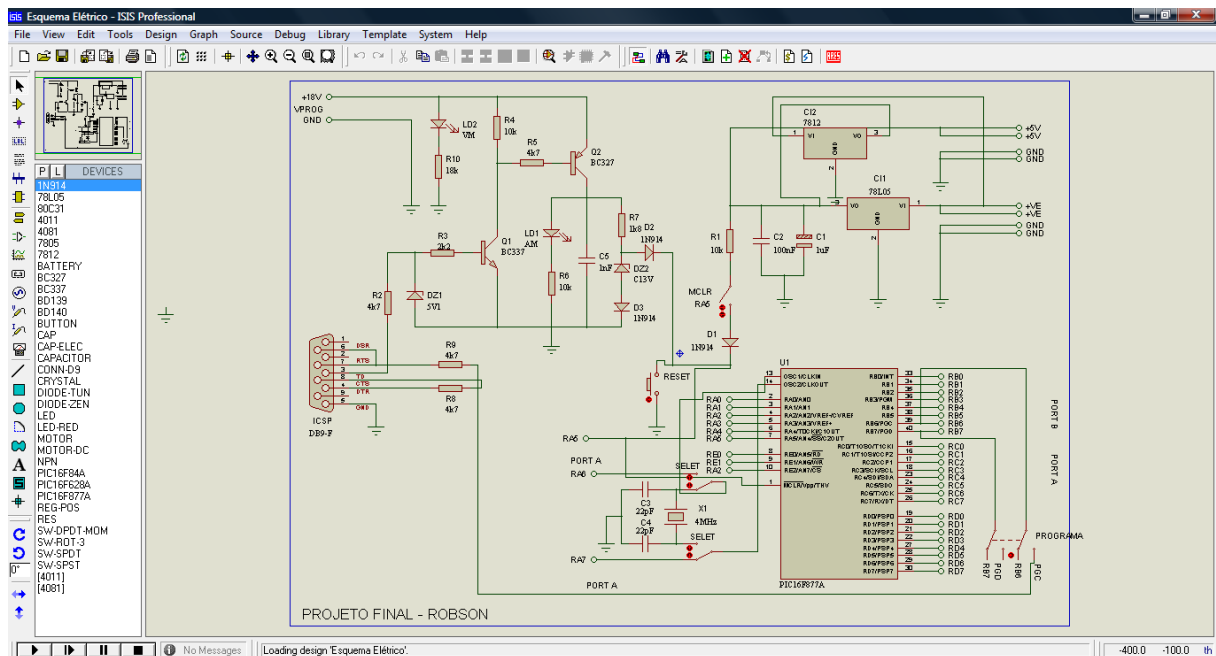


Figura 4 - Esquema elétrico da placa principal (Autor)

Diferentemente de outros kits, o kit de controle desenvolvido não possui ligações físicas permanentes entre o microcontrolador e os periféricos. Desta forma, é possível fazer todas as ligações, adequando da melhor forma possível.

O Kit é o componente principal desse protótipo e pode ser visualizado na figura 5.

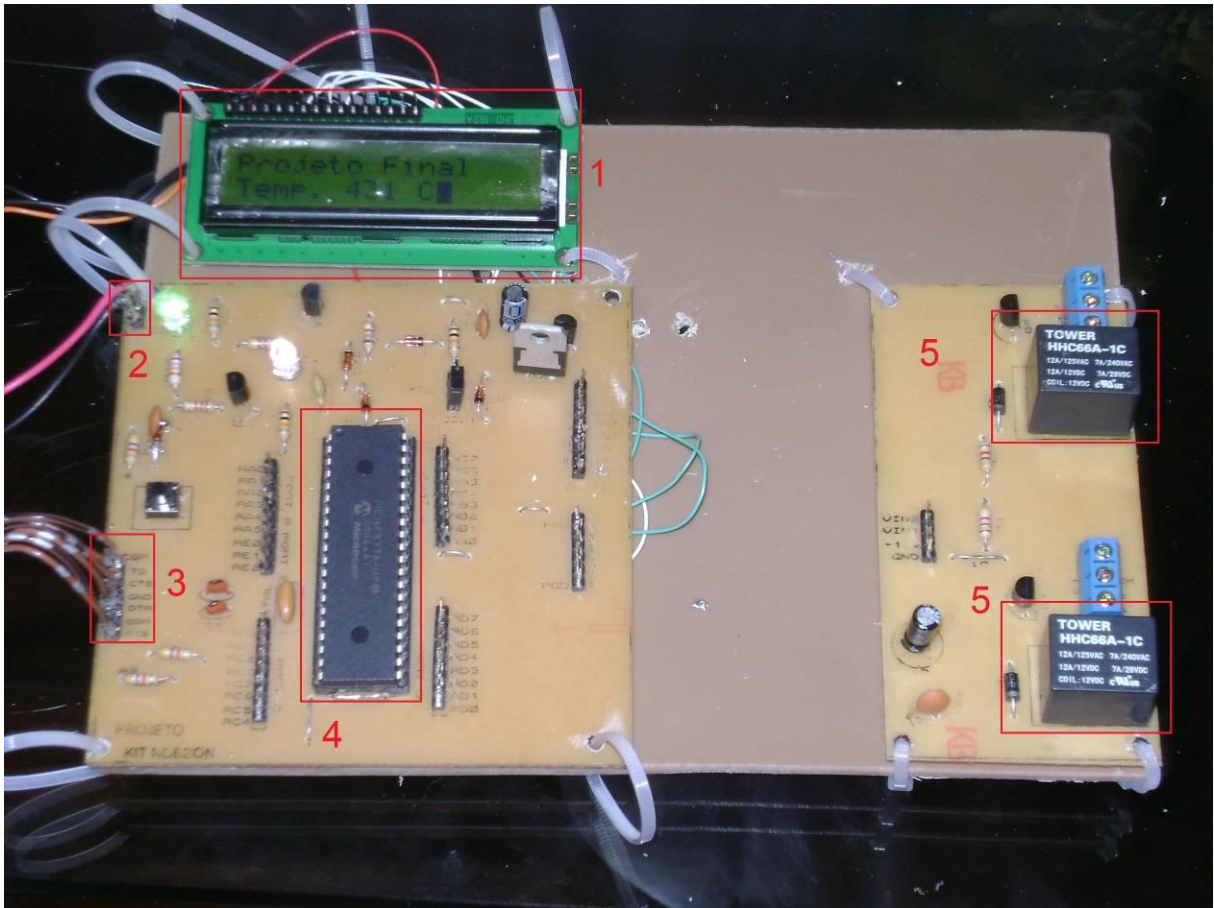


Figura 5 - Kit de controle desenvolvimento confeccionado pelo autor (Autor)

O kit é composto de 5(cinco) módulos principais:

- 1 – Display LCD 16X2;
- 2 – Fonte de Alimentação de 18v(volts);
- 3 – Interface serial RS-232;
- 4 – Microcontrolador PIC 16F877A;
- 5 – 2 Relés de 7A(Amperes)

Como o equipamento foi confeccionado para a utilização desse projeto, foram utilizados todos os módulos citados.

3.1.1. Display de Cristal Líquido

A placa citada anteriormente possui um display LCD alfanumérico com duas linhas de 16 caracteres cada uma. Esse display é muito conhecido por ser o mesmo utilizado em telefones públicos. (SOUZA E LAVINA, 2005)

Outra característica importante do display é que ele possui um drive de controle interno o qual se comunica através do protocolo específico, utilizando *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII). (SOUZA E LAVINA, 2005)

A figura 6 apresenta o *layout* do módulo LCD

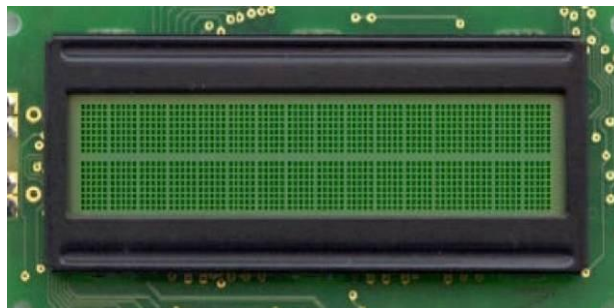


Figura 6 - Layout do display LCD

Para esse trabalho o display LCD foi utilizado para mostrar a temperatura da piscina.

A tabela 2 apresenta a descrição dos pinos do módulo LCD com 2 linhas por 16 colunas.

Tabela 2 - Pinos do módulo LCD (VISHAY,2002)

Pino	Função	Descrição
1	Alimentação	Terra GND
2	Alimentação	VCC ou +5V
3	VO	Tensão para ajuste de contraste
4	RS	Seleção: 1 – Dado, 0- Instrução
5	R/W	Seleção: 1 – Leitura, 0 – Escrita
6	E Chip Select	1 ou (->0) – Habilita, 0 – Desabilita
7 – 14	B0 LSB a B7 MSB	Barramento de Dados
15	A	Anodo para LED Backlight
16	K	Catodo para LED Backlight

3.1.2. Comunicação Serial RS232

Este recurso permite interagir a placa com o microcomputador. Seja para entrada de dados ou para coleta de informações. Este recurso é muito comum e de grande abrangência quando se fala de programação em microcontrolador. Este componente foi utilizado apenas para gravação do software no microcontrolador (SOUZA, 2005).

3.2. MICROCONTROLADOR PIC 16F877A

A estrutura de máquina interna dos microcontroladores da família PIC é do tipo Harvard, onde existem dois barramentos internos: um de dados e outro de instruções. Para o PIC o barramento de dados é de 8bits e o de instrução podem ser de

12, 14 ou 16 bits. Essa característica lhe confere maior velocidade, pois, assim, uma instrução pode ser executada enquanto a outra seja resgatada na memória (SOUZA e LAVINIA, 2005).

O microcontrolador PIC é fabricado pela empresa *Microchip Technology*. Dentre os modelos disponíveis está o PIC 16F877A, o qual utiliza a arquitetura RISC, *Reduced Instruction Set Computer* com Conjunto de Instruções reduzidas, o que permite que este modelo tenha um set de instruções menor (ZANCO, 2005).

As principais características do PIC 16F877A são (SOUZA e LAVINIA, 2005):

- Possui 40 pinos.;
- Frequência de operação de até 20MHz;
- Memória flash de programa de 8kwords;
- Memória RAM de 368 bytes;
- Memória EEPROM de 256 bytes;
- 15 interrupções disponíveis;
- 5 conjuntos de portas de E/S totalizando 33 portas;
- Três timers (1 de 16 bits e 2 de 8 bits);
- Dois módulos CCP: Capture, Compare e PWM;
- 35 instruções básicas;
- Conversor A/D (analógico-digital) de 10 bits.

A pinagem do microcontrolador utilizado pode ser vista na Figura 7. Ele foi escolhido por possuir entradas de conversão de analógico para digital (A/D) que são utilizadas no projeto e pelo seu baixo custo.

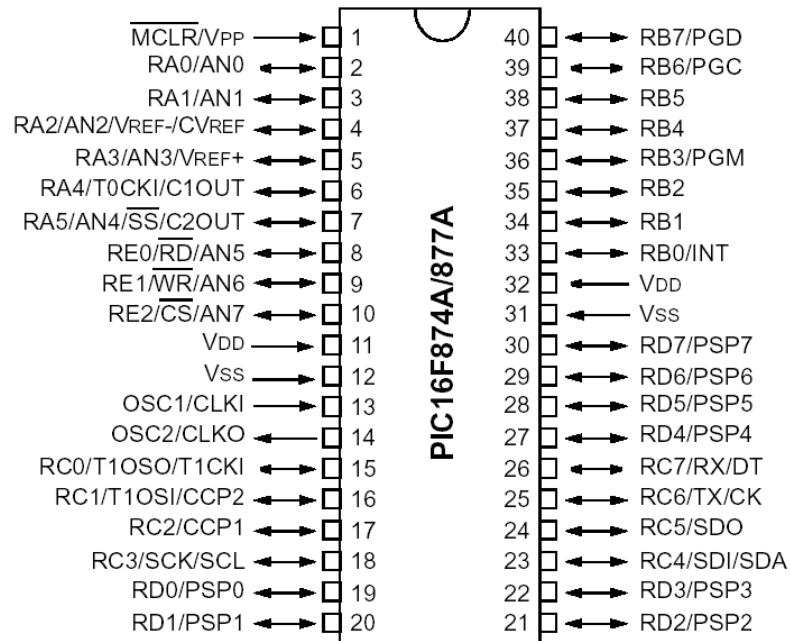


Figura 7 - Pinagem do Microcontrolador PIC 16F877A da Microchip (MICROSHIP,2003)

Para este trabalho, o microcontrolador tem a função de receber a informação originária do sensor de temperatura, interpretar tal informação através de sua programação e a partir daí, controlar os relés que se encontra em sua saída e com isso realizar o acionamento dos equipamentos desejados.

