

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA COMPUTAÇÃO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO



**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: UMA PROPOSTA SIMPLES E DE
BAIXO CUSTO**

HITALLO AUGUSTO FARIA

GOIÂNIA
2021

HITALLO AUGUSTO FARIA

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: UMA PROPOSTA SIMPLES E DE
BAIXO CUSTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Ciências Exatas e da Computação da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Me. Gustavo Siqueira Vinhal

GOIÂNIA
2021

HITALLO AUGUSTO FARIA

**AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: UMA PROPOSTA SIMPLES E DE
BAIXO CUSTO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso julgado adequado para obtenção o título de Bacharel em Engenharia de Computação, e aprovado em sua forma final pela Escola de Ciências Exatas e da Computação, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, em ____/____/____.

Prof. Ma. Ludmilla Reis Pinheiro dos Santos
Coordenadora de Trabalho de Conclusão de
Curso

Banca examinadora:

Orientador: Me. Gustavo Siqueira Vinhal

Profa. Me. Ludmilla Reis Pinheiro dos Santos

Prof. Me. Fernando Gonçalves Abadia

GOIÂNIA
2021

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente à Deus, nosso Criador, que me manteve de, e em ordem.
Aos meus familiares que mesmo de longe, me apoiaram incessantemente. Sendo
sempre eles minha fonte de incentivo e motivação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, nosso Criador, pelo dom da vida, pelas bênçãos imensuráveis, pelas oportunidades cedidas e por me preservar de cabeça erguida diante todas as dificuldades.

Aos meus familiares. Em especial à minha mãe, Josilda Alves Faria, por nunca medir esforços para que eu cumprisse esta jornada.

A todos os professores da Escola de Ciências Exatas e da Computação pelo conhecimento concedido. Em especial, ao Mestre e amigo Gustavo Siqueira Vinhal, orientador acadêmico, pelo apoio e confiança depositada.

Aos integrantes da Coordenação da Escola de Ciências Exatas e da Computação da Pontifícia Universidade Católica de Goiás pela disposição e prontidão a ajudar, apoiar e incentivar seus alunos.

“Caminhante, não há caminho; faz-se caminho ao caminhar.”

Antônio Machado

RESUMO

O avanço tecnológico trouxe consigo a automatização de atividades domésticas, ganhando espaço no mercado devido as inúmeras vantagens e facilidade de implementação. Ela traz benefícios importantes para os usuários, que vão desde conforto até acessibilidade. Rotinas que eram complexas para pessoas com algum tipo de limitação, se tornaram mais simples. Visando auxiliar essas pessoas, o presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento um protótipo de sistema de baixo custo e boa funcionalidade, capaz de automatizar atividades domésticas habituais utilizando um microcontrolador Arduino Uno. Para isso, foram levantadas atividades domésticas a serem automatizadas como: controles de irrigação, alarme, temperatura e iluminação. Foram definidas as tecnologias necessárias para alcançar os objetivos, e estudada a forma que interagem entre si. Os protótipos foram desenvolvidos e testados separadamente. Posteriormente realizou a integração de todos eles. Os experimentos realizados em bancada foram satisfatórios. Assim, comprovam eficiência e boa funcionalidade do sistema, que o torna seguro e confiável para ser implementado em um ambiente residencial. O orçamento estabelecido atendeu o requisito de custo acessível.

Palavras-Chave: *Arduino; Automação Residencial; Eletrônica; Microcontrolador.*

ABSTRACT

Technological advances brought with it the automation of domestic activities, gaining market share due to the numerous advantages and ease of implementation. It brings important benefits to users, ranging from comfort to accessibility. Routines that were complex for people with some kind of limitation became simpler. Aiming to help these people, this work aims to develop a prototype of a low cost and good functionality system, capable of automating usual household activities using an Arduino Uno microcontroller. For this, domestic activities to be automated were raised, such as: irrigation, alarm, temperature and lighting controls. The technologies needed to achieve the goals were defined, and the way they interact with each other was studied. Prototypes were developed and tested separately. Afterwards, he carried out the integration of all of them. The experiments performed on a bench were satisfactory. Thus, they prove efficiency and good functionality of the system, which makes it safe and reliable to be implemented in a residential environment. The established budget met the affordable cost requirement.

Keywords: *Arduino; Electronics; Home automation; Microcontroller.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Posição do Brasil do ranking mundial de casas inteligentes	18
Figura 2 – Arduino Uno Rev 3	21
Figura 3 – Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE)	22
Figura 4 – Sensor de Umidade de Solo FC-28	24
Figura 5 – Módulo Sensor de Obstáculo Infravermelho	24
Figura 6 – Sensor de Umidade e Temperatura DHT11	25
Figura 7 – Módulo Sensor de Som KY-037	25
Figura 8 – Módulo Sensor de Luminosidade LDR	26
Figura 9 – Válvula Solenoide	27
Figura 10 – Buzzer	27
Figura 11 – Módulo Relé 4 Canais	28
Figura 12 – Módulo Real Time Clock DS3231	29
Figura 13 – Módulo de Comunicação I2C	29
Figura 14 – Painel LCD 16x2	30
Figura 15 – Fluxograma do Sistema de irrigação	32
Figura 16 – Fluxograma do Sistema de Alarme	33
Figura 17 – Fluxograma do Sistema de Ventilação	34
Figura 18 – Fluxograma do Sistema de Iluminação Interna	35
Figura 19 – Fluxograma do Sistema de Iluminação Externa	36
Figura 20 – Protótipo do Sistema a ser implementado	37
Figura 21 – Protótipo da Interface do painel LCD	39
Figura 22 – Tela principal do LCD	40
Figura 23 – Protótipo do Sistema de Ventilação	41
Figura 24 – Protótipo do Sistema de irrigação	42
Figura 25 – Protótipo do Sistema de Alarme	43
Figura 26 – Protótipo do Sistema de Iluminação Interna	45
Figura 27 – Protótipo do Sistema de Iluminação Externa	46
Figura 28 – Protótipo da Integração dos Sistema	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Previsão de faturamento até 2024	19
Tabela 2 – Especificações técnicas do Arduino Uno	22
Tabela 3 – Bibliotecas utilizadas no código-fonte	31
Tabela 4 – Orçamento do projeto	38

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	<i>Alternating Current</i>
CAGR	<i>Compound Annual Growth Rate</i>
CI	Circuito Integrado
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DHT	<i>Digital Humidity and Temperature</i>
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
I2C	<i>Inter Integrated Circuit</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
I/O	<i>In/Out</i>
KB	<i>Kilobytes</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
mA	Milliampere
MHz	Megahertz
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RTC	<i>Real Time Clock</i>
SRAM	<i>Static Random-Access Memory</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
V	Volts
VAC	Voltagem em corrente alternada
VDC	Voltagem em corrente contínua

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 MOTIVAÇÃO	14
1.2 OBJETIVO GERAL	14
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4 RESULTADOS ESPERADOS	15
1.5 ESTRUTURAS DO TRABALHO	15
2 AUTOMAÇÃO	16
2.1 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	16
2.2 BENEFÍCIOS	17
2.3 EVOLUÇÃO DO MERCADO	18
3 MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1 MICROCONTROLADOR	19
3.1.1 ARDUINO UNO	20
3.2 SENSORES	23
3.2.1 MÓDULO SENSOR DE UMIDADE DE SOLO FC-28	23
3.2.2 MÓDULO SENSOR DE OBSTÁCULO INFRAVERMELHO	24
3.2.3 SENSOR DE UMIDADE E TEMPERATURA DHT11	25
3.2.4 MÓDULO SENSOR DE SOM KY-037	25
3.2.5 MÓDULO SENSOR DE LUMINOSIDADE LDR	26
3.3 ATUADORES	26
3.3.1 VÁLVULA SOLENOIDE	27
3.3.2 BUZZER	27
3.4 MÓDULO RELÉ 4 CANAIS	28
3.5 MÓDULO REAL TIME CLOCK DS3231	28
3.6 MÓDULO DE COMUNICAÇÃO I2C	29
3.7 PAINEL LDC 16x2	30
3.8 METODOLOGIA	30
4 DESENVOLVIMENTO	31
4.1 ARQUITETURA DO SISTEMA	31
4.1.1 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	32
4.1.2 SISTEMA DE ALARME	33
4.1.3 SISTEMA DE VENTILAÇÃO	34

4.1.4 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	34
4.1.4.1 ILUMINAÇÃO INTERNA	35
4.1.4.2 ILUMINAÇÃO EXTERNA	35
4.1.5 INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS	36
4.1.5.1 PROTOTIPAÇÃO	36
4.2 ORÇAMENTO DO PROJETO	37
5 TESTES E RESULTADOS	38
5.1 Experimento I – Interface Painel LCD	39
5.2 Experimento II – Sistema de Ventilação	40
5.3 Experimento III – Sistema de Irrigação	41
5.4 Experimento IV – Sistema de Alarme	43
5.5 Sistema de Iluminação	44
5.5.1 Experimento V – Sistema de Iluminação Interna	44
5.5.2 Experimento VI – Sistema de Iluminação Externa	46
5.6 Experimento VII – Integração dos Sistemas	46
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	

1 INTRODUÇÃO

Nos anos 1980 começaram a surgir sistemas que tornaram possível automatizar atividades domésticas como iluminação, climatização e segurança. Esses sistemas utilizaram o primeiro protocolo de comunicação (X-10) que possibilitava a comunicação entre sensores, atuadores e a central de um controle de sistema de automação residencial (KINDERMANN, 2011).

Automatizar atividades como sistemas de alarme, sistemas de climatização entre outras aplicações, são características que trazem benefícios como bem-estar e acessibilidade para as pessoas (CABRAL, 2008).

Segundo AURESIDE, 2020, o número de residências que contam com algum tipo de automação varia de 1,2 a 2,2 milhões. Em 2017, o mesmo levantamento, indicavam números entre 0,2 e 0,4 milhões. A tendência é que esses números continuem crescendo gradualmente.

1.1 MOTIVAÇÃO

A relevância de estudar este tema ocorre pela necessidade de auxiliar moradores de uma residência, diminuindo suas atividades rotineiras. Também visa facilitar a vida de pessoas portadoras de deficiência física ou com dificuldade de locomoção, como no caso de idosos. De modo a proporcionar economia, segurança e comodidade por meio de um sistema de automação residencial de baixo custo financeiro.

1.2 OBJETIVO GERAL

A proposta tem como objetivo desenvolver um protótipo para um sistema de automação residencial, de baixo custo, que seja capaz de automatizar as atividades domésticas habituais.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O sistema deverá automatizar tarefas como:

- Irrigação: embasado em um horário programado e fora desse horário, através de um sensor de umidade de solo;
- Alarme: detectar presença no ambiente quando o alarme estiver acionado;
- Iluminação Externa: controlar a iluminação externa de acordo com luminosidade local;
- Iluminação Interna: controlar a iluminação interna sendo acionada por meio de palmas;
- Ventilação: gerenciar a ventilação interna da residência, conforme a temperatura ambiente.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

Como resultado espera-se que a partir do presente estudo se obtenha um sistema de automação residencial de simples implementação. Também oferecer eficiência e confiabilidade na execução das atividades com segurança e de forma econômica.

Por fim trazer facilidades e comodidade às pessoas, otimizando o tempo com tarefas rotineiras relacionadas à residência. Além de facilitar a vida das pessoas idosas ou portadoras de deficiência.

1.5 ESTRUTURAS DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se dividido em 6 Capítulos. Sendo eles:

- Capítulo 1: apresenta uma breve visão do tema abordado, os objetivos estipulados e resultados esperados;
- Capítulo 2: descreve a Automação Residencial de forma detalhada, proporcionando ao leitor uma visão mais profunda e maior entendimento;

- Capítulo 3 é apresentada a lista do conjunto de tecnologias e componentes eletrônicos utilizados neste trabalho, especificando a funcionalidade de cada um quanto à sua aplicação;
- Capítulo 4: detalha a maneira que foi realizada a aplicação dos componentes acerca da construção do protótipo;
- Capítulo 5: são apontados os resultados obtidos após realização dos testes do protótipo;
- Capítulo 6: apresenta as considerações finais do trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

2 AUTOMAÇÃO

De acordo com Aguirre (2006) automação são sistemas que proporcionam soluções ágeis e econômicas para exercerem funções de forma automática, ou seja, sistemas autônomos. Surgiu com propósito principal de reduzir ou até mesmo isentar a participação do homem sobre processos industriais (SILVA, 2016). Sousa (2018) define que sistemas autônomos são:

Capazes de realizar uma tarefa sozinho, tomando suas próprias decisões, com base nas informações obtidas pelos sensores os quais são equipados. Essa autonomia é um desafio de grande interesse em muitas aplicações (SOUSA, 2018).

Esses sistemas são compostos por três componentes básicos interligados: sensores, atuadores e os dispositivos finais que são os equipamentos/aparelhos eletrônicos. Na prática, pode-se encontrar esses componentes em sistemas de segurança, controle de presença, temperatura e umidade (FREITAS, 2012).

2.1 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

A automação residencial surgiu nos Estados Unidos. Suas primeiras soluções não possuíam nenhuma interação e resolviam situações de forma pontual como ligar e desligar alguns equipamentos ou luzes (SILVA, 2016).

Automação residencial são sistemas que visam auxiliar e realizar as atividades exercidas pelos seres humanos no âmbito doméstico. Proporcionando

conforto, segurança, praticidade, economia e bem-estar nas residências (AURESIDE, 2020). Segundo Freitas (2012), oferece suporte para que as pessoas possam viver confortavelmente com a ajuda da tecnologia.

As soluções em automação residencial atualmente atendem, não apenas aos portadores de necessidades físicas [...] como moradores que buscam tão somente a diminuição do tempo envolvido na execução de tarefas repetitivas e frequentes, como rega de plantas e limpeza, e a conveniência de controlar automaticamente a iluminação e a temperatura de suas casas, entre outras (PEREIRA, 2007).

Esses privilégios são garantidos de uma operação econômica, segura e confortável da residência, incluindo um alto grau de funcionabilidade e flexibilidade (KATRE, 2017).

2.2 BENEFÍCIOS

Além dos benefícios citados na Seção 2.1, a automação residencial contém outros benefícios:

“Quando falamos de automação residencial, muitas são as possibilidades. Por exemplo, é possível automatizar uma varanda [...] para que ela se abra em determinados horários. [...] a cada dia, novas possibilidades de automação surgem. De qualquer forma, dentre as principais possibilidades temos: Persianas; Interfones; Lâmpadas; Câmeras; Portões e portas; Áudio e vídeo; Eletrodomésticos (AURESIDE, 2020).

Com o aumento de compradores procurando benefícios oferecidos pela automação residencial, o nível de exigência aumenta no que diz respeito a redução de consumo energético (AURESIDE, 2020).

Outro fator a ser pontuado é a valorização do imóvel. Praticidade, segurança e conforto se configuram como uma maneira de tornar a casa mais luxuosa e, conseqüentemente, aumenta o valor do imóvel (AURESIDE, 2020).

Quanto a tecnologia é comum que venha crescer e simplificar a vida humana. Ela proporciona maior facilidade e comodidade, principalmente no cotidiano de portadores de necessidades especiais (ROSSO, 2016).

Essa é uma ideia que pode beneficiar uma inúmera quantidade de pessoas no mundo inteiro, proporcionando avanços e melhorias na qualidade de vida, mais especialmente em relação a portadores de necessidades especiais, indivíduos que necessitam de auxílio especial [...] uma automação [...] proporcionando ao portador uma parcial ou total independência, dependendo de suas condições físicas (ROSSO, 2016).

De acordo com Kindermann (2011) a automação residencial vem ganhando espaço no mercado devido ao surgimento de novas tecnologias e despertando de forma gradual o interesse da população.

2.3 EVOLUÇÃO DO MERCADO

O mercado atual segue com uma projeção de taxa média composta de crescimento em torno de 22% ao ano. Com isso deve atingir a marca de US\$ 3,1 bilhões em 2025 (AURESIDE, 2020). A Figura 1 apresenta o *ranking* do mercado de casas inteligentes a nível global.

Figura 1 – Posição do Brasil do ranking mundial de casas inteligentes.



Fonte: AURESIDE.

De acordo com a Figura 1, o Brasil ocupa 11º lugar no *ranking* dos países com maior investimento em casas inteligentes no mundo. Desta forma, é possível observar que o Brasil investe pouco na área, em torno de 4%, em comparação ao primeiro lugar (Estados Unidos).

Entre os destaques da categoria, estão os sistemas de iluminação, segurança e termostatos. As indústrias desse grupo de sistemas enviaram ao Brasil mais de 4,8 milhões de unidades no primeiro trimestre do ano de 2020. Ainda espera que o conjunto das três categorias representem 31,6% do mercado de residências em 2024 (AURESIDE, 2020).

Tabela 1 – Previsão de faturamento até 2024.

Categoria de produto	2020 Shipments*	2020 Share*	2024 Shipments**	2024 Share**	CAGR 2020–2024
Entretenimento (vídeo)	57,819	52.5%	79,976	39.9%	8.45%
Assistentes de voz	25,594	23.2%	46,690	23.3%	16.22%
Controle de iluminação	7,356	6.7%	32,562	16.2%	45.05%
Segurança e monitoramento	11,646	10.6%	24,299	12.1%	20.18%
Termostatos	2,938	2.7%	6,632	3.3%	22.57%
Outros	4,859	4.3%	10,422	5.2%	21.02%
Total	110,212	100%	200,581	100%	16.15%

Fonte: AURESIDE.

A Tabela 1 demonstra uma previsão para vendas de produtos destinados a casas inteligentes. De acordo com as informações apresentadas, estima-se uma Taxa de Crescimento Anual Composta (*Compound Annual Growth Rate*, CAGR) no período de 2020 a 2024 de 16,15%.

Junto com o avanço tecnológico de equipamentos para automação residencial, outras tecnologias vêm ganhando destaque. Dentre essas tecnologias, estão os microcontroladores (CABRAL, 2008). Eles são amplamente aplicados em automações domésticas e se tornaram uma boa relação custo/benefício e pouca necessidade de espaço físico (MARTINS, 2005).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste Capítulo será realizada a abordagem das tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do projeto. Para alcançar os objetivos estipulados, é fundamental o entendimento quanto ao microcontrolador, sensores, atuadores, entre outros componentes eletrônicos. Em seguida, serão descritas as informações técnicas dos componentes.

3.1 MICROCONTROLADOR

O microcontrolador é o principal componente da aplicação, dado que é responsável por receber informações e acionar dispositivos. De acordo com Targa (2019) torna-se econômico e viável empregar esses equipamentos para controlar

outros dispositivos devido as seguintes características: eficiência de processamento, quantidade de memória interna, baixo consumo de energia, tamanho e baixo custo.

Os microcontroladores são pequenos sistemas computacionais bastante poderosos que englobam em um único chip: interfaces de entrada/saída digitais e analógicas, periféricos importantes como a memória RAM, memória FLASH, interfaces de comunicação serial, conversores analógicos/digitais e temporizadores/contadores. A vantagem dos microcontroladores é que além de possuir os periféricos integrados a um único chip, são responsáveis por executar e armazenar os programas escritos para eles (firmware), assim como a capacidade de absorver mais funções com o incremento de periféricos, através de CI's "driver's", como comunicação USB [...]. Com o advento dos microcontroladores de 16 e 32 bits (atualmente o padrão é de 8bits) a capacidade de gerenciar soluções mais complexas e maior velocidade de processamento se iguala ao do microprocessador. O crescimento dos sistemas embarcados muito se deve a este componente (CHASE, 2018).

Na escolha de um microcontrolador Chase (2018) diz ser fundamental verificar se os recursos oferecidos são capazes de suportar o objetivo do projeto. No mercado, é possível encontrar diversas opções de microcontroladores de uma mesma "família". Para aquisição desses componentes, deve-se levar em consideração a aplicação do dispositivo, fazendo um levantamento dos recursos necessários e disponíveis (SARIK, 2010).

Por responderem como um dispositivo central, devem ser dotados de um bom desempenho para receber e analisar as informações advindas dos sensores e comandar os atuadores.

3.1.1 ARDUINO UNO

A plataforma Arduino dispõe de diversos modelos de placas. O que difere tais modelos, sobretudo são: microprocessador, memória e a disponibilidade de pinos digitais e analógicos. A plataforma foi desenvolvida com o propósito de fornecer *hardware* e *software* completos e flexíveis à um público de baixo conhecimento técnico (ARDUINO, 2021).

Para compor o desenvolvimento do *hardware* deste trabalho, optou-se pelo modelo Arduino Uno. A Figura 2 ilustra esse modelo.

Figura 2 - Arduino Uno Rev 3.



Fonte: ARDUINO

Conforme observa-se na Figura 2, o Arduino Uno possui 13 pinos digitais e 6 analógicos, uma conexão USB para gravação e um microcontrolador ATmega328.