3.2.1. Conversor A/D

Dentre os diversos periféricos que o PIC 16F877A possui, o conversor A/D (Analógico/Digital) de 10 bits é de extrema importância para o desenvolvimento deste projeto, pois o mesmo faz a conversão da tensão analógica de entrada medida pelo sensor de temperatura para um valor digital, possibilitando a leitura da temperatura em Graus Celsius. Esta tensão analógica de entrada é proporcional a temperatura medida, sendo o valor digital convertido equivalente a mesma temperatura, desta forma, foram definidas três portas de conversão A/D no código fonte e pode ser visualizado na figura 8.

```

delay_ms(2000);
setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_8); // Configura clock da conversão
setup_adc_ports(R0A0_RA1_RA3_ANALOG); // Configura três entradas como AD
set_adc_channel(3); // Seleciona o canal 3 (Temperatura)
output_low(PIN_C1);
output_low(PIN_C2); // Garante estado do port
Lcd_Ini(); // Inicializa o display
delay_ms(3);

```

79

Figura 8 - Definição das portas de conversão A/D (Autor)

O funcionamento do conversor A/D acontece da seguinte maneira:

O menor passo ou resolução do sinal analógico é dado diretamente pelo seu número de bits, sendo expresso pela Equação 3.1. (SOUZA e LAVINA, 2005)

$$\text{Resolução} = \frac{V_{ref}}{2^n} \quad \left(\begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right)$$

Onde:

- V_{ref} - é uma tensão de referência
- N - é o número de bits do conversor

No caso desse trabalho, utilizou-se a maior número de bits que o microcontrolador suporta para a conversão, 10 bits, e uma tensão de referência de 5V, obtendo assim uma resolução de:

$$\text{Resolução} = \frac{5}{2^{10}} = \frac{5}{1024} = 0,004883 \text{ V ou } 4,88 \text{ mV}$$

A resolução é o menor valor que pode ser representado por um conversor A/D. Então a cada 0,004883 V a saída digital irá mudar em um bit. Desta forma qualquer valor que esteja abaixo disso não provocará nenhuma mudança na saída do conversor.

Pode-se visualizar a conversão A/D utilizando 10 bits na tabela 3.

Tabela 3 - Tabela de Conversão A/D utilizando 10 bits (Autor)

Volts (mV)	Decimal	Binário
0	0	0000000000
4,883	1	0000000001
9,776	2	0000000010
.	.	.
.	.	.
.	.	.
5000	1023	1111111111

Cada um dos n bits que compõem a informação digital representa uma parcela do valor da tensão analógica a ser convertida, de forma que a soma de todas as contribuições de cada um dos n bits forma a tensão de entrada do conversor A/D. Assim, a parcela de tensão proporcional ao bit m do conversor é mostrada na Equação a seguir (SOUZA e LAVINIA, 2005):

$$V_{entrada} = \frac{b_m 2^{(n-1)}}{2^n} V_{ref} \quad (12)$$

Onde:

- b_m - é o valor do bit m , ou seja, 0 ou 1. Apenas os bits em 1 representam algum valor em termos de tensão analógica. Portanto, quanto maior a quantidade de bits, maior a resolução e a precisão do conversor.

O sistema de conversão que o PIC16F877A utiliza chama-se conversor de aproximação sucessiva. Neste tipo de conversor, a conversão é realizada do bit

mais significativo, que representa a metade da tensão de referência, para o menos significativo. Desta forma, é possível saber se a tensão de entrada é maior ou menor que a metade da tensão de referência. Conhecido o bit mais significativo, passa-se ao próximo bit, que representa a metade da metade da tensão de referência (SOUZA e LAVINIA, 2005).

Esta forma de conversão é bastante ágil, pois para um conversor de n bits são necessárias n interações, independente do valor a ser convertido (SOUZA e LAVINIA, 2005).

3.3. COMPONENTES ELETRÔNICOS

Os outros equipamentos utilizados para construção do protótipo não estão presentes no kit, tais como: Sensor de Temperatura LM35, relés, resistência, bomba utilizada para movimentação do fluido, mas possuem grande importância para o desenvolvimento do projeto e são citados no decorrer desse capítulo.

Dentre os vários componentes supracitados, utilizados para a construção do projeto, podem-se destacar os relés. Estes foram os componentes utilizados para o acionamento tanto da resistência (equipamento utilizado para aquecer a água) quanto da bomba (equipamento utilizado para fazer a movimentação da água). Quando acionado, este dispositivo proporciona a passagem de corrente elétrica através dos componentes citados.

Os pinos aos quais os relés foram conectados foram os pinos RB0 e RB5 do microcontrolador, e o acionamento é feito quando estes pinos são levado a nível lógico 1. Estes componentes são mostrados na Figura 3.8.



Figura 9 - Relés de acionamento (Autor)

3.3.1. Sensor de Temperatura LM35

O LM35 foi o sensor de temperatura utilizado no projeto, usado para medir a temperatura da água da piscina. Foram definidas três entradas analógicas do PIC RA1, RA2 e RA3. O sensor foi ligado na porta RA3, como pode visto na parte do código fonte disponível na figura 10.

```
#fuses xt,nolvp,nowdt,nolvp,nobrownout,put,nodebug,protect,nowrt,cpd //Diretiva que
especifica o estado dos "fusíveis da palavra de configuração do dispositivo
#use delay(clock=4000000) // Utiliza biblioteca de delay para geração de código de
atraso.
#include <mod_lcd.c>
#define SENSOR_LM35 PIN_A3
#define RELE PIN_B0 // Rele Bomba
#define RELE2 PIN_B5 // Rele2 Resistência

void Inicializa(void);
void le_ad(void);
void Sensor_Rele(void);
char x;
void main ()
{
    lcd_ini();
    Inicializa();
```

Figura 10 - Parte do código mostrando definição do sensor (Autor)

O pino GND corresponde ao aterramento do sensor (fio preto) enquanto que o pino OUT corresponde à saída analógica do LM35 para medição da temperatura (fio verde). VCC é o pino da saída de tensão do sensor (fio vermelho), onde é utilizado +5V.

3.3.2. Resistência

O elemento responsável pelo aquecimento da água, utilizado nesse projeto foi à popular resistência utilizada para manter quentes os alimentos de restaurantes. Esta resistência tem a função de elevar a temperatura da água do protótipo e pode ser vista na figura 13.



Figura 13 - Resistência responsável por todo o aquecimento d'água (Autor)

A resistência utilizada custou 58 reais, possui uma tensão de 220 (VOLTS), corrente elétrica de aproximadamente 7 (AMPERES) e potência de 1500 (WATTS).

3.3.3. Bomba

A bomba utilizada é responsável pela circulação da água, sendo que o seu objetivo principal é recalcar a água do protótipo da piscina para o compartimento onde a água será aquecida. A bomba d'água da marca Atman é submersível e possui uma vazão de 250 L/h, uma potência de 4W e altura manométrica de 65 cm esse equipamento pode ser visualizado na figura 14, a seguir.



Figura 14 - Figura ilustrando bomba d'água (Autor)

3.3.4. Protótipo da Piscina e do Aquecedor

O equipamento responsável para simular a piscina e o compartimento onde é aquecida a água foi construído com a utilização de material de dois aquários. Cada aquário possui uma medida preestabelecida para uma melhor simulação. O protótipo responsável por simular a piscina foi obtido através da redução das medidas de uma piscina olímpica, assim ficando 0,5m de comprimento reduzindo seu comprimento em 100 vezes, 0,25m de largura também reduzindo sua escala na mesma proporção que foi reduzido o comprimento e 0,1m de profundidade, essa profundidade não foi

reduzida em 100 vezes conforme as outras medidas pois, a bomba não funciona sem água, deste modo, obtendo um volume total de água de 12,5L no protótipo.

O protótipo da piscina pode ser visualizado na figura 15:

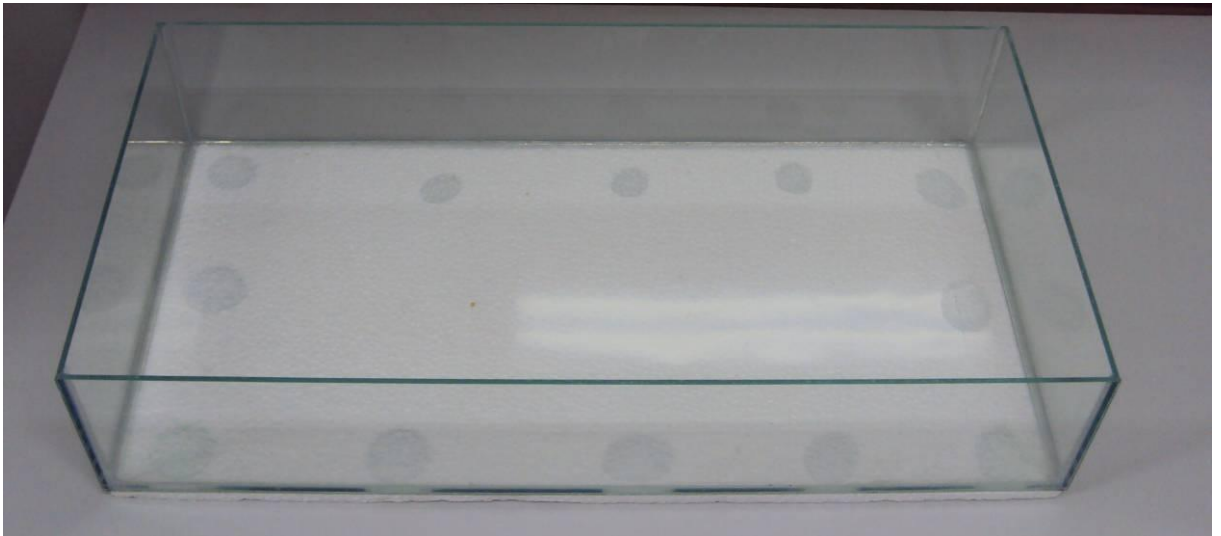


Figura 15 - Protótipo da piscina olímpica reduzida 1000 vezes (Autor)

O compartimento responsável pelo aquecimento da água que retorna a piscina, foi definido da melhor maneira para que não haja nenhum vazamento e também para permitir que a resistência fique da maneira mais adequada. Assim foram utilizadas as seguintes medidas, 0,2m de comprimento, 0,15m de largura e 0,15m de profundidade e com isso obteve-se um volume de 4.5 litros de água.

Esse compartimento possui um furo no fundo onde é anexado um tubo permitindo que a água aquecida retorne a piscina por gravidade e garantindo um controle de nível automático, não permitindo que a resistência fique sem água.

Na figura 16 esta compartimento pode ser visualizado.



Figura 16 - Compartimento de aquecimento da água (Autor)

3.3.5. Termômetro digital

A proposta inicial do projeto definiu a utilização de um termômetro digital (multímetro) da marca Minipa, a fim de comparar a temperatura capturada através do sensor de temperatura mostrada no display LCD disponível no Kit controlador da bomba. O multímetro pode ser visualizado na figura 17 e foi fixado perto do sensor de temperatura para a devida medição e comparação.