O Arduino Uno possui autonomia para obter dados e informações dos sensores e controlar os atuadores de acordo com a programação desenvolvida e gravada em seu microprocessador (TARGA, 2019). O Arduino Uno, segundo o *site* do fabricante, pode ser descrito como:

Arduino Uno é uma placa microcontrolada baseada no ATmega328P. Possui 14 pinos de entrada/saída digital (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um ressonador de cerâmica de 16 MHz [...] uma conexão USB, um conector de alimentação, um conector ICSP e um botão de reinicialização. Ele contém tudo o que é necessário para dar suporte ao microcontrolador; simplesmente conecte-o a um computador com um cabo USB ou ligue-o com um adaptador AC-DC ou bateria para começar. Você pode mexer no seu Uno sem se preocupar muito em fazer algo errado; na pior das hipóteses, você pode substituir o chip [...] e começar de novo (ARDUINO, 2021).

A placa pode operar com alimentação externa de 6 a 20 V (Volts). Se fornecido com menos de 7 V, no entanto, o pino de 5 V pode fornecer menos de cinco volts e a placa pode se tornar instável. Se usar mais de 12 V, o regulador de tensão pode superaquecer e danificar a placa. A faixa recomendada é de 7 a 12 volts.

A Tabela 2 expõe outras informações no que diz respeito às especificações de *hardware*. São informações de pinagem, memória, dimensões, entre outros, obtidos no site da plataforma.

Tabela 2 - Especificações técnicas do Arduino Uno.

Microcontrolador	ATmega328P
Tensão (recomenda)	7-12V
Pinos de I/O digitais	14 (dos quais 6 fornecem saída PWM)
Pinos de entrada analógicos	6
Corrente DC por Pino de I/O	20mA
Memória Flash	32KB (dos quais 0,5 KB são utilizados pelo <i>bootloader</i>)
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Velocidade do Relógio	16 MHz
Comprimento	6,86 centímetros
Largura	5,34 centímetros
Peso	25 gramas

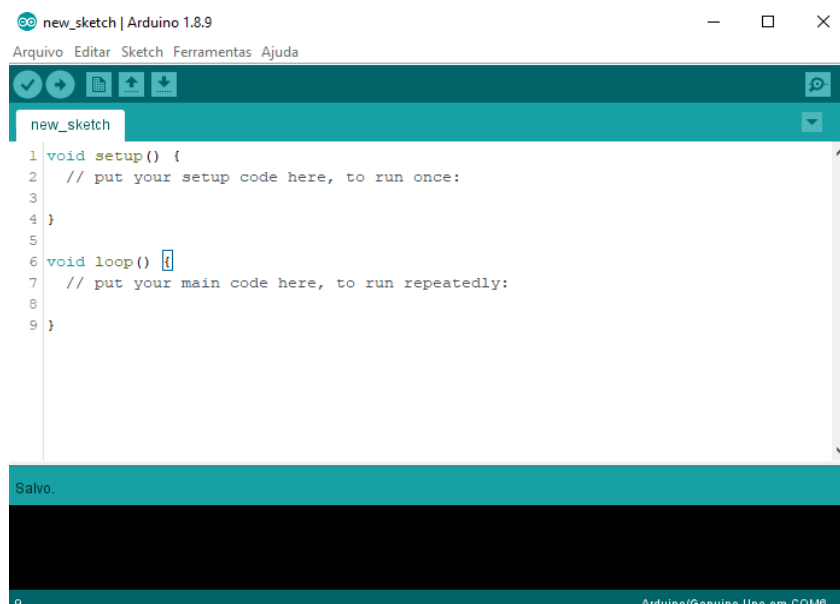
Fonte: ARDUINO

O Arduino possui uma arquitetura *open-source* (código aberto). Isto é, o material pode ser usado, copiado, estudado, modificado e redistribuído sem nenhum tipo de restrição (CAMPOS, 2006). Isso atribui muita liberdade aos estudantes e interessados da área.

A liberdade de utilizar um programa significa a liberdade para qualquer tipo de pessoa física ou jurídica utilizar o software em qualquer tipo de sistema computacional, para qualquer tipo de trabalho ou atividade, sem que seja necessário comunicar ao desenvolver ou a qualquer outra entidade em especial (CAMPOS, 2006).

A plataforma Arduino dispõe um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE), exibida na Figura 3.

Figura 3 - Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE).



Fonte: Autoria própria.

De acordo com a Figura 3, a IDE é bem simples, tornado o seu uso fácil para todos os tipos de pessoas. Ela está disponível para os seguintes sistemas operacionais: Windows, Linux e Mac OS. Nesse ambiente são escritos os códigos (*stecks*) com a finalidade de enviar para o *hardware*. Com alguns ajustes, utiliza a tradicional linguagem de programação C++ e tem como objetivo o desenvolvimento ágil de projetos de baixo custo (SOUZA, 2013). Dispõe também de documentação publicada:

O **Arduino UNO** é a melhor placa para começar com eletrônica e codificação. Se esta é sua primeira experiência mexendo na plataforma, a UNO é a prancha mais robusta com a qual você pode começar a jogar. A UNO é a placa mais usada e documentada de toda a família Arduino (ARDUINO, 2021).

3.2 SENSORES

Os sensores são dispositivos eletrônicos pertinentes em âmbitos de automação. Esses componentes são responsáveis por detectar estímulos (grandezas físicas) do ambiente designado e converter esses estímulos em informações passíveis de manipulação por sistemas computacionais (ACCARDI, 2012). Essas informações podem ser do tipo analógicas ou digitais.

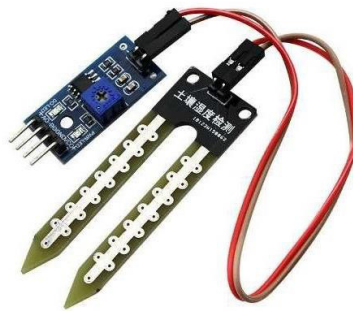
3.2.1 MÓDULO SENSOR DE UMIDADE DE SOLO FC-28

O sensor mostrado na Figura 4 foi feito para detectar as variações de umidade do solo no local onde a sonda estiver enterrada. Trata-se de um sensor cuja resistência elétrica varia de acordo com a umidade do solo. Quanto mais úmido estiver o solo, menor a resistência do sensor. Quanto mais seco, maior a resistência.

Ele é ideal para criar dispositivos de medição de umidade em jardins ou vasos. Este sensor, utiliza as duas sondas para passar corrente através do solo, e faz a leitura da resistência para obter o nível de umidade. Quanto mais água, o solo se torna mais condutor de eletricidade (menos resistência), enquanto que o solo seco conduz menos eletricidade (maior resistência) (CAMPOS, 2014).

A sonda possui duas hastes com dois contatos cada. A variação entre seco e úmido pode ser ajustado através de um potenciômetro presente no módulo que ajustará o valor a ser enviado ao microcontrolador.

Figura 4 - Sensor de Umidade de Solo FC-28.



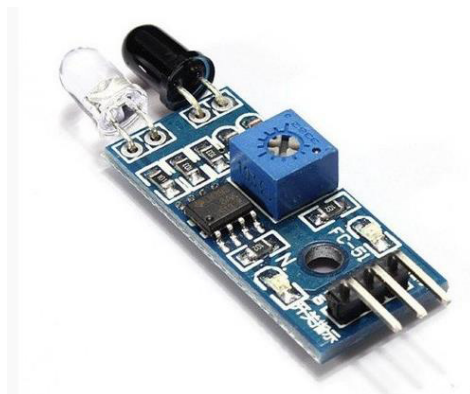
Fonte: ELETROGATE.

Para alimentação é necessário de 3,3V a 5V. A tensão do sinal de saída é entre 0V e 5V e possui como Circuito Integrado (CI) LM393.

3.2.2 MÓDULO SENSOR DE OBSTÁCULO INFRAVERMELHO

O módulo sensor de obstáculo reflexivo infravermelho (Figura 5) possui um LED emissor de infravermelho e um fotodiodo. Quando algum obstáculo/ objeto passa no ângulo de reflexão, o sensor indica tal situação colocando a saída em nível lógico baixo. Possui um potenciômetro para regulagem da distância de detecção que pode ser estabelecida entre 2 e 30 centímetros.

Figura 5 - Módulo Sensor de Obstáculo Infravermelho



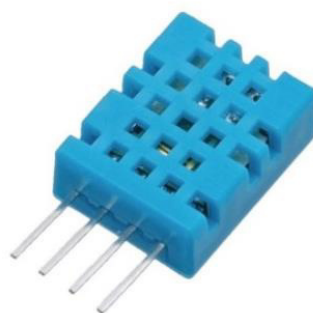
Fonte: ELETROGATE

Este componente é responsável por informar o microcontrolador quando houver algum objeto em sua proximidade. Possui um tipo de saída digital (0 ou 1). Seu ângulo de detecção é 35° e possui um CI LM393. Sua alimentação é 5V.

3.2.3 SENSOR DE UMIDADE E TEMPERATURA DHT11

O sensor *Digital Humidity and Temperature* (DHT11), exposto na Figura 6, é um sensor de temperatura e umidade de saída digital. Garante alta confiabilidade e estabilidade a longo prazo. Dentro do sensor existe um microcontrolador que realiza as medições e transmite os valores no formato digital através de um pino de saída.

Figura 6 - Sensor de Umidade e Temperatura DHT11.



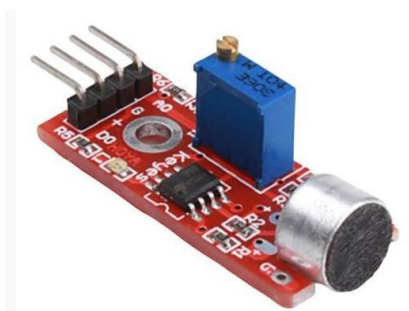
Fonte: ELETROGATE.

Para alimentação do sensor, é necessário de 3V a 5V. Contém uma faixa de mediação de umidade de 20 a 95% com precisão de $\pm 5\%$. Sua faixa de medição de temperatura varia entre 0 e 50°C com precisão de $\pm 2^\circ\text{C}$.

3.2.4 MÓDULO SENSOR DE SOM KY-037

O módulo sensor de som presente na Figura 7, tem como objetivo medir a intensidade sonora do ambiente ao seu redor, variando o estado de sua saída digital caso detectado um sinal sonoro. Possui um microfone de condensador elétrico. Sua sensibilidade pode ser ajustada através de um potenciômetro presente no módulo.

Figura 7 - Módulo Sensor de Som KY-037.



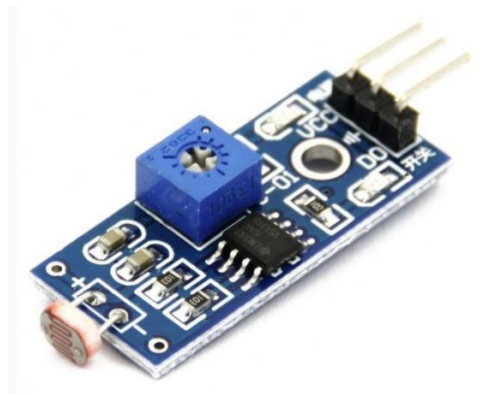
Fonte: ELETROGATE

A tensão de operação é entre 3,3 e 5V e saída de dados digital. Possui um CI LM393.

3.2.5 MÓDULO SENSOR DE LUMINOSIDADE LDR

O *Light Dependent Resistor* (LDR) ilustrado na Figura 8 é responsável por captar e enviar para o microcontrolador no que diz respeito à luminosidade do ambiente.

Figura 8 - Módulo Sensor de Luminosidade LDR.



Fonte: ELETROGATE

Opera com tensão entre 3,3V a 5V. Possui saída de dados digital ou analógica. Utiliza um CI LM393.

3.3 ATUADORES

Atuadores são encarregados de exercerem a atividade no ambiente físico. São dispositivos eletromecânicos capaz efetuar ou executar uma determinada ação ou movimento.

Um atuador pode trabalhar de forma ativa que precisa de uma constante alimentação externa como a energia ou passiva que utiliza a energia gerada pela ação da mecânica dos efetuadores em sua interação ao ambiente exposto (SOUSA, 2018).

Serão apresentados os atuadores utilizados nas próximas subseções.

3.3.1 VÁLVULA SOLENOIDE

A Figura 9 ilustra uma válvula solenoide serve para controlar o fluxo de água. Quando alimentada em 12V Corrente Direta (*Direct Current*, DC) ela permite a vazão de água, e corta o fluxo quando deixar de ser energizada. Seu funcionamento é baseado em uma bobina (solenóide) que ao ser energizada gera um campo eletromagnético responsável por movimentar o êmbolo da válvula.

Figura 9 - Válvula Solenoide.



Fonte: ELETROGATE.

Esse tipo de válvula é bem simples e ideal para sistemas automatizados que abrangem a irrigação de um determinado ambiente. Podem ser implementadas em irrigações por: gotejamento; jardins tradicionais; vasos de plantas ou canteiros com plantas sensíveis. Ou apenas controlar fluxo de água não destinado a irrigação.

3.3.2 BUZZER

A Figura 10 exibe um buzzer. É um dispositivo simples que gera ruídos sonoros quando energizados. Trabalha com diferentes frequências que geram tonalidades distintas. O buzzer é ideal para projetos de campanhas e alarmes.

Figura 10 - Buzzer



Fonte: ELETROGATE.

3.4 MÓDULO RELÉ 4 CANAIS

A Figura 11 apresenta o módulo relé com 4 canais. Cada canal representa um relé. Sendo assim, permite a integração com 4 dispositivos. O módulo permite a integração com uma ampla gama de microcontroladores, entre eles, o Arduino.

Figura 11 - Módulo Relé 4 Canais.



Fonte: ELETROGATE.

Amplamente utilizado em projetos de automação, o relé tem uma funcionalidade semelhante à um interruptor, ou seja, ligar e desligar dispositivos. Posicionado entre o microcontrolador - o qual recebe comandos - e o(s) atuador(es), são encarregados de ativar e desativar equipamentos/aparelhos eletrônicos automatizados.

3.5 MÓDULO REAL TIME CLOCK DS3231

O *Real Time Clock* (RTC) DS3231 ilustrado na Figura 12 é um relógio em tempo real de alta precisão e baixo consumo de energia. É capaz de armazenar segundos, minutos, dias do mês e da semana, mês e ano. Correções de anos bissextos e mês com 31 dias são realizadas automaticamente. Opera tanto no formato 12 horas quanto no formato 24 horas.

Figura 12 - Módulo Real Time Clock DS3231.



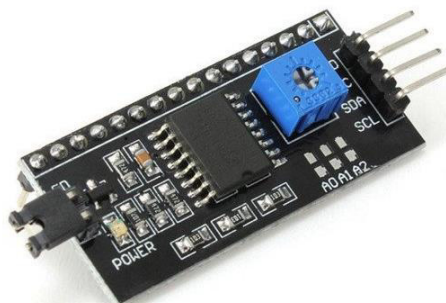
Fonte: ELETROGATE.

Comporta uma bateria que é ativada no momento que em o módulo detecta alguma variação no fornecimento de energia. Caso a queda seja constatada, nenhuma informação é perdida enquanto a bateria possuir carga. Endereço e informações são transferidos via protocolo *Inter-Integrated Circuit* (I2C).

3.6 MÓDULO DE COMUNICAÇÃO I2C

O módulo de comunicação I2C, apresentado na Figura 13, tem como objetivo reduzir a quantidade de pinos conectados ao microcontrolador ao utilizar um painel *Liquid Crystal Display* (LCD) no projeto. Esse módulo de interface I2C poderá controlar o display utilizando apenas 2 pinos. Permite também a inserção de um módulo RTC conectado entre o microcontrolador

Figura 13 - Módulo de Comunicação I2C.

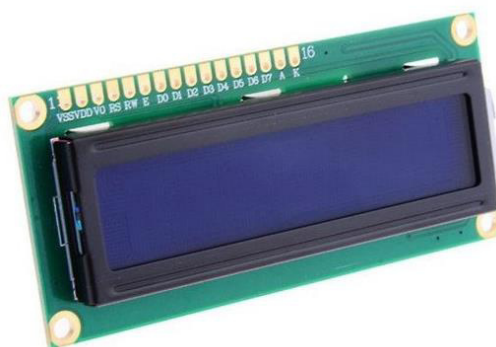


Fonte: ELETROGATE.

3.7 PAINEL LCD 16x2

O painel LCD 16x2 (Figura 14) é composto por 16 colunas e 2 linhas. Possui *backlight* (luz de fundo) azul e escrita branca. São amplamente usados em indústrias como base de interface. Ele é compatível com o código ASCII e pode exibir números, letras entre outros caracteres especiais. Possui dimensão total de 80mm X 36mm X 12mm.

Figura 14 - Painel LCD 16x2.



Fonte: ELETROGATE.

3.8 METODOLOGIA

Inicialmente foi observado em um ambiente residencial possíveis atividades domésticas passíveis de serem automatizadas. De modo a trazer benefícios, economizar recursos e facilitar o dia a dia de moradores.

Foi realizada uma pesquisa acerca do tema de modo a obter informações mais precisas e adequadas para a escolha dos componentes. Definiu-se os sistemas a serem automatizados e as especificações ideais que cada componente deveria atender.

Com bases nas informações aferidas, foram selecionados os sensores para obter informações do ambiente designado e atuadores para executar determinadas atividades.

Então, foi selecionado o microcontrolador Arduino Uno. Pois o *hardware* em questão tem bom desempenho no propósito estabelecido. Por possuir suporte as mais variadas bibliotecas, que facilitou bastante o desenvolvimento do protótipo. Na seleção dos componentes, o requisito básico foi observar o custo-benefício de cada um, visando sempre o menor valor de orçamento.

4 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção, serão apresentadas a arquitetura do sistema tanto como um todo, quanto os sistemas de forma isolada. Cada sistema foi tido como uma etapa do desenvolvimento. De forma a iniciar a etapa seguinte somente ao concluir a etapa em andamento. Nas próximas subseções serão apresentadas as funcionalidades dos componentes empregados em seus respectivos sistemas.

4.1 ARQUITETURA DO SISTEMA

A arquitetura é fundamental e exige muita concentração no processo de elaboração do projeto, pois compromete a funcionalidade do sistema. Além disso, deve atender de forma completa e efetiva a demanda estabelecida.

O presente trabalho possui uma arquitetura customizável, ou seja, o código pode ser adaptado de acordo com as exigências do usuário final. Podendo, por exemplo, ajustar o horário de irrigação conforme o ambiente a ser implementado (jardim, pequenas culturas, plantas etc.); determinar os valores de temperatura para acionar o equipamento de ventilação; ou ainda, aproveitar da mesma estrutura de *hardware* para automatizar outros dispositivos para exercer outras atividades.

O sistema conta com um painel LCD disposto a servir de interface para que o usuário acompanhe alguns dos eventos relacionados, quando ativados ou desativados. Dispõe também em tempo real informações como: data e hora, temperatura em graus Celsius (°C) e umidade em porcentagem (%).

Bibliotecas proporcionam funcionalidade extra para uso em códigos, pois tem maior abrangência e diversidade quando comprado à utilização apenas de estruturas, valores e funções. As bibliotecas a serem utilizadas devem estar instaladas na máquina (REBESCHINI, 2012). A Tabela 3 exibe as bibliotecas utilizadas no desenvolvimento do código-fonte.

Tabela 3 - Bibliotecas utilizadas no código-fonte.

BIBLIOTECA	DESCRIÇÃO
Wire.h	Permite comunicação I2C entre dispositivos
DS1307.h	Suporte para relógio em tempo real
dht.h	Utilizada para o sensor de umidade e temperatura
LiquidCrystal_I2C	Para controlar painel LCD utilizando um módulo de comunicação I2C.

Fonte: Autoria própria.

4.1.1 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

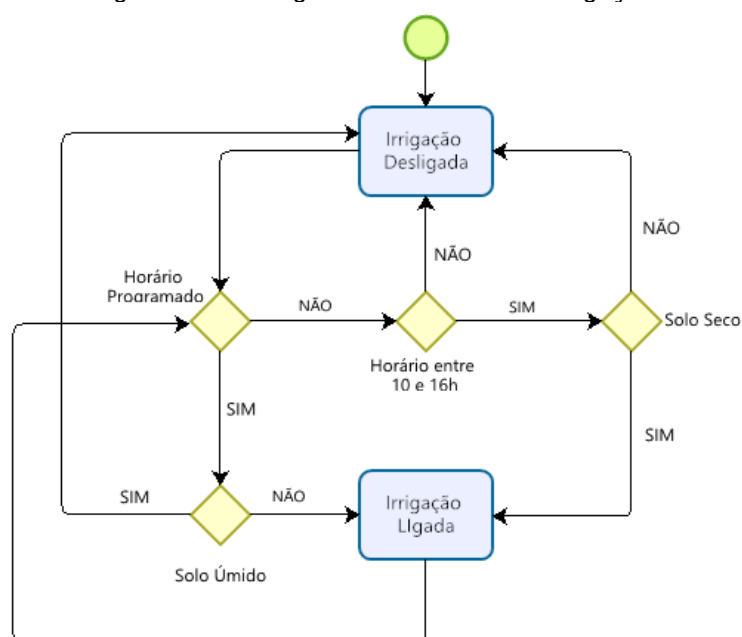
Para compor o sistema de irrigação foi aplicado um sensor a fim de monitorar as variações de umidade do solo e um módulo RTC.