Figura 17 - Múltimetro digital da Minipa responsável pela comparação da temperatura (Autor)

4. IMPLEMENTAÇÃO DO APARATO EXPERIMENTAL

4.1. PROTÓTIPO

O protótipo desenvolvido é um sistema que permite realizar as medições necessárias e o controle de temperatura dentro de uma faixa pré-estabelecida. Para medir a temperatura da piscina, foi utilizado um sensor de temperatura LM35. O sensor encontra-se ligado ao conversor analógico/digital do PIC, ou seja, o sinal enviado pelo sensor é convertido para digital. Para fazer essa conversão foi utilizado o máximo de bits de resolução que o microcontrolador suporta um total de 10 bits, garantindo assim uma maior precisão para a medição do sensor.

Para fins de implementação desse projeto, o sensor de temperatura foi protegido por um espaguete termo retrátil e por uma camada de cola de araldite®, já que este ficará submerso, evitando desta forma, uma maior interferência. O sensor ficará anexado ao lado da bomba, fazendo a leitura da temperatura da água que vai para o compartimento de aquecimento, assim, quando a água alcançar a temperatura pré-estabelecida no sistema, o aquecedor é desligado automaticamente, acontecendo o mesmo com a bomba. O sensor de temperatura LM35 pode ser visualizado em destaque na figura 18.

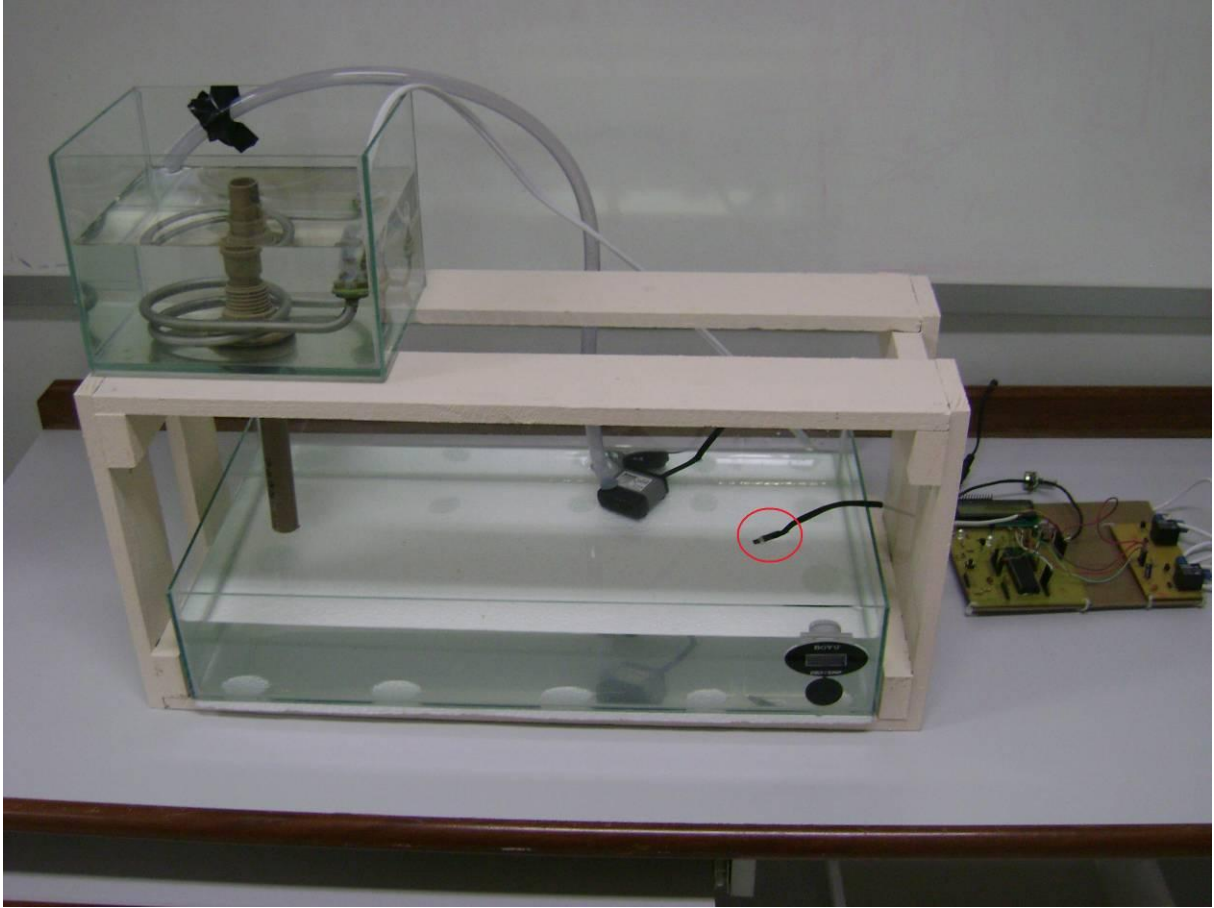


Figura 18 - Sensor de temperatura protegido visto no protótipo (Autor)

O tipo e o modelo de resistência utilizado deve-se ao fato da quantidade de água que precisa ser aquecida num determinado período de tempo, foram realizados os cálculos para definição da potência necessária para o aquecimento da água entre 6(seis) e 7(sete) minutos. Esta escolha foi feita devido ao tempo que será possível a visualização do funcionamento do protótipo pela banca, pode-se visualizar os cálculos abaixo necessários para a definição da potência necessária para realizar o aquecimento no tempo estabelecido pelo usuário:

$$Q = c.m.\Delta T$$

$$Q = 1.12500.10$$

$$Q = 125000 \text{ cal}$$

$$Q = 125000.4,18$$

$$Q = 522500 J$$

$$P = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$P = \frac{522500}{378}$$

$$P \cong 1383 W$$

Primeiramente foi feito o cálculo necessário para verificar a quantidade de calor que seria trocado na piscina, depois utilizou-se a fórmula da potência para definir qual a potência necessária para aquecer a água em 6 minutos e meio e com isso obteve-se uma 1383W.

Inserindo um fator de segurança de 10% a potência estabelecida foi $P = 1500$ W. Para otimizar o espaço, a resistência foi dobrada duas vezes e pode-se ser observada no compartimento de aquecimento do protótipo na figura 19.

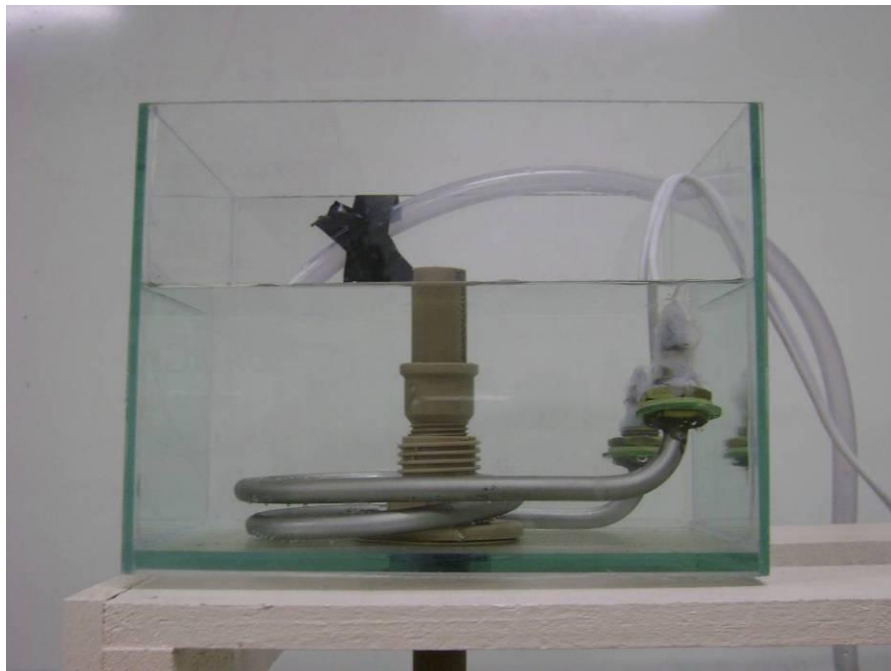


Figura 19 - Resistência dobrada no compartimento de aquecimento (Autor)

Além da resistência, os relés são os elementos atuadores deste protótipo e seu modo de operação é bem simples. Quando o pino ao qual está conectado no microcontrolador é levado a nível lógico 1 (um), através de programação, o relé é acionado. Quando este mesmo pino é levado a nível lógico 0 (zero), o relé é desligado, essas condições foram definidas no código fonte e essa parte de controle dos relés pode ser visualizada na figura 20.

```
if (aux<=28)
{
    output_high(RELE);
    output_high(RELE2);
}
if (aux>33)
{
    output_low(RELE);
    output_low(RELE2);
}
}
```

Figura 20 - Código fonte do controle dos relés (Autor)

Assim, para que o circuito se mantenha fechado quando o relé for levado ao nível lógico 1 (um), a resistência e a bomba foram conectadas na saída NA (normalmente aberto) e C (comum) do relé, conforme a Figura 21. No momento em que o microcontrolador envia as informações para o acionamento do relé, a saída NA passa a ficar NF (normalmente fechado), fechando o circuito e possibilitando a passagem de corrente para a resistência e para a bomba.

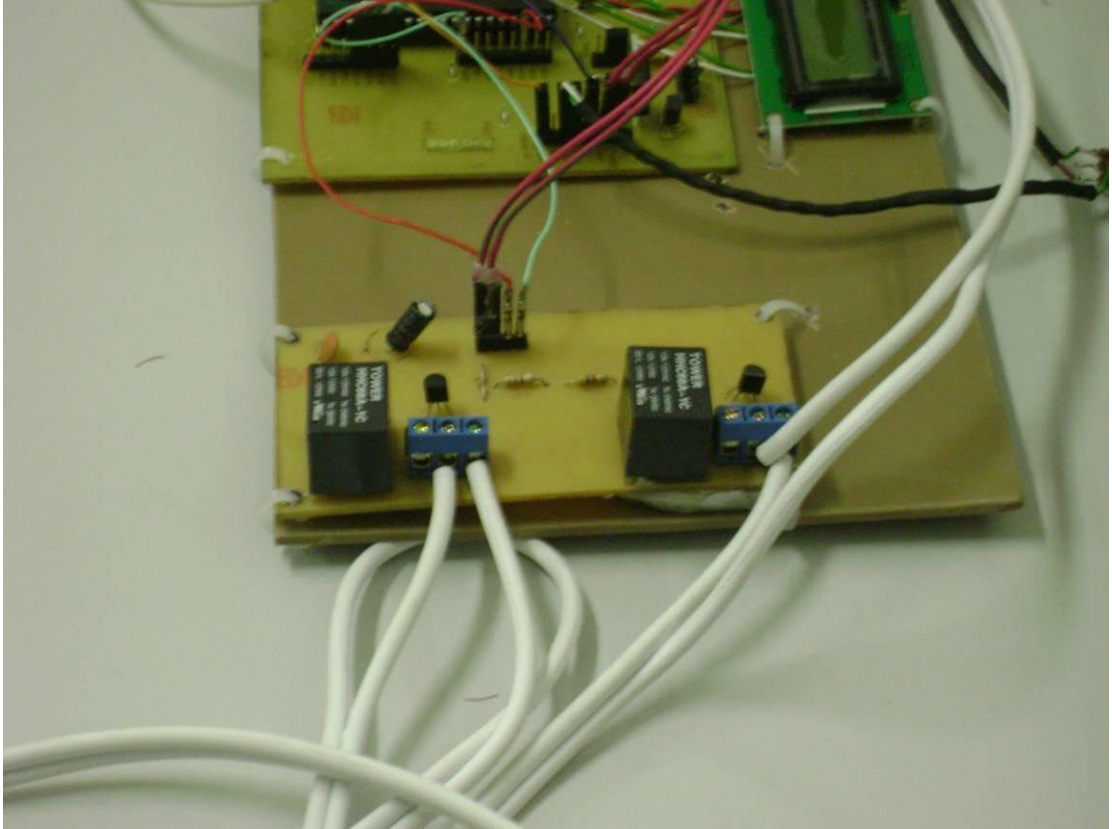


Figura 21 - Resistência e boma ligados no circuito de acionamento (Autor)

Para facilitar a demonstração e o melhor funcionamento do projeto como um todo, foi necessário utilizar um suporte feito de madeira para permitir que o compartimento de aquecimento ficasse em cima da piscina e que agüentasse o peso dos protótipos, como pode ser visto na figura 22.