No código-fonte, foi definido um horário específico no período matutino e outro no período vespertino. O microcontrolador fará leitura do horário em tempo real e caso confirme a condição de que esteja dentro do horário programado, acionará o módulo relé no respectivo pino que aciona a válvula solenoide ligando a irrigação.

Há estações do ano em que o solo fica mais seco durante o dia. Dentre o intervalo em que a irrigação não estiver em horário programado, a irrigação poderá ser ativada, caso o sensor faça baixas leituras umidade no solo. Esse evento também poderá ser acompanhado pelo painel LCD, que nesse caso, exibirá uma mensagem enfatizando que o solo está seco. Há também estações mais chuvosas fazendo com que o solo fique constantemente molhado. Sendo assim, se o sensor obtiver altos índices de umidade – mesmo que dentro do horário programado – o sistema não será acionado.

Pode-se observar o funcionamento do sistema pelo fluxograma apresentado na Figura 15.

Figura 15 - Fluxograma do Sistema de irrigação



Fonte: Autoria própria.

Esse tipo de sistema pode ser implementado em jardins, hortas ou outro tipo de cultura doméstica. Traz vantagens para o usuário final como: poder viajar e não se preocupar com a irrigação; evitar dispor de tempo no dia a dia; economia de recursos.

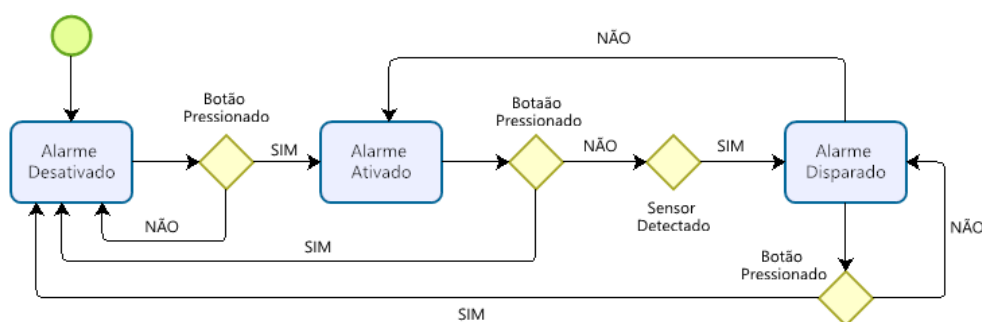
4.1.2 SISTEMA DE ALARME

O sensor infravermelho que pode detectar a intrusão de qualquer indivíduo dentro de uma determinada área de abrangência. Esse fato viabilizou que o sensor fosse empregado no sistema de alarme.

O sistema possui um *push button* como interface com o usuário. O alarme inicia desligado e um *Light Emissor Diode* (LED) vermelho indica esse estado. Ao pressionar o *push button*, o alarme será ativado e então o painel LCD exibirá uma mensagem para o usuário acompanhar. O LED vermelho desliga e o LED verde - que indica estado ativado - será ligado.

Quando o sistema de alarme se encontrar ativado e o sensor infravermelho detecte alguma presença na área de abrangência, o microcontrolador acionará o *buzzer* para disparar o alarme. O painel LCD fixará uma mensagem até que o *push button* seja pressionado novamente. Então, quando pressionado, o painel LCD mostra o evento. Nota-se o fluxograma do sistema através da Figura 16.

Figura 16 - Fluxograma do Sistema de Alarme



Fonte: Autoria própria.

Caso o sensor detecte alguma presença e o sistema de alarme não estiver ativado, não ocorrerá nenhum evento.

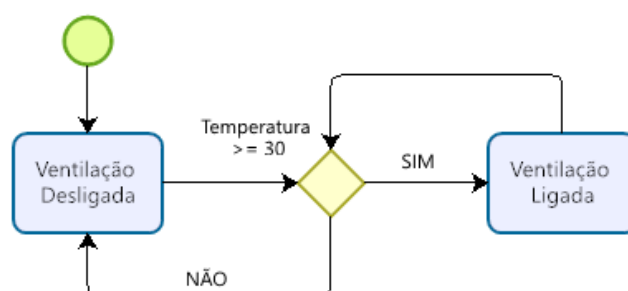
4.1.3 SISTEMA DE VENTILAÇÃO

A temperatura ambiente será verificada por um sensor DHT11. Ele é capaz de obter informações referente a temperatura e umidade do local enviando-as para o microcontrolador. Essas informações são atualizadas em tempo real pelo painel LCD.

Um determinado valor de temperatura será estabelecido no código-fonte. Durante o monitoramento do sensor, quando atingir valor igual ou superior ao valor estabelecido, o Arduino acionará o relé, que então aciona o equipamento para controle da temperatura local. Uma mensagem será exibida no painel LCD.

Conforme a temperatura abaixar e atingir um valor inferior ao valor estabelecido, o Arduino corta a alimentação do pino do relé e o sistema será desligado exibindo uma mensagem no painel LCD. A Figura 17 apresenta um fluxograma do sistema.

Figura 17 - Fluxograma do Sistema de Ventilação.



Fonte: Autoria própria.

4.1.4 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Tendo em vista que a economia de energia é um fator a ser considerado em um ambiente residencial, logo foi o tema abordado no projeto. Accardi (2012) afirma que, com a ajuda de sensores de luminosidade, pode-se configurar para que as luzes se acendam de acordo com a hora, estação do ano, entre outros.

O controle de iluminação desenvolvido à fim de ser implementado em dois ambientes distintos: interno e externo serão apresentados nas próximas subseções.

4.1.4.1 ILUMINAÇÃO INTERNA

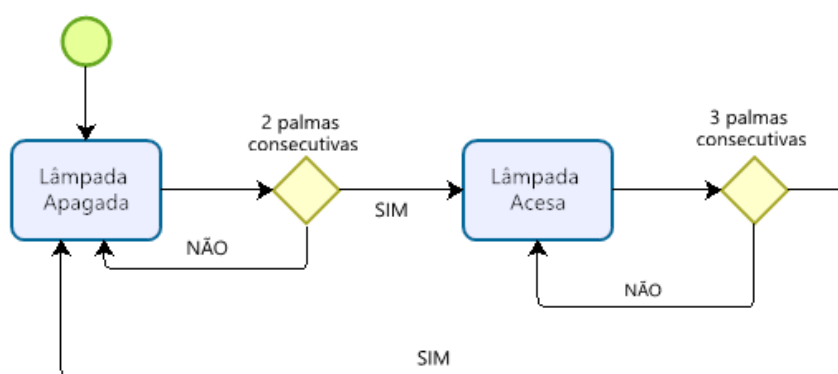
O sistema de iluminação interna contará com um sensor destinado a detectar palmas e então, enviar essa informação para o microcontrolador. O sistema inicia sempre com a lâmpada desligada.

No momento em que detecta a primeira palma, o microcontrolador inicia uma contagem esperando receber o próximo pulso. Caso receba, irá avaliar esse tempo e se atender a uma condição estabelecida no código-fonte, acionará o pino do módulo relé de modo a ligar a lâmpada. Caso não receba o segundo pulso, nada acontece.

Considerando que a condição foi atendida e a lâmpada ligada, o sensor ficará monitorando a detecção de uma palma e enviará prontamente para o microcontrolador iniciar a contagem novamente. A estrutura da condição é basicamente a mesma, porém para apagar a lâmpada, são 3 palmas.

O sensor foi calibrado adequadamente. Não necessitando de palmas fortes e nem detectando os pequenos ruídos. Na Figura 18 é possível acompanhar o fluxograma do sistema.

Figura 18 - Fluxograma do Sistema de Iluminação Interna



Fonte: Autoria própria.

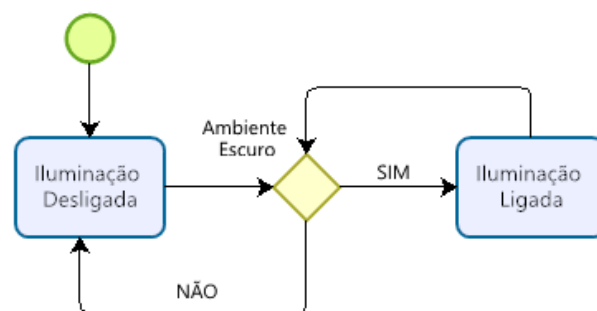
4.1.4.2 ILUMINAÇÃO EXTERNA

No ambiente externo, um módulo sensor LDR, tem a função de monitorar a luminosidade local. Ele obtém dados e os envia prontamente ao microcontrolador.

Foi realizada uma calibragem no sensor para funcionar de forma mais precisa. Essa calibragem define um ponto onde o microcontrolador difere entre “claro” ou “escuro”. O sistema começa como desligado. Quando o microcontrolador receber um valor do sensor, considerado um ambiente escuro, aciona o relé para ligar as lâmpadas de fora da casa.

Ao receber um valor considerado claro, o microcontrolador corta a alimentação do relé, que então desliga a iluminação.

Figura 19 - Fluxograma do Sistema de Iluminação Externa.



Fonte: Autoria própria.

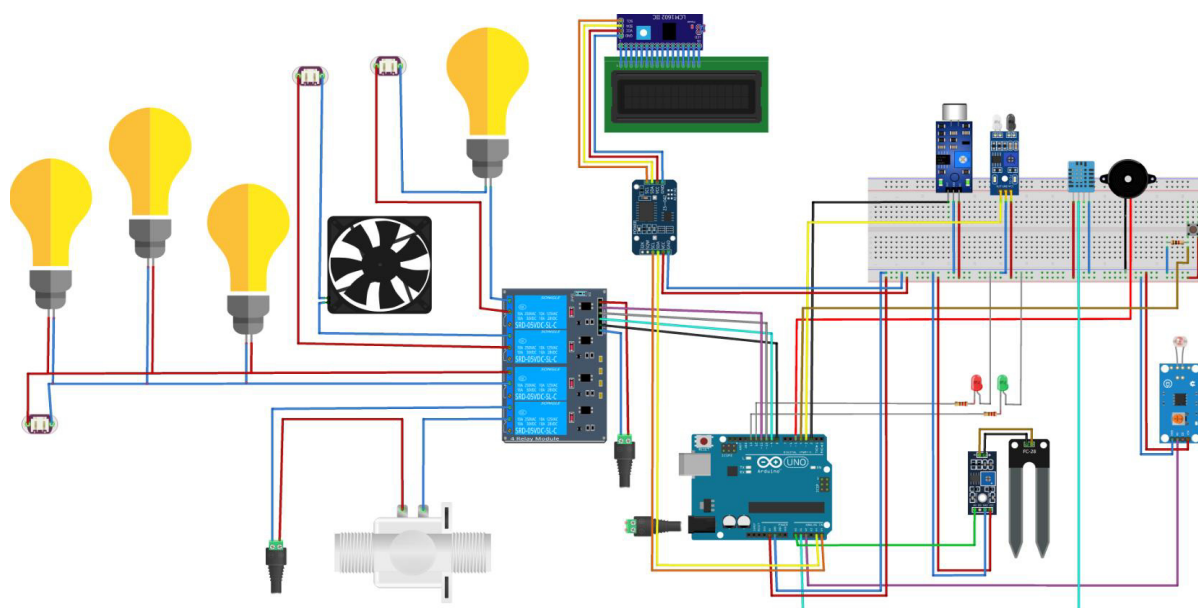
4.1.5 INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS

Por questões de segurança, todos os atuadores foram definidos para iniciar desligado. Até que seu devido sensor faça uma leitura do ambiente e envie informações para o microcontrolador.

4.1.5.1 PROTOTIPAÇÃO

A ilustração da Figura 20 equivale ao sistema proposto a ser implementado a prática, contando com todos os equipamentos finais. A ventoinha/cooler representa um ventilador. Utilizado uma fonte de 12V para o Arduino, uma de 12V para válvula solenoide e uma de 5V para o módulo relé.

Figura 20 - Protótipo do Sistema a ser implementado.



Fonte: Autoria própria.

4.2 ORÇAMENTO DO PROJETO

Os componentes foram orçados em diferentes sites e considerado o de valor mais acessível. A Tabela 4 apresenta os valores obtidos.

Tabela 4 - Orçamento do projeto.

COMPONENTE	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
Arduino Uno ATmega 328P + Cabo USB	01	74,90	74,90
Sensor de Umidade de Solo FC-28	01	9,90	9,90
Sensor de Temperatura e Umidade DHT11	01	14,90	14,90
Módulo Sensor de Luminosidade LDR	01	8,90	8,90
Módulo Sensor de Som Analógico KY-037	01	8,90	8,90
Módulo Sensor de Obstáculo Infravermelho IR	01	8,90	8,90
Módulo Real Time Clock DS3231	01	24,90	24,90
Push Button	01	0,40	0,40
Display LCD 16x2	01	18,90	18,90
Módulo Serial I2C	01	11,90	11,90
Buzzer Ativo 5V	01	3,90	3,90
Módulo Relé 4 Canais 5V	01	26,90	26,90
Válvula Solenoide de Entrada de Água 12V DC 90°	01	49,90	49,90
LED Verde 5mm	01	0,30	0,30
LED Vermelho 5mm	01	0,30	0,30
Resistores 220 Ohm 1/4W	02	0,10	0,20
Resistor 1K Ohm	01	0,10	0,10
Fonte 12V 1A	02	16,90	33,80
Fonte 5V (Módulo Relê)	01	14,90	14,90
		TOTAL (R\$)	312,80

Fonte: ELETROGATE

O orçamento pode sofrer alteração de valor devido atualizações de preço ou exigências do usuário final. Além dos fios utilizados para distribuição dos componentes no ambiente a ser implementado. Caso o usuário final solicite alguma alteração quanto a funcionalidade do sistema, o código-fonte proposto deverá ser modificado.

5 TESTES E RESULTADOS

Os testes são fundamentais pois contribuem de forma a examinar a eficiência das respostas alcançadas comparando-as com os resultados esperados. Buscando a constatação da efetividade de operação e comprovar a solução do problema proposto, foram realizados testes práticos em bancada. A princípio, cada sistema foi testado de forma isolada. Posteriormente a integração de todos eles.

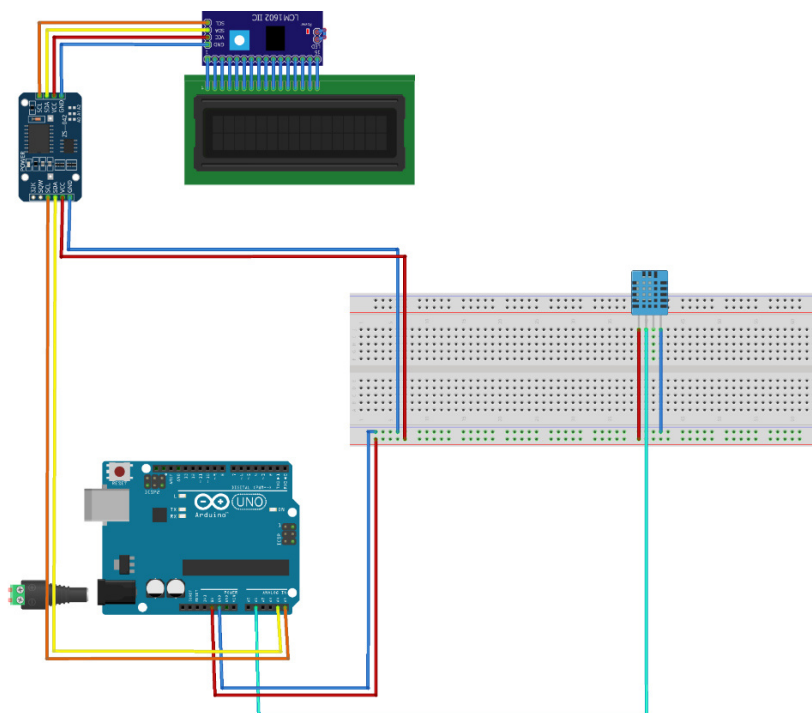
Equipamentos de ventilação - que são considerados atuadores - não foram utilizados em ambiente de teste. Apenas inspecionado o acionamento do respectivo canal do módulo relé. Assim como a válvula solenoide, em razão de suas indicações de uso estabelecerem ser acionada apenas com fluxo de água contínuo.

Quando o Arduino acionava 2 ou mais canais do módulo relé, a qualidade da mensagem exibida no painel LCD perdeu qualidade de modo a ficar pouco visível – mesmo com ajuste no potenciômetro do módulo I2C. Isso ocasionou a utilizar uma fonte de alimentação 5V dedicada ao módulo relé. A alimentação do Arduino continuou a ser uma fonte de 12V.

5.1 Experimento I – Interface Painel LCD

O primeiro teste da proposta foi realizado montando o protótipo da Figura 21 na protoboard, com a finalidade de obter informações do módulo RTC e do sensor DHT11. Por meio de uma comunicação serial entre o microcontrolador, módulo RTC e painel LCD, o intuito foi constatar a veracidade das informações obtidas do módulo RTC e sensor DHT11. Para então, acrescentar os dispositivos que dependem dessas informações nos próximos testes.

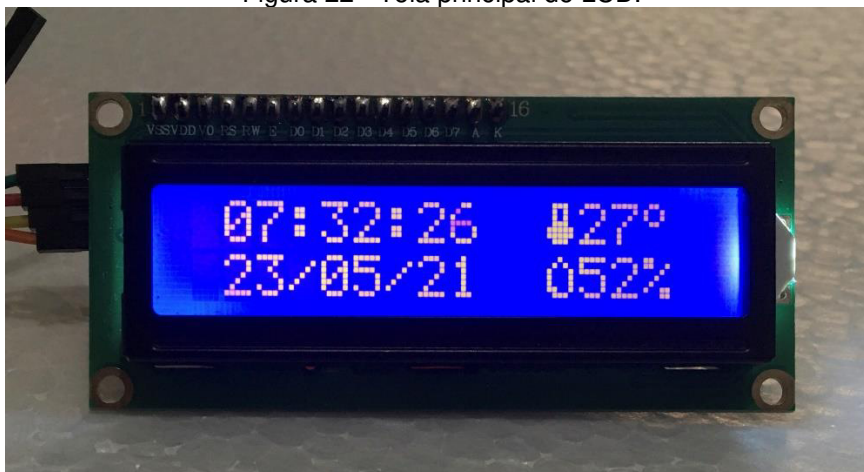
Figura 21 - Protótipo da Interface do painel LCD.



Fonte: Autoria própria.

Ao ser ligado o painel apresentou a data e hora advindas do módulo RTC e temperatura e umidade avindas do sensor DHT11, como mostra a Figura 22. As informações são atualizadas instantaneamente.

Figura 22 - Tela principal do LCD.



Fonte: Autoria própria.

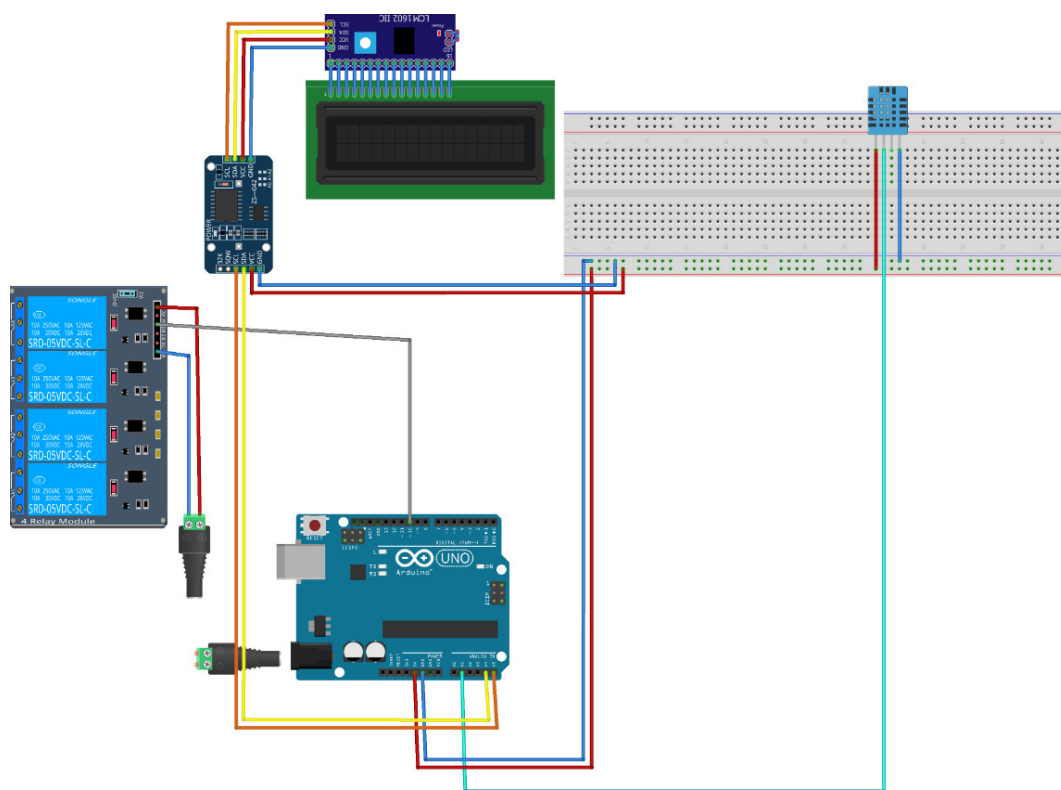
Houve um teste interrompendo a alimentação do protótipo com a intenção de verificar a continuidade das informações do módulo RTC. Os resultados foram satisfatórios ao constatar que não houve nenhuma perda de informação. A hora e data continuaram sincronizadas.