Figura 22 - Suporte feito para garantir o funcionamento do projeto (Autor)

A bomba d'água é um dos principais equipamentos deste protótipo, pois garante a circulação da água por todo o protótipo, atendendo as necessidades do sistema, e aquecimento. O sistema foi concebido de forma a garantir o controle de nível de forma automática, estabelecendo um ciclo contínuo ao processo, até que a temperatura da água da piscina atinja o valor programado. A bomba d'água pode ser visualizada na figura 23.

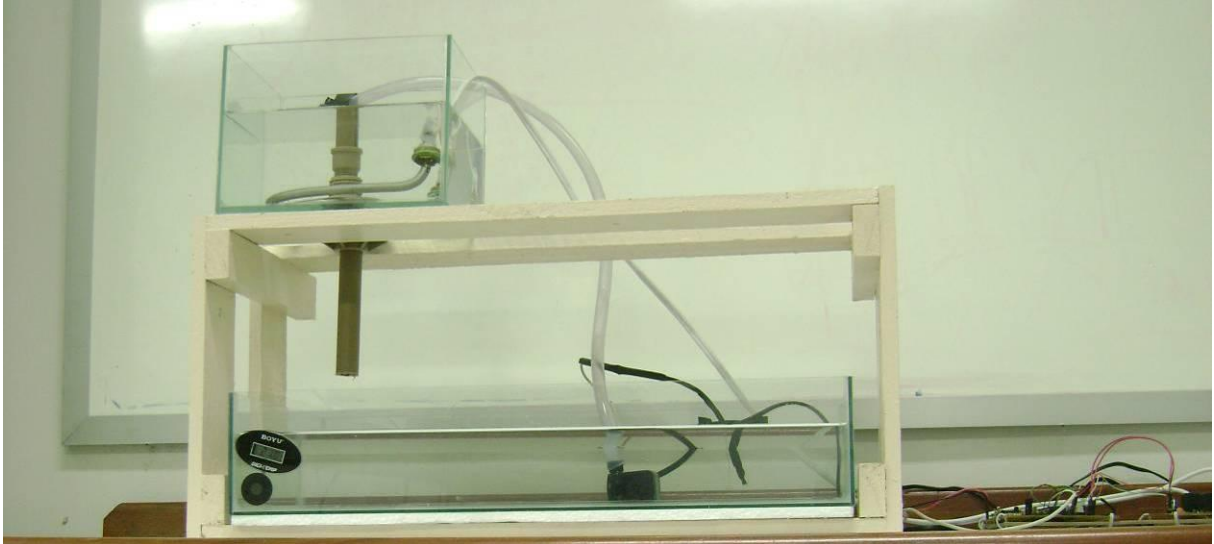


Figura 23 - Bomba d'água vista no protótipo completo (Autor)

O *LCD (Display Liquid Cristal)*, já incluso no kit confeccionado pelo autor, é utilizado para visualização da temperatura da piscina, de acordo com o sinal convertido para digital e depois enviado pelo sensor de temperatura. Sendo assim, os valores são mostrados na escala *Celsius*.

4.1.1. Implementação do Hardware controlador da bomba

O kit utilizado para fazer o sistema de controle automático de piscinas comandado pela temperatura da água foi desenvolvido utilizando materiais encontrados em lojas especializadas em eletrônica. Todo o projeto de construção e utilização dos componentes foram simulados e desenhados utilizando o software PROTEUS da LABCENTER na versão 7.2.

Foi utilizada uma placa fenolite de face única para impressão do circuito. Posteriormente a placa foi descobreada utilizando perclorato de ferro. Por último todos os componentes foram soldados. Pode-se visualizar o desenho da placa elaborado no software citado na figura 24.

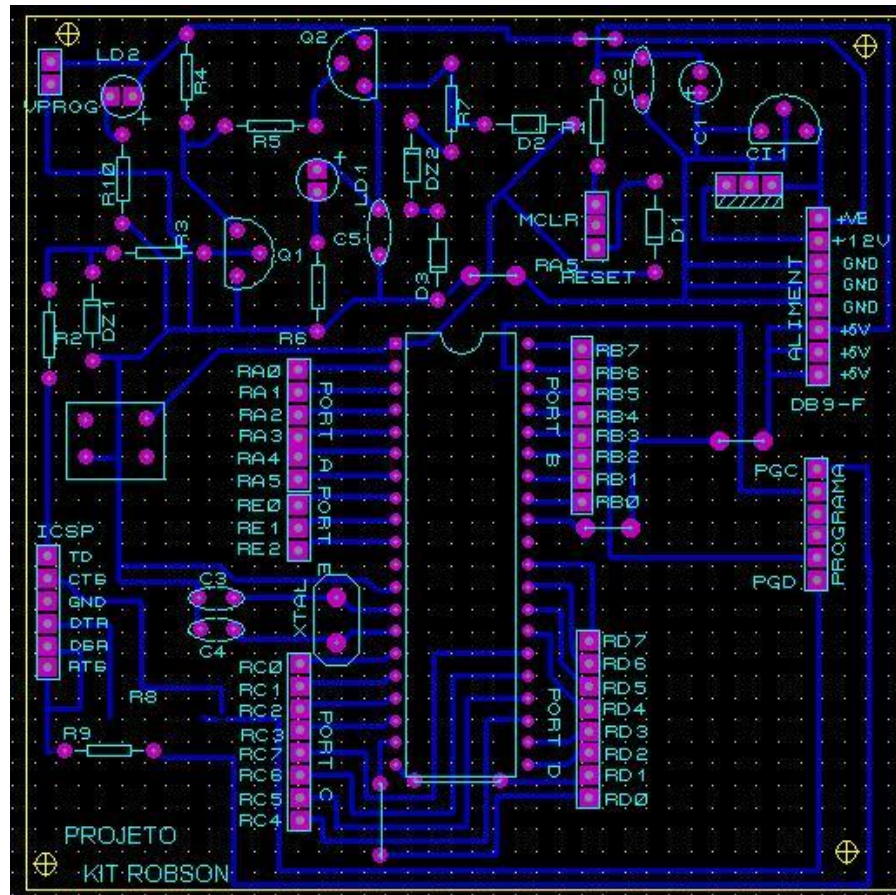


Figura 24 - Desenho da placa feito no Proteus (Autor)

Em complemento ao kit explicado anteriormente, foi desenvolvido outra placa integrada ao kit, aonde outros componentes de extrema importância para o funcionamento do projeto foram anexados. Esta placa controladora dos equipamentos é composta por dois relés de 7A e uma saída que é responsável por conectar essa placa ao outro kit, onde ocorrerá toda a alimentação.

A Placa controladora dos equipamentos foi desenvolvida utilizando materiais encontrados em lojas especializadas em eletrônica. Todo o projeto da placa foi simulado e desenhado utilizando o software PROTEUS da LABCENTER na versão 7.2.

O desenho da placa pode ser visualizado em formato 3D na figura 25.

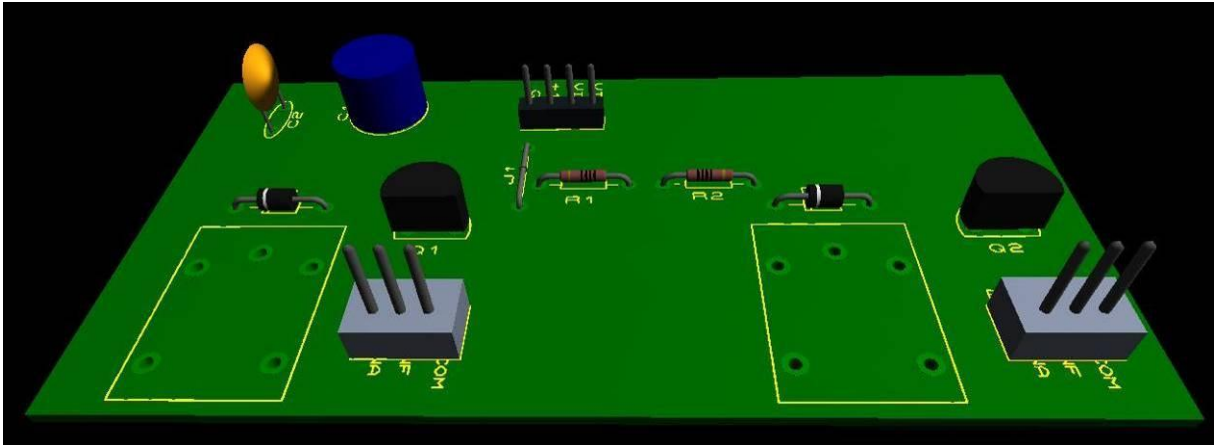


Figura 25 - Desenho da Placa relé visualizado em formato 3D (Autor)

Juntando as duas placas implementadas obtém-se o kit completo responsável por todo o controle. Pode-se observar todo kit interligado na figura 26.

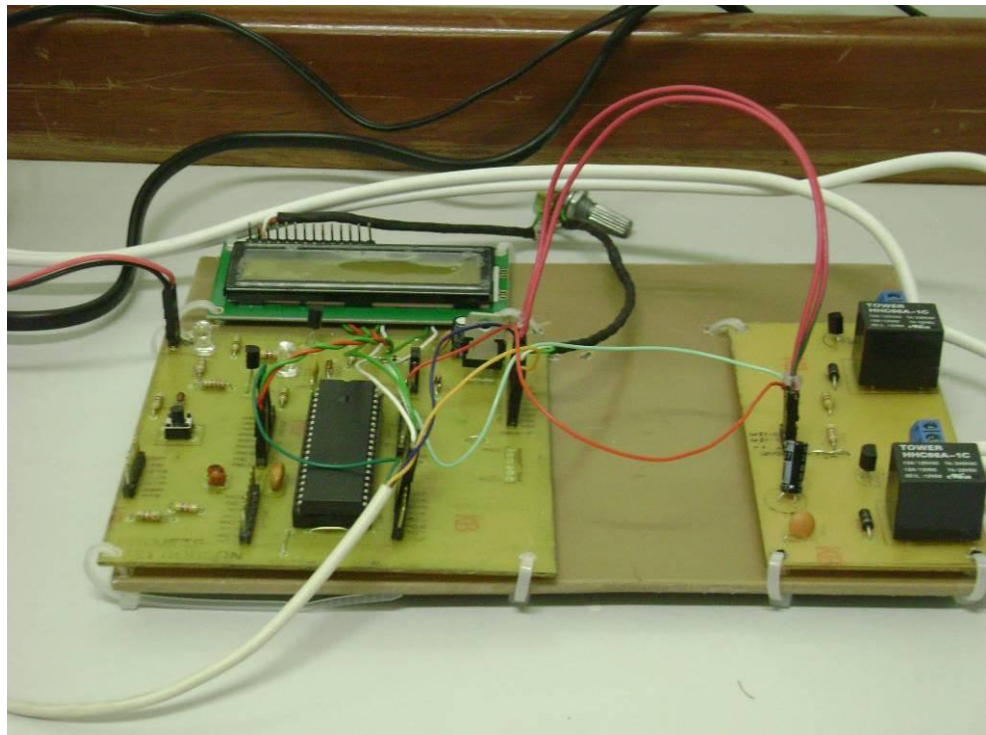


Figura 26 - Kit de Controle completo com as devidas ligações (Autor)

4.2. PROGRAMAÇÃO DO KIT

O código fonte do kit foi desenvolvido na linguagem de programação C e foi utilizado o compilador PIC C COMPILER da CCS para gerar o código em hexadecimal (.hex). Utilizou-se essa linguagem devido a sua facilidade e sua gama de funções e manipulações de variáveis, tornando a programação mais simples.

Com a programação concluída, realizou-se a compilação do programa, e como falado anteriormente é gerado um arquivo com extensão .hex. Na figura 27 pode-se visualizar o processo de compilação realizado pelo PIC C COMPILER.