Com asserção das informações, efetuou-se o próximo experimento. Os componentes desse experimento foram mantidos para todos os outros.

5.2 Experimento II – Sistema de Ventilação.

Dependente do Experimento I, para acompanhar as informações exibidas no painel LCD e dos valores das medições pelo sensor DHT11, adicionou-se os componentes necessários para realização do teste do sistema de ventilação. Pode-se acompanhar a montagem do protótipo na Figura 23.

Figura 23 - Protótipo do Sistema de Ventilação.



Fonte: Autoria própria.

O sistema foi testado fixando um valor para a temperatura no código-fonte. Ao aquecer o sensor, notou-se que ao atingir o valor estabelecido, foi acionado o canal 3 do módulo relé

Parou-se de aquecer o sensor DHT11 e aos poucos a temperatura foi abaixando naturalmente. No momento em que atingiu um valor inferior ao valor estabelecido no código-fonte, a alimentação do canal 3 foi suspensa.

Este experimento objetivou-se de validar se o ventilador iria manter-se desligado enquanto a temperatura se manteve abaixo o valor estipulado no código-fonte e ligado quando acima. Com esse teste, averiguou-se das satisfações das condições estabelecidas. Seguiu-se ao próximo experimento.

5.3 Experimento III – Sistema de Irrigação

A depender também o Experimento I, pois são necessárias as informações do módulo RTC, além de exibir suas ações no painel LCD. O sistema foi montado conforme a Figura 24.

Sempre que o sistema de irrigação for considerado desligado, o LED vermelho fica ligado e o LED verde, desligado. No momento em que a irrigação é considerada ligada, seus estados são invertidos para: LED vermelho desligado e LED verde ligado.

Teste 1:

A fim de desligar a irrigação, o relógio foi sincronizado próximo ao horário de encerramento. O acionamento do canal 1 do módulo relé foi interrompido.

42

Teste 2:

No teste por umidade de solo, foi configurado o relógio dentro do intervalo entre os períodos programados. Sempre que a sonda do sensor estava fora um recipiente úmido, o canal 1 do módulo relé era acionado a fim de ligar a irrigação.

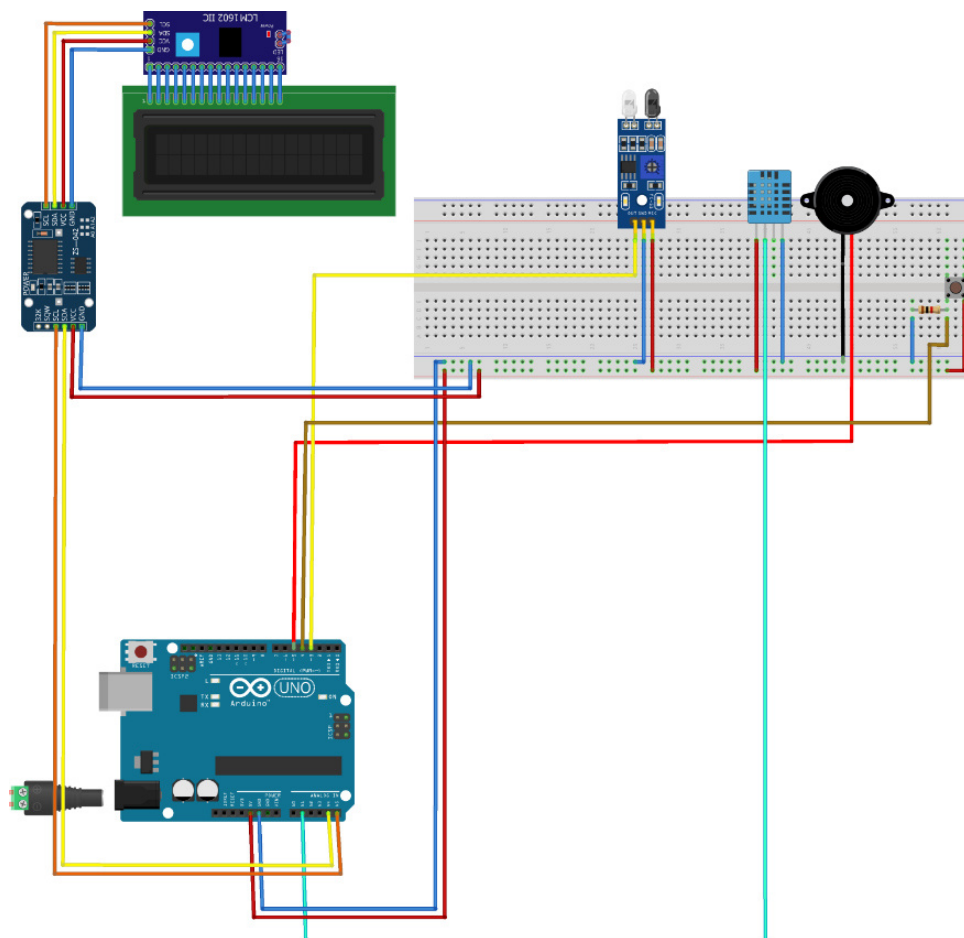
Sempre que introduzido no recipiente molhado, a alimentação do canal 1 era interrompida com a finalidade de desligar a irrigação.

Os experimentos realizados corresponderam ao que se esperava e que foi determinado no fluxograma da Figura 15. Mantendo o acionamento do canal 1 do relé, a fim de ligar a irrigação, somente com a condição de solo seco.

5.4 Experimento IV – Sistema de Alarme

Também dependente do Experimento I, pois o painel LCD serve de interface para o usuário acompanhar o estado do alarme. Pode-se acompanhar a montagem do sistema de alarme pela Figura 25.

Figura 25 - Protótipo do Sistema de Alarme.



Fonte: Autoria própria.

Como o alarme é programado para iniciar sempre desligado, primeiro teste foi aproximar do sensor infravermelho e verificar a ação do buzzer. O alarme não foi disparado.

Ao pressionar o *push button* para ativar o alarme, acompanhou-se ação pelo painel LCD. Então um objeto foi aproximado do sensor infravermelho e no momento que detectado sua proximidade, o *buzzer* disparou.

O alarme manteve disparado até que o *push button* fosse pressionado. Então, ao pressionar, o *buzzer* foi silenciado e o alarme desativado.

O objeto foi novamente aproximado do sensor, mas não houve disparo do *buzzer*. Esses testes constataram a coerência dentro que foi estabelecido e apresentado no fluxograma da Figura 16.

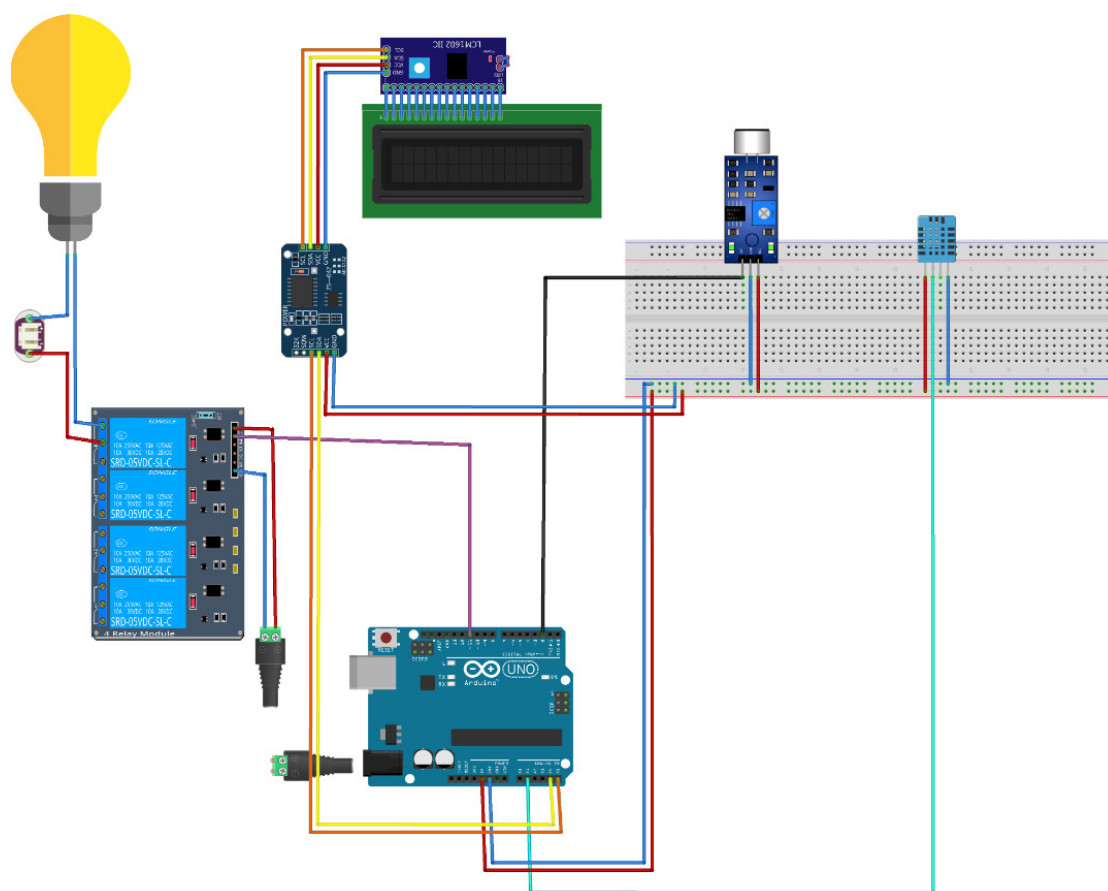
5.5 Sistema de Iluminação

Como a proposta do sistema de iluminação foi dividida em dois ambientes distintos, os testes foram realizados de acordo com a objetivo de cada um. Serão apresentados nas próximas subseções.