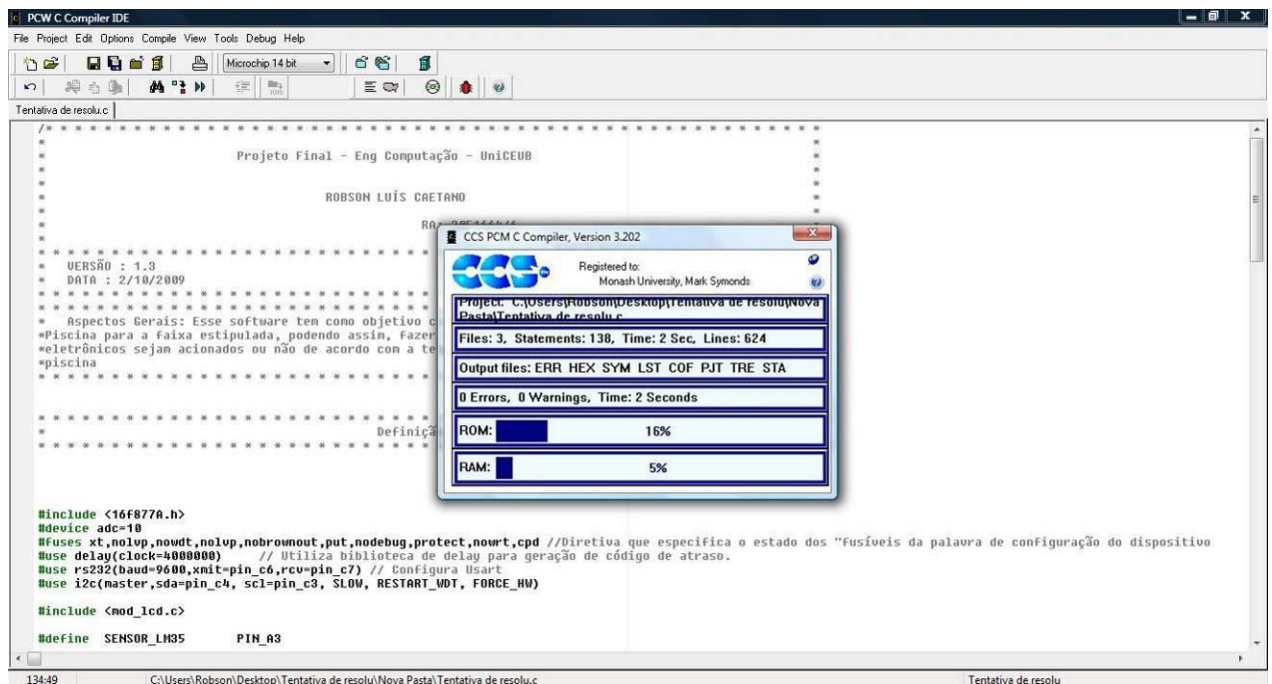


Figura 27 - Compilação do Software (Autor)

Após realizado esse processo, é necessário utilizar um programa para fazer a gravação do código gerado pelo PIC C COMPILER na memória do microcontrolador PIC utilizado. O aplicativo responsável por essa gravação é o ICProg. Esse processo de gravação arquivo hexadecimal no PIC pode ser visualizado na figura 28.

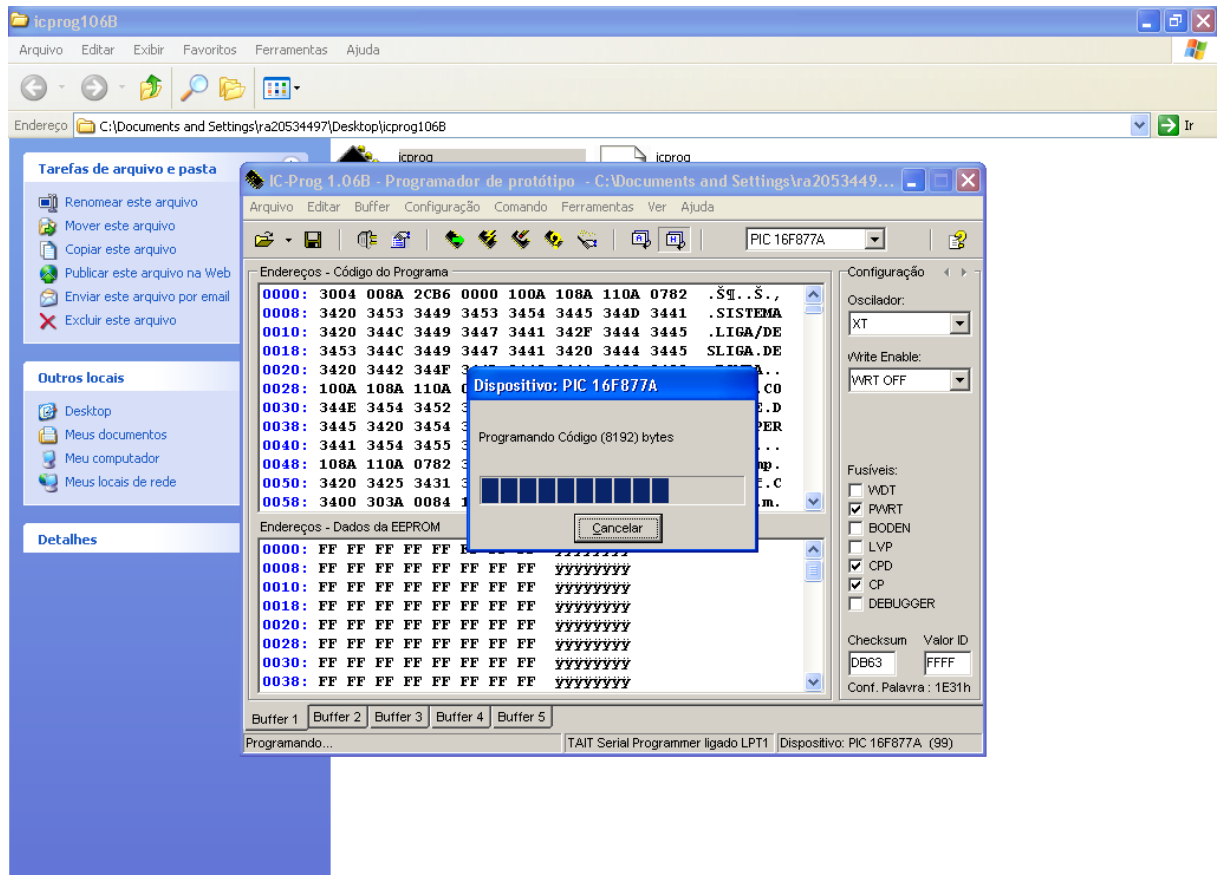


Figura 28 - Tela de gravação do código Hexadecimal na memória do PIC. (Autor)

O software responsável por todo o controle dos componentes presentes nesse projeto, cujo código está disponível no apêndice A, pode ser ilustrado através do seguinte fluxograma mostrado na figura 29.

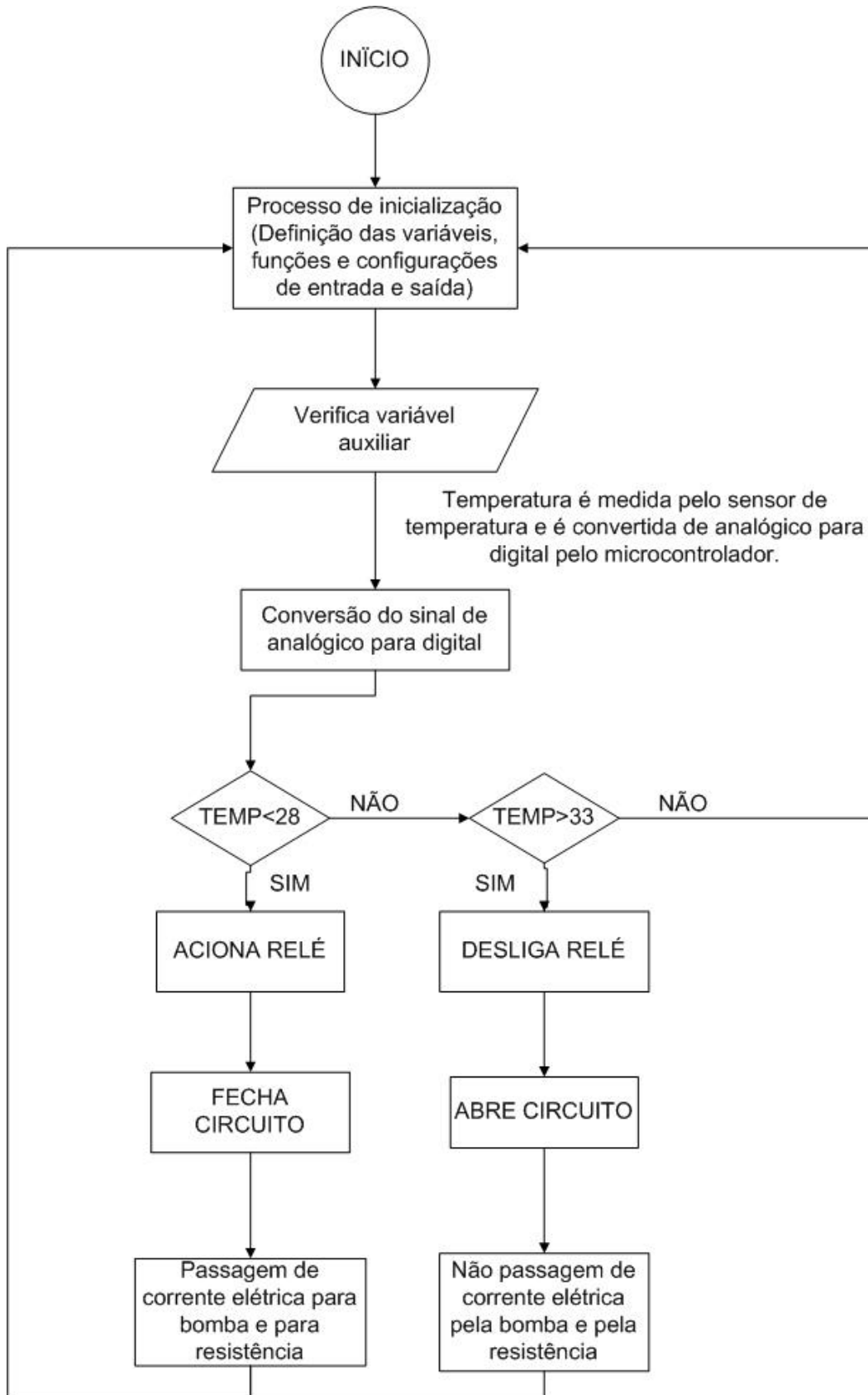


Figura 29 - Fluxograma do software implementado pelo autor. (Autor)

4.3. FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO

Após a implementação dos equipamentos, faz-se necessário realizar a interação dos mesmos. Para que esse conjunto alcance um dos objetivos citados que é manter o controle da temperatura da piscina na faixa pré-estipulada, o papel do microcontrolador é de fundamental importância, pois o mesmo é o elemento central do protótipo responsável por todo o controle. O microcontrolador estabelece e comanda todos os recursos responsáveis para o funcionamento do protótipo, de acordo com a programação inserida em sua memória.

O programa desenvolvido pelo autor permite que o microcontrolador comande o funcionamento dos relés, através de um sinal de entrada que é obtido pelo sensor de temperatura. Esse sinal é convertido de analógico para digital utilizando o maior número de bits que o microcontrolador suporta, 10 bits, essa conversão é mostrada instantaneamente no display LCD imbutido no kit desenvolvido. A partir do sinal final convertido, a condição para o acionamento ou desligamento dos relés é estabelecida.

Deste modo, quando a temperatura da piscina registrada for menor ou igual a 28°C, os relés são acionados e então o circuito é fechado, permitindo que haja passagem de corrente elétrica para a resistência e para a bomba. A temperatura da água é elevada e após chegar a certo valor a água escoará do compartimento de aquecimento através de um tubo para a piscina elevando assim a sua temperatura.

Na figura 30 é possível observar que quando o display LCD mostra a temperatura registrada menor ou igual a 28° C o relé será acionado.

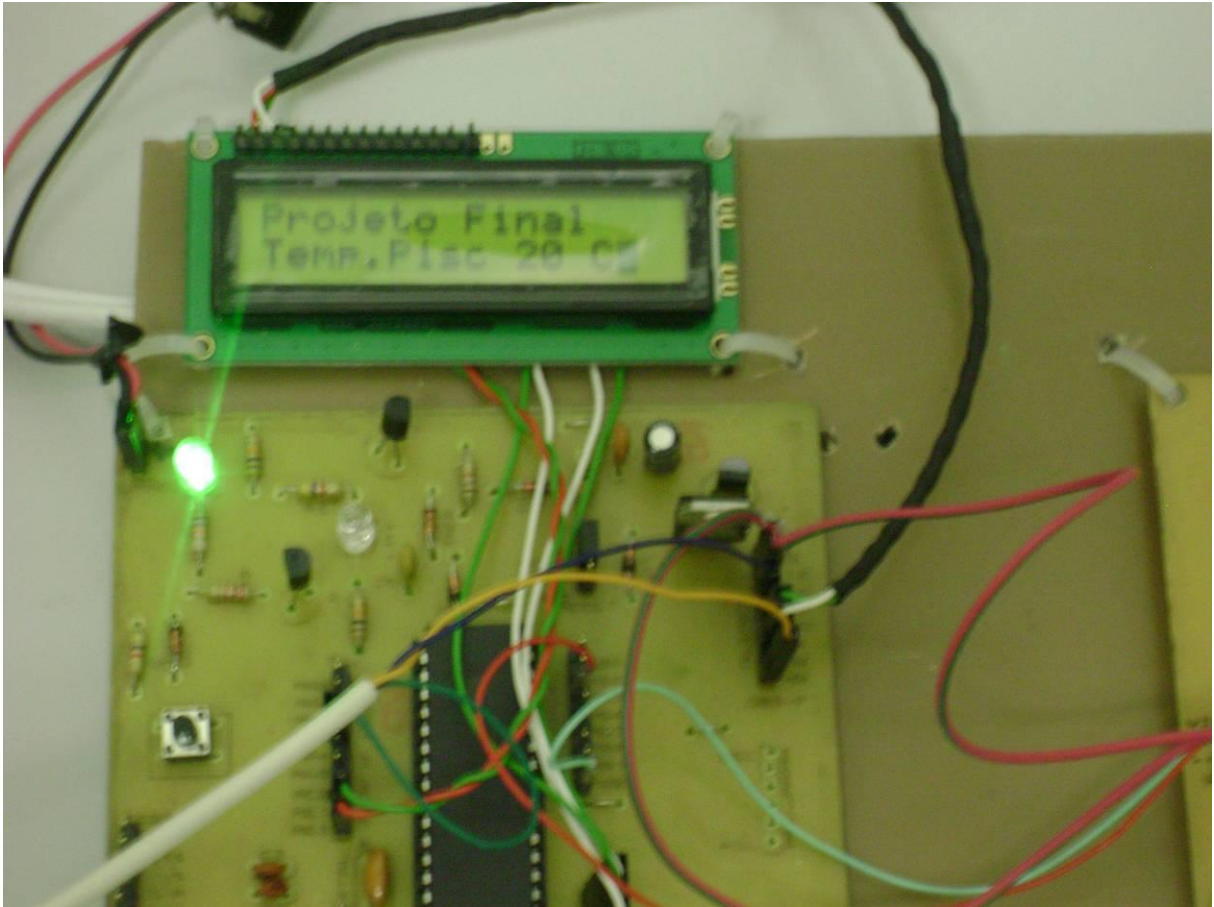


Figura 30 - Relés ligados quando a temperatura registrada por menor ou igual a 28 °C (Autor)

Por outro lado, quando a temperatura visualizada no display for maior ou igual a 33°C, o relé automaticamente será desligado e ocorrerá a abertura do circuito havendo um intorrompimento na passagem de corrente elétrica para a resistência e para a bomba. Assim a temperatura da piscina diminuirá. Esse processo pode ser visualizado na figura 31

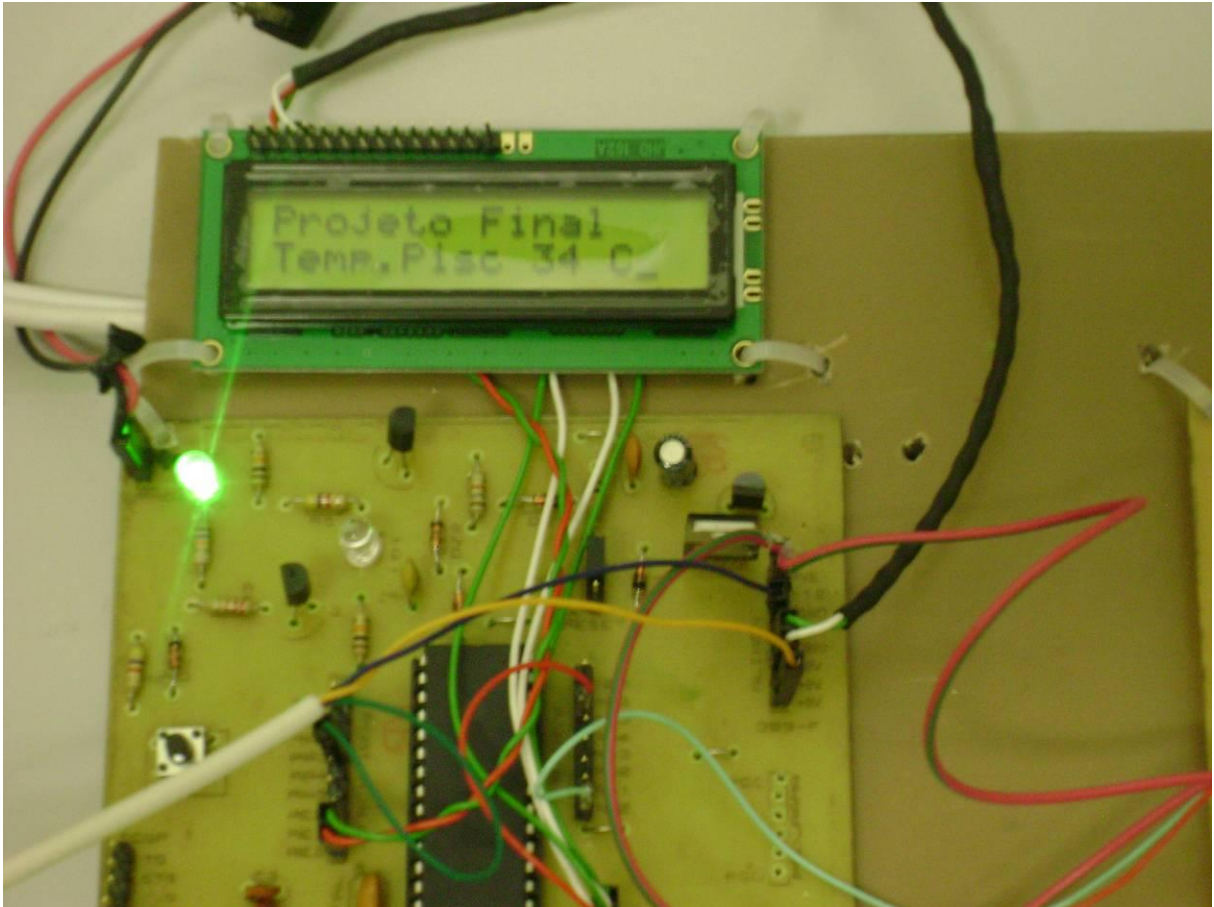


Figura 31 - Relés desligados quando a temperatura visualizada no display é maior ou igual a 33 °C.
(Autor)

Esse procedimento é repetido infinitas vezes como foi mostrado no fluxograma na figura 29, a partir do momento que todos os equipamentos são ligados na corrente elétrica, permanecendo ativo pelo período de tempo que o usuário desejar, e mantendo a temperatura da piscina variando na faixa predeterminada, entre 28° C e 33° C.

4.4. DIFICULDADES

As principais dificuldades encontradas nesse projeto foram:

- Confeção do Kit;
- Conseguir a temperatura adequada pelo sensor de temperatura;
- Mostrar a temperatura no display LCD;

- Escolha da bomba adequada para a movimentação da água.

Primeiramente a idéia era utilizar um kit disponível no laboratório do UNI-CEUB, no caso o kit didático LABPIC, porém este kit não funcionou da maneira adequada. Com isso foi desenvolvido um kit didático com todas as funções e equipamentos necessários para o funcionamento do projeto. Como tudo foi confeccionado, se fez necessário um grande aprendizado, junto a uma grande pesquisa sobre o software PROTEUS e também a descoberta de problemas como curto-circuito, solda mal feita e problemas sem justificativas perceptíveis. A solução encontrada foi desenvolver uma nova placa confeccionada com mais cautela, evitando esses pequenos problemas citados anteriormente e com isso garantindo assim o funcionamento adequado do protótipo conforme os objetivos propostos.

Além dos problemas com o kit, o sensor de temperatura apresentou diversos problemas, o que gerou grandes dificuldades para a conclusão deste projeto no prazo programado. As temperaturas que eram convertidas pelo microcontrolador de analógica para digital, não coincidiam com a temperatura real da água, comprometendo o funcionamento do relé. A solução encontrada pelo autor foi ler as especificações do sensor de temperatura LM35 e criar com isso uma variável chamada aux, como pode ser visto no apêndice A deste trabalho e com isso foi atribuído o valor da conversão analógica para digital a variável criada. Com isso, o problema relacionado ao acionamento e desligamento do relé devido à temperatura foi resolvido.

Outro problema encontrado foi com relação a mostrar a temperatura no display LCD. Foi desenvolvido um software que quando simulado, funcionava de maneira adequada e mostrava a temperatura no LCD conforme o esperado, quando o código foi gravado no Microcontrolador e foram feitos os testes, não aparecia a temperatura; primeiro concluiu-se que o código não havia sido gravado no microcontrolador, então esse procedimento foi repetido algumas vezes, porém o problema persistiu, após alguns dias descobriu-se que o problema era no código fonte e com isso após consultar algumas bibliografias o autor descobriu que existia uma função chamada mod_lcd que facilitava esse procedimento. Com isso, a temperatura foi mostrada no dispositivo normalmente.

Por último, um dos principais problemas foi devido à escolha da bomba ideal para realizar todo o fluxo do projeto, após várias pesquisas, consultas ao orientador

e colegas estipulou-se que seria utilizado uma bomba de combustível para realizar a movimentação da água, porém foi descoberto que essas bombas de combustível não funcionam com água, diante disto o autor procurou outros dispositivos que poderiam realizar o mesmo procedimento, sendo testado bombas de máquinas de lavar e de tanquinho, nenhuma dessas atingindo o objetivo esperado. Por fim decidiu-se usar uma bomba de aquário que é ideal para a movimentação da água da maneira que se esperava assim com esse dispositivo o ciclo contínuo de circulação da água pelo protótipo foi resolvido.

5. TESTES E RESULTADOS

Antes mesmo de montar o protótipo foram realizados alguns testes no software Proteus a fim de facilitar a montagem do projeto e verificar os possíveis erros que poderiam ocorrer durante os futuros testes com o equipamento devidamente montado. Na simulação feita, foi mostrado que a temperatura exibida no display LCD era a mesma definida no sensor de temperatura, com isso quando a temperatura do sensor era menor ou igual a 28 graus, os relés são acionados, ou seja, são levados a nível lógico 1 (um) permitindo a passagem de corrente elétrica para os equipamentos necessário (bomba e resistência), como pode ser visualizado na figura 32.