5.5.1 Experimento V – Sistema de Iluminação Interna

O sistema para iluminação interna foi montado conforme mostra a Figura 26.

Figura 26 - Protótipo do Sistema de Iluminação Interna.



Fonte: Autoria própria.

Como o sistema inicia desligado bateu-se uma palma próximo ao sensor, e depois de um tempo, outra palma. Nada aconteceu pois o microcontrolador considerou um longo intervalo de tempo. Bateu-se novamente uma palma, e outra em seguida. A lâmpada foi acesa.

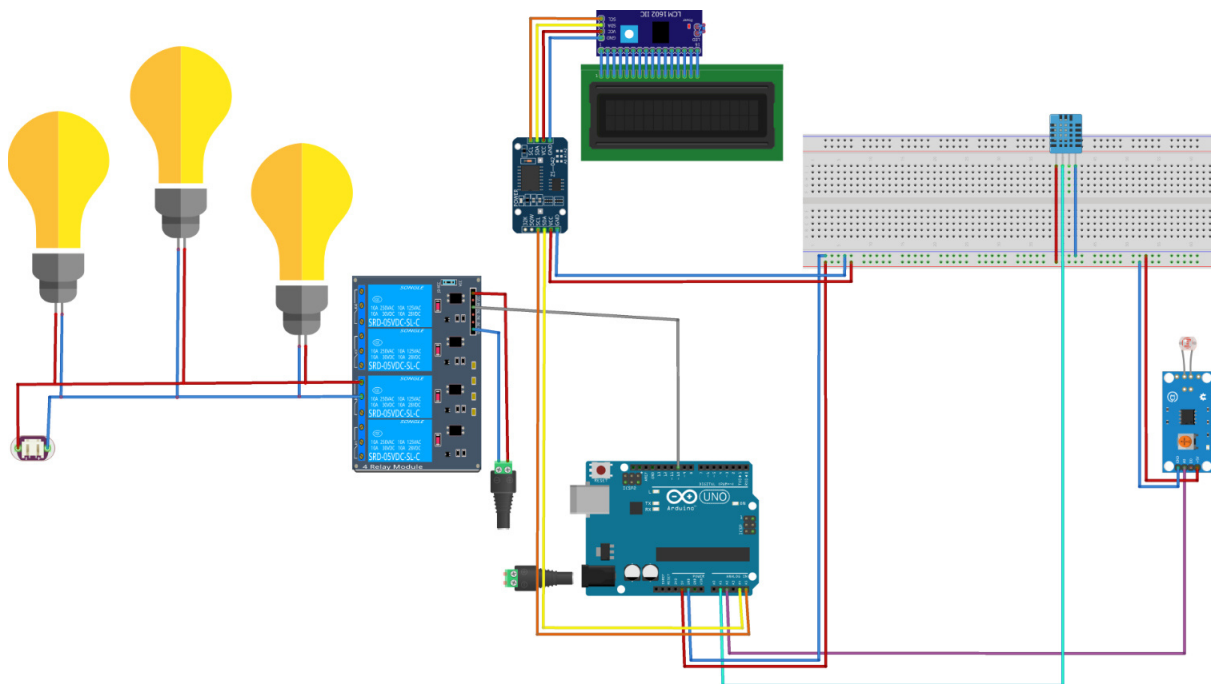
Na tentativa de apagar a lâmpada, bateu-se 2 palmas em seguida e nada aconteceu. Foi aguardado um tempo considerado e então, 3 palmas em seguida. A lâmpada foi desligada.

Dessa forma, certificou da coerência estabelecida no desenvolvimento do código-fonte. Sendo duas palmas para acionar e três palmas para desligar a lâmpada.

5.5.2 Experimento VI – Sistema de Iluminação Externa

O protótipo da Figura 27 foi projetado na protoboard.

Figura 27 - Protótipo do Sistema de Iluminação Externa.



Fonte: Autoria própria.

Esse sistema foi testado durante a noite. Ao apagar a luz local, o sensor prontamente detectava o ambiente escuro e enviou a informação ao microcontrolador que instantaneamente ativou o módulo relé ligando a lâmpada.

Para testar o contrário, bastou-se que ligasse a lâmpada local. O sistema manteve o desempenho no envio de informações e a lâmpada foi desligada instantaneamente.

5.6 Experimento VII – Integração dos sistemas

A Figura 28 exhibe a integração de todos os sistemas. Esse teste foi realizado em conjunto para certificar que o acionamento de um sistema não interfere no desempenho de outro.

Os sistemas, de forma geral, foram testados dentre todas as combinações possíveis para constatar coerência dentre o que foi estabelecido na proposta. Os resultados obtidos nos experimentos foram equivalentes aos resultados esperados.

Fonte: Autoria própria.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou a elaboração de um protótipo para um sistema de automação residencial visando o baixo custo e facilidade de implementação. O objetivo da automação residencial é executar totalmente ou parcialmente as atividades domésticas. Obteve êxito nos testes isolados de cada de cada sistema e também na integração de todos eles.

Os experimentos efetuados em bancada demonstram que o Arduino tem boa interação com sensores. Bem como sua eficiência para ser utilizado como microcontrolador em sistemas de Automação Residencial. O sistema apresentou pleno funcionamento e bom desempenho dentro da arquitetura estabelecida.

Conclui-se que é possível automatizar certas atividades em uma residência de maneira econômica, utilizando microcontroladores como o Arduino Uno. Evitando a necessidade intervenção humana em determinadas atividades domésticas e rotineiras. Resultando de modo a contribuir no cotidiano das pessoas portadoras de deficiência física.

Como trabalhos futuros sugere-se a automação de outras tarefas. Além disso, a integração com assistentes inteligentes, como Alexa. Também se sugere a implementação de um aplicativo para dispositivos móveis com o intuito de controle via internet.

REFERÊNCIAS

- ACCARDI, Adonis; DODONOV, Eugeni. **Automação residencial: elementos básicos, arquiteturas, setores, aplicações e protocolos**. Revista TIS, v. 1, n. 2, 2012.
- AGUIRRE, Luis antonio. **Enciclopédia de Automática: Controle & Automação**. São Paulo; Blucher, 2007. V.1.
- ARDUINO. **arduino.cc**. 2021. Disponível em: <www.arduino.cc>. Acesso em 03/04/2021.
- AURESIDE. **aureside.org.br**. 2020. Disponível em: <www.aureside.com.br>. Acesso em 17/04/2021.
- CABRAL, Michel Madson Alves; DE SIQUEIRA CAMPOS, Antonio Luiz Pereira. **Sistemas de automação residencial de baixo custo: uma realidade possível**. HOLOS, v. 3, p. 26-32, 2008.
- CAMPOS, Augusto. **O que é software livre**. BR-Linux. Florianópolis, março de, 2006.
- CAMPOS, Roberto Augusto Freitas. **Automação residencial utilizando Arduino e aplicação WEB**. 2014.
- CHASE, Otávio. **Sistemas Embarcados**. 2007. 2018.
- ELETROGATE. **eletrogate.com**. 2021. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/>. Acesso em 21/03/2021.
- FREITAS, Cláudio César Silva et al. **Automação residencial: cenário atual e perspectivas futuras**. Revista Ciência e Tecnologia, v. 15, n. 26, 2012.
- KATRE, Sharda R.; ROJATKAR, Dinesh V. **Home automation: past, present and future**. International Research Journal of Engineering and Technology (4: 10), p. 343-346, 2017.
- KINDERMANN, Lucas de Mello; DOS SANTOS, Everton Luiz Ferret. **Sistema de Acionamento Automático de Dispositivos ou Aparelhos Eletro-Eletrônicos Microcontrolados**. Revista Ilha Digital, v. 2, p. 55-68, 2011.
- MARCHESAN, Marcelo. **Sistema de monitoramento residencial utilizando a plataforma arduino**. Santa Maria, p. 17-19, 2012.
- MARTINS, N. A. **Sistemas Microcontrolados: Uma Abordagem com o Microcontrolador PIC 16F84**. São Paulo: Novatec, 2005.
- MARTINS REBESCHINI, Sauro. **Sistema de segurança por câmeras e sensores controlados por dispositivo remoto**. 2012. 58p. Trabalho de Conclusão de Curso Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA/Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis - IMESA, São Paulo, Assis, 2012.
- PEREIRA, Luiz Antônio de Moraes. **Automação Residencial: rumo a um futuro pleno de novas soluções**. In: VII Congresso Internacional de Automação, Sistemas e Instrumentação-Sao Paulo. 2007.
- ROSSO, Ítalo César Rodrigues; DA SILVA, Enilza Rosas; DA ROCHA, Cristofe Coelho Lopes. **AUTOMATIZANDO ACESSIBILIDADE**. Fórum de Integração Ensino, Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica do IFRR-e-ISSN 2447-1208, v. 3, n. 3, 2016.
- SARIK, John; KYMISSIS, Ioannis. **Lab kits using the Arduino prototyping platform**. In: 2010 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). IEEE, 2010. p. T3C-1-T3C-5.
- SILVA, Mauricio César; GAMBARATO, Vivian Toledo Santos. **Domótica e tecnologias utilizadas na automação residencial**. Tekhne e Logos, v. 7, n. 2, p. 56-67, 2016.

SOUSA, Leandro Magno Gomides de et al. **Modelagem e compensação de erro de sensores e atuadores baseados em arduino**. 2018.

TARGA, Marcelo Santos; SILVA, Marcos Cleve; CEZAR, Vicente Rodolfo Santos. **Uso de microcontrolador Arduino para a determinação da permeabilidade do solo**. Revista Técnica Ciências Ambientais, v. 1, n. 1, p. 1-14, 2019.

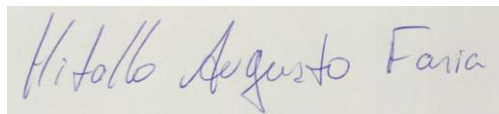
**ANEXO I
APÊNDICE ao TCC**

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O estudante Hítallo Augusto Faria do Curso de Engenharia de Computação, matrícula 2013.2.0033.0027-0, telefone (62) 98559-0729, e-mail hitalloaugusto@gmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Automação Residencial: Uma Proposta Simples e de Baixo Custo, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros), específicos da área para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 08 de junho de 2021

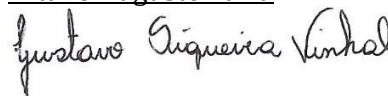
Assinatura do autor:



Nome completo do autor:

Hítallo Augusto Faria

Assinatura do professor – orientador:



Nome completo do professor – orientador:

Gustavo Siqueira Vinhal