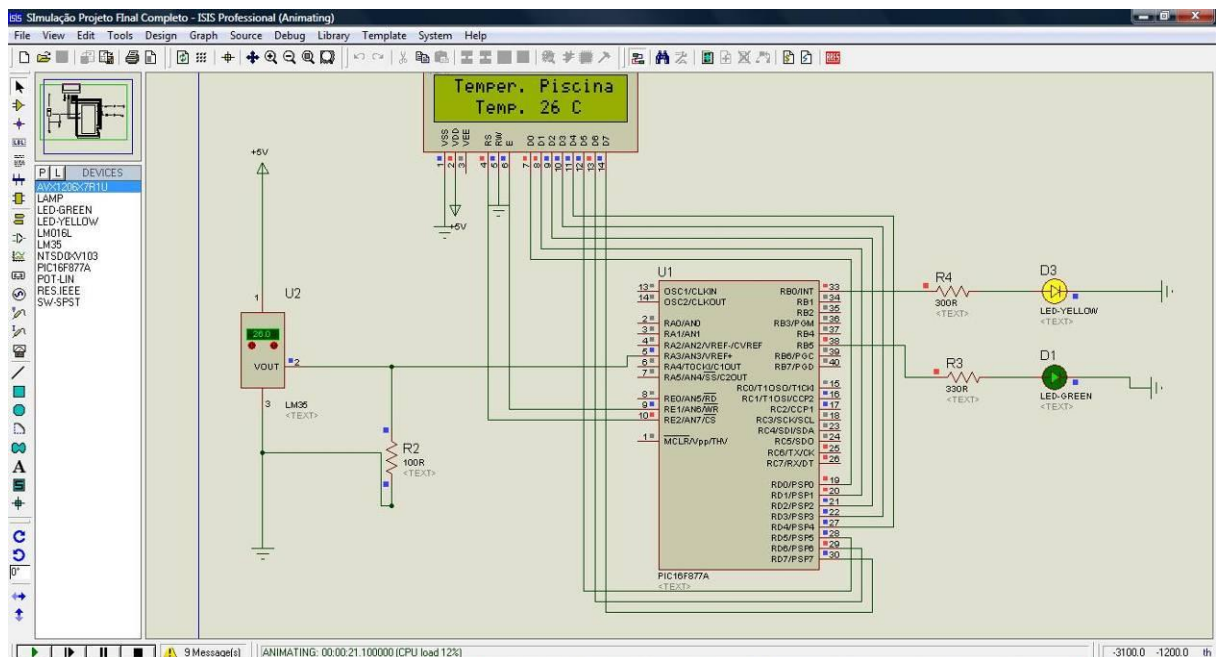


Figura 32 - Relés acionados permitindo passagem de corrente para os equipamentos (Autor)

Quando a temperatura era maior ou igual 33 graus os relés são desligados, sendo levados a nível lógico 0 (zero) e impedindo a passagem de corrente elétrica para os dispositivos, pode-se visualizar esse processo na figura 33.

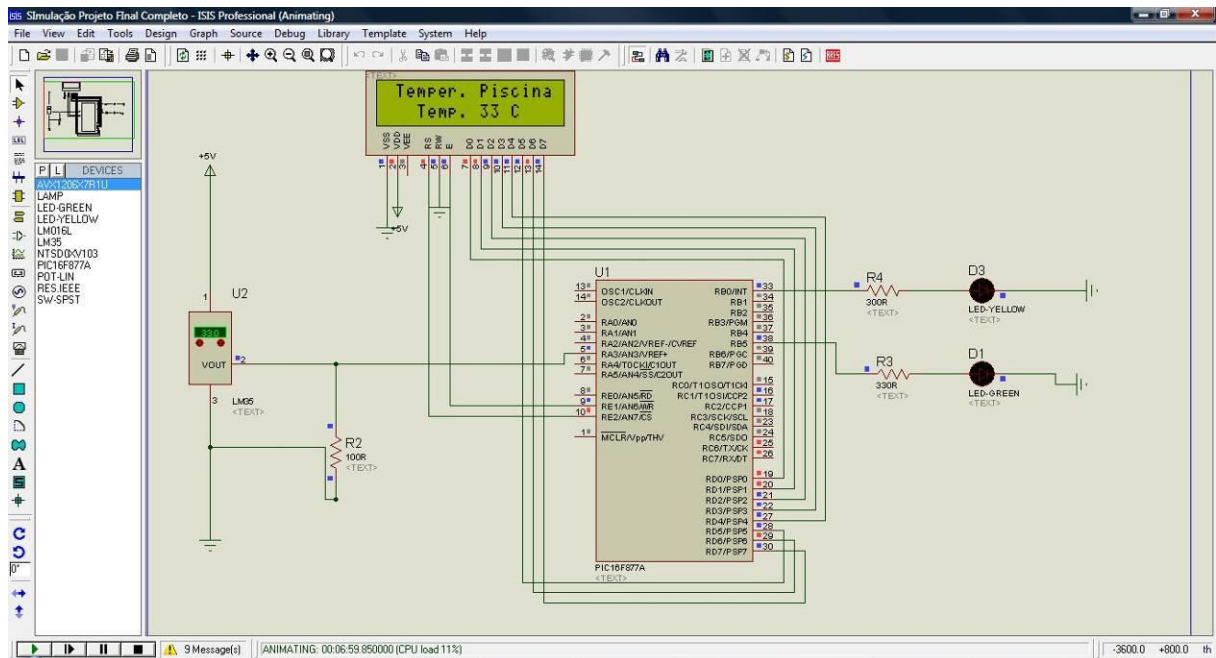


Figura 33 - Relés desligados impedindo passagem de corrente para os equipamentos (Autor)

A simulação mostrou que o código e que os dispositivos funcionavam da maneira adequada e se mostrou eficiente ao atingir o resultado esperado.

Após a montagem do protótipo a partir de todos os dispositivos especificados, possibilitando a medição da temperatura da piscina e o devido controle dos relés, iniciaram os testes, tentando alcançar os objetivos inicialmente propostos.

No primeiro teste realizado observou-se que quando o sensor de temperatura foi fixado no protótipo e estava presente dentro da água, ocorria uma grande variação na temperatura capturada, o que fazia com que os dispositivos ligassem e desligassem várias vezes e com isso demorasse muito para que a temperatura da água atingisse a faixa pré estabelecida e também podendo ocasionar na perda dos equipamentos. Outro problema encontrado no primeiro teste foi no display LCD, quando os dispositivos eram acionados pelo relé, o display parava de funcionar e começava a mostrar caracteres sem sentido, para resolver esse problema foi colocado um capacitor em cada relé de 47nF e 400V que funciona como filtro de ruído, com isso o display voltou a funcionar da maneira adequada. Após alguns testes, notou-se que o tamanho do fio do sensor de temperatura fazia com que essa temperatura oscilasse bastante e com isso foi diminuído o tamanho do fio garantindo assim uma maior precisão. Devido a esses problemas o equipamento ficou ligado durante 10 minutos e não foi possível atingir a temperatura esperada.

Nos testes seguintes foram adotados ensaios de teste com o objetivo de facilitar as anotações e garantir um melhor resultado, foram realizados 5 (cinco) ensaios, onde foram anotadas as temperaturas iniciais, o tempo que demorou para a temperatura atingir a faixa determinada e também a temperatura final da piscina. Os resultados dos ensaios podem ser visualizados na tabela 4 e serão descritos no decorrer deste capítulo.

Tabela 4 - Tabela mostrando o resultado dos ensaios (Autor)

Ensaio	Temperatura Inicial da piscina	Temperatura Final da piscina	Tempo necessário para atingir a temperatura final esperada
1	20° C	33° C	9 Minutos
2	21° C	33° C	8 Minutos e meio
3	26° C	33° C	4 Minutos e meio
4	22° C	33° C	7 Minutos e meio
5	20° C	33° C	9 Minutos

Ensaio 1: Primeiramente foi anotada a temperatura inicial da água da piscina, em torno de 20 °C. Com isto, os equipamentos já foram acionados, pois a temperatura da água estava abaixo de 28° C, o objetivo deste primeiro ensaio era verificar se o sensor de temperatura funcionava de maneira adequada, após 9 minutos a temperatura atingiu 33° C e desta forma os equipamentos foram desligados. Observou que o sensor de temperatura funcionou de maneira adequada, ocorrendo algumas oscilações pequenas na temperatura em alguns instantes.

Ensaio 2: Devido ao problema de oscilações no primeiro ensaio, foi trocado o sensor de temperatura, como tentativa de solução do problema. A temperatura inicial da água da piscina estava em 21° C, após 5 segundos da primeira leitura os equipamentos já foram acionados. O mesmo problema de oscilação de temperatura o-

correu com o segundo sensor testado, a temperatura alcançou os 33° C em 8 minutos e meio, porém o problema da variação de temperatura ainda persistiu.

Ensaio 3: Mais uma tentativa para retirar as oscilações de temperatura foi feita, sendo testado um terceiro sensor de temperatura. A temperatura inicial da água era de 26° C, ocasionando o acionamento dos equipamentos ligados ao relé, após 4 minutos e meio a água alcançou a temperatura de 33° C, assim os relés foram levados a nível lógico 0 (zero) e foram abertos, evitando a passagem de corrente elétrica para os equipamentos, desta forma, os mesmo foram desligados. Nesse teste houveram ainda oscilações, porém menores.

Ensaio 4: Após diversas tentativas em busca de conseguir uma maior exatidão e reduzir as oscilações da temperatura, foi testado o último sensor de temperatura que foi confeccionado com fio blindado. Ao começar a leitura da temperatura o sensor registrou 22° C, após 7 minutos e meio a temperatura observada era de 33°. O problema de oscilações foi reduzido, verificando assim o funcionamento do projeto de forma correta pela primeira vez.

Ensaio 5: Enfim, com o sensor de temperatura funcionando da maneira adequada foi realizado o último ensaio. A temperatura inicial da piscina registrada era 20° C, após 9 minutos com os equipamentos funcionando o sistema alcançou a temperatura final para que os equipamentos fossem desligados a 33° C, o sistema ficou ligado por 15 minutos para verificar possíveis oscilações na temperatura averiguar se a temperatura da piscina iria cair. Durante esses 15 minutos o sistema ficou desligado, pois a temperatura era superior a 28° C.

Todos os testes realizados para a busca dos objetivos foram analisados de acordo com a proposta inicial do projeto e mostraram-se satisfatórios mesmo com as oscilações de temperatura. Foram feitos diversos testes assim verificando que o controle da temperatura da piscina na faixa pré-determinada foi realizado com sucesso permitindo a utilização da piscina para as atividades descritas, sem que haja uma pessoa responsável por controlar essa temperatura.

Quando um corpo é aquecido ou resfriado, há alteração de algumas das suas propriedades físicas. A maior parte dos sólidos e dos líquidos expande-se ao ser aquecido. Uma propriedade física que se altera com a mudança da temperatura é denominada propriedade termométrica. (TIPLER 2000; SANTOS 2009)

Na figura 34 pode ser visualizado o protótipo final do sistema de controle automático para bombas de piscina comandado pela temperatura da água.

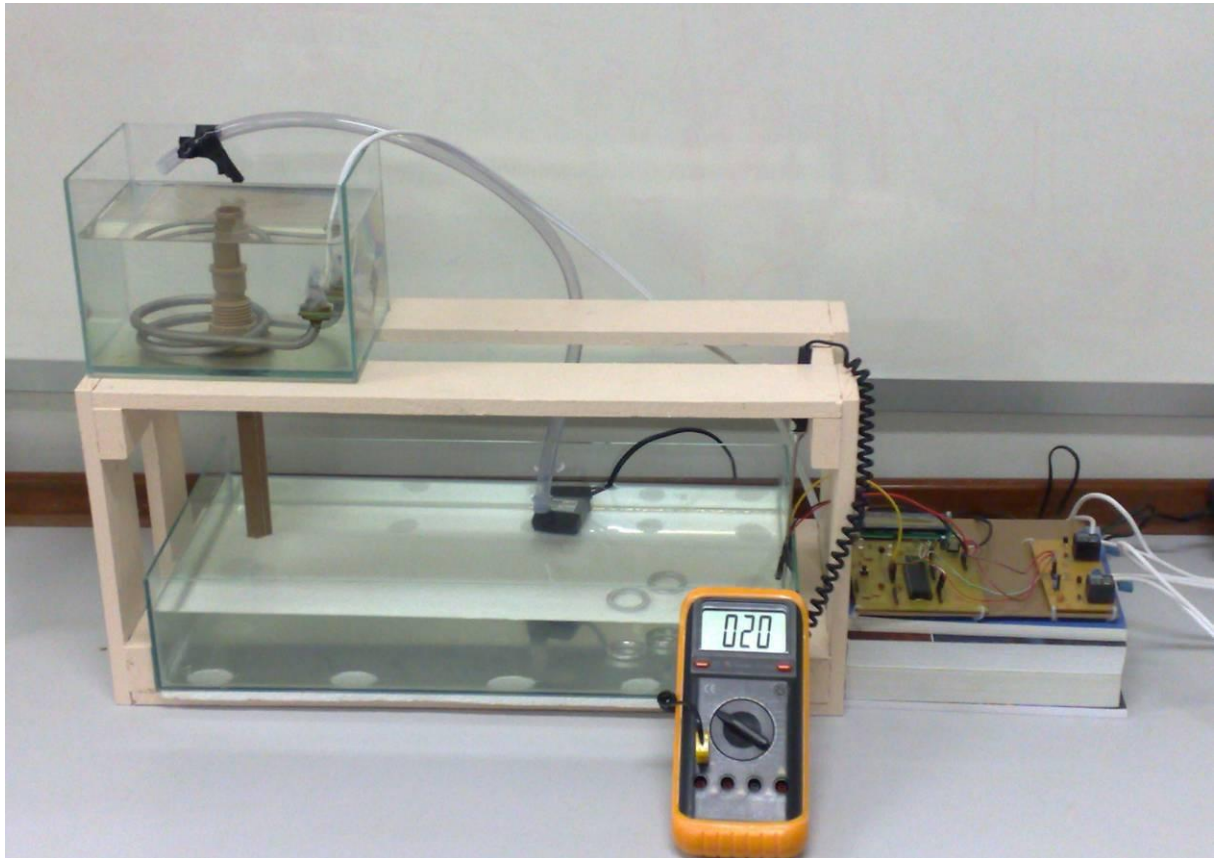


Figura 34 - Protótipo Final (Autor)

6. CONCLUSÃO

Este projeto teve como finalidade, a construção de um sistema de controle automático para bombas de piscina comandado pela temperatura da água, onde o principal objetivo do protótipo é manter a temperatura da piscina variando dentro de uma faixa pré-estabelecida, determinada de acordo com algumas atividades físicas realizadas em piscinas, durante o período de tempo que o usuário necessitar e garantir um sistema automatizado para maior conforto dos profissionais dessa área.

Após todos os testes realizados, conclui-se que os objetivos foram alcançados com sucesso, mesmo ocorrendo algumas variações na temperatura.

O protótipo é capaz de manter a temperatura da piscina variando na faixa de 28° C e 33° C, sem ocorrer variações na temperatura através da aferição realizada pelo sensor de temperatura. O Sistema garantiu uma maior economia de energia e também garantiu o controle automático dos equipamentos retirando a intervenção humana para o controle garantindo mais um equipamento automatizado.

O programa implementado se comportou de maneira adequada, fazendo todo o controle da temperatura através do acionamento ou não dos relés, primeiramente foi feita a captura do sinal pelo sensor. O Microcontrolador recebeu o sinal fornecido pelo sensor de temperatura, fez a conversão, analisou e interpretou de acordo com o código gravado em sua memória corretamente, fazendo com que o circuito fosse fechado quando a temperatura se encontrasse menor ou igual a 28° C, permitindo a passagem de corrente elétrica para os equipamentos, e aberto, no instante em que a temperatura registrada fosse maior ou igual 33° C, impedindo a passagem de corrente elétrica para os equipamentos.

Portanto, os resultados atenderam as propostas e objetivos estipulados para este trabalho e o protótipo encontra-se em funcionamento.

6.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

O sistema de controle automático para bombas de piscina comandado pela temperatura descrito nesse projeto aceita diversas melhoras apesar de funcionar de acordo com os objetivos descritos.

Como propostas para trabalhos futuros pode-se utilizar um teclado numérico no kit de acionamento, com isso a faixa de temperatura poderá ser modificada de acordo com a necessidade do usuário, assim toda vez que o sistema for iniciado, o usuário escolherá a faixa de temperatura desejada e o controle será feito nesta faixa.

Além disso, podem-se cadastrar no sistema três faixas de temperatura para diferentes atividades realizadas em piscina como: 1- hidroginástica, 2- natação e 3- hidroterapia, assim quando o sistema for iniciado o usuário poderá escolher a atividade que desejada, apenas selecionando a numeração adequada para atividade escolhida e com isso a temperatura ficará variando na faixa predeterminada. Permitindo que os profissionais desta área tenham mais opções para o funcionamento do sistema, tornando essa tecnologia ainda mais útil.

O sistema também poderá ser melhorado com a capacidade de informar para o usuário o tempo que o equipamento demorou para atingir a temperatura desejada da piscina e igualmente o tempo em que o equipamento permaneceu desligado após ter alcançado a faixa pré-determinada, podendo com isso, ocorrer um maior controle relacionado a economia de energia gerada pelo sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUENO, Rodrigo de Aragão. **Simulação de sistema híbrido de aquecimento de água**. Monografia de conclusão do curso de engenharia de computação, UniCEUB. Brasília, 2009.
- CORRÊA, C.R.F. **Atividades Aquáticas para Bebês**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Sprint, 1999.
- FINA. **Fina's Facilities Rules 2009-2013**. Setembro de 2009. Disponível em http://www.fina.org/project/index.php?option=com_content&task=view&id=51&Itemid=119. Acesso em Setembro de 2009.
- INCROPERA, Frank P.; Dewitt, David P. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC; 2003.
- KREITH, F.; BOHN, M. S. **Princípios de Transferência de Calor**. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2003.
- LIMA, E.L. **A Prática da Natação Para Bebês**. 1ª ed. Jundiaí: Fontoura, 2003.
- MICROSHIP, Technology. 2003 – **“PIC 16F87XA Data Sheet”**. Disponível em: http://www.datasheet4u.com/html/1/6/F/16F877A_MicrochipTechnology.pdf.html. Acesso em outubro de 2009
- NAHAS, M. V., KERBEJ, F. C. **Natação: algo mais que 4 nados**. São Paulo: Manole, 2002.
- NATIONAL, Semiconductor. Julho de 1999 – **“Precision Centigrade Temperature Sensors”**. Disponível em: http://www.datasheet4u.com/html/L/M/3/LM35_NationalSemiconductor.pdf.html. Acesso em Outubro de 2009.
- PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC: Programação em C**. 4ª. Ed. São Paulo: Érica, 2005.
- POTTER, Merle C.; SCOTT, Elaine. P. Ciências **Térmicas: Termodinâmica, Mecânica dos fluidos e Transmissão de Calor**. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2006.
- RODRIGUEZ, C.C.G. **La Actividad Motriz del Niño de 0 a 1 año**. Revista Digital - ano 7 - nº 38 - [Buenos Aires], Julho de 2001. Disponível em <http://www.efdeportes.com/efd38/am01.htm>. Acesso em setembro de 2009.
- RODRIGUEZ, C.C.G. **La Actividad Motriz del Niño de 1 a 2 años**. Revista Digital - ano 7 - nº 40 - [Buenos Aires], Setembro de 2001. Disponível em <http://www.efdeportes.com/efd40/am1a2.htm>. Acesso em setembro de 2009.

- SALLES, Paulo Gil. **Natação para bebês. Retrato da realidade em Nova Iguaçu – RJ** [Buenos Aires], Maio de 2006. Disponível em <http://www.efdeportes.com/efd96/bebes.htm>. Acesso em Setembro de 2009.
- SANTOS, Marcus Felipe Castello Branco. **Bolsa térmica microcontrolada**. Monografia de conclusão do curso de engenharia de computação, UniCEUB. Brasília, 2009.
- SCHMIDT, Frank W.; HENDERSON, Robert E.; WOLGEMUTH Carl H. **Introdução às Ciências Térmicas**. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1996
- SKINNER, A. T.; Thomson, A. M. Duffield: **Exercícios na água**. 3ª. ed. São Paulo: Manole, 1985.
- SOUZA, David José e LAVINIA, Nicolás César. **Conectando o PIC 16F877A: Recursos Avançados**. 2ª. Ed. São Paulo: Érica, 2005.
- TAHARA, Alexandre Klein. **As atividades aquáticas associadas ao processo de bem-estar e qualidade de vida**. [Buenos Aires], Dezembro de 2006. Disponível em <http://www.efdeportes.com/efd103/atividades-aquaticas.htm>. Acesso em Setembro de 2009.
- TAVEIRA, Sanne B. **Sistema de ventilação com resfriador de ar experimental**. Monografia de conclusão do curso de engenharia de computação, UniCEUB. Brasília, 2008.
- TIPLER, Paul A. **Física: Eletricidade e magnetismo: Volume 2**. 4 ed. LTC, Riode Janeiro, 2000.
- ZANCO, Wagner da Silva. **Microcontroladores PIC 16F628A/648A: Uma Abordagem Prática e Objetiva**. 1ª. Ed. São Paulo: Érica, 2005.
- ZANCO, Wagner da Silva. **Microcontroladores PIC 16F628A/648A: Uma Abordagem Prática e Objetiva**. 2ª. Ed. São Paulo: Érica, 2006.
- ZULLIETTI, L.; SOUZA, I.L.R. **A Aprendizagem da Natação do Nascimento aos 6 anos - Fases de Desenvolvimento**. Revista UniVap, v. 9, n 17, 9-14 [São Jose dos Campos], 2002. Disponível em <http://www.univap.br/cultura/Univap17.pdf> . Acesso em setembro 2009.
- VISHWAY, Siliconix. Outubro de 2002 – “**LCD016M002B**”. Disponível em: http://www.datasheet4u.com/html/L/C/D/LCD-016M002B_VishaySiliconix.pdf.html > Acesso em Outubro de 2009.

APÊNDICE A – Código Controlador de relés

```

/* **** */
*
*           Projeto Final - Eng Computação - UniCEUB
*
*
*           ROBSON LUÍS CAETANO
*
*
*           RA: 2051664/6
*
* **** */
*  VERSÃO : 1.3
*  DATA : 2/10/2009
* **** */
* **** */
* Aspectos Gerais: Esse software tem como objetivo controlar a temperatura da
*Piscina para a faixa estipulada, podendo assim, fazer com que os componentes
*eletrônicos sejam acionados ou não de acordo com a temperatura aferida na
*piscina
*
* **** */
*
*           Definição de Cabeçalho
*
* **** */

#include <16f877A.h>
#include adc=10

#include <mod_lcd.c>
#define SENSOR_LM35    PIN_A3
#define RELE           PIN_B0    // Rele Bomba
#define RELE2         PIN_B5    // Rele2 Resistência

void Inicializa(void);

```

```

void le_ad(void);
void Sensor_Rele(void);
char x;
void main ()
{
    lcd_ini();
    Inicializa();
    lcd_escreve("\f");
    printf(lcd_escreve,"SCAPBCPTDA");
    delay_ms(4000);
    lcd_ini();
    printf(lcd_escreve," Projeto Final");
    delay_ms(4000);
    Sensor_Rele();
    while(true)
    void Inicializa(void)
    {
        delay_ms(2000);
        setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_8);          // Configura clock da conversão
        setup_adc_ports(R0A0_RA1_RA3_ANALOG); // Configura três entradas como AD
        set_adc_channel(3);                  // Seleciona o canal 3 (Temperatura)
        output_low(PIN_C1);
        output_low(PIN_C2);                 // Garante estado do port
        Lcd_Ini();                          // Inicializa o display
        delay_ms(3);
        Lcd_Ini();
        Lcd_Ini();
        Lcd_Ini();
        delay_ms(1);
        Lcd_Ini();
        Lcd_Ini();
    }
    void Sensor_Rele(void)
    {
        float aux;

```

```
    delay_ms(1500);
    while(true)
    {
        set_adc_channel(3);
        delay_ms(1);
        restart_wdt();
        aux=read_adc();
        aux*=0.5;
        lcd_escreve("\r");
        printf(lcd_escreve,"Temp.Pisc %1.0f C",aux);
        delay_ms(5000);
        if (aux<=28)
            {
                output_high(RELE);
                output_high(RELE2);
            }
        if (aux>33)
            {
                output_low(RELE);
                output_low(RELE2);
            }
    }
}
```