

Melhoria da eficiência energética de condicionadores de ar utilizando sistemas embarcados

Improving the energy efficiency of air conditioners using embedded systems

DOI:10.34117/bjdv7n9-072

Recebimento dos originais: 07/08/2021

Aceitação para publicação: 06/09/2021

Diogo Moreira Rufino

Tecnólogo em Mecatrônica Industrial

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Sobral

Av. Doutor Guarani, 317, Derby Clube, Sobral - CE

E-mail: rufino.diogo93@gmail.com

Renan Corrêa Basoni

Mestre em Engenharia Elétrica

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense - Campus Videira

Rodovia SC 135, km 125, S/n - Campo Experimental - Videira - SC

E-mail: renan.basoni@ifce.edu.br

Rigoberto Luis Silva Sousa

Mestre em Engenharia Elétrica

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Pecém

Complexo Industrial e Portuário do Pecém Highway, CE-422 - Caucaia - CE

E-mail: rigoberto.sousa@ifce.edu.br

Rafael Vitor e Silva

Mestre em Engenharia Elétrica e Computação

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Sobral

Av. Doutor Guarani, 317, Derby Clube - Sobral - CE

E-mail: rafael@ifce.edu.br

Rodolfo de Souza Zanuto

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Sobral

Av. Doutor Guarani, 317, Derby Clube, Sobral - CE

E-mail: rodolfo.zanuto@ifce.edu.br

RESUMO

Este trabalho propõe um sistema embarcado que poderá ser fixado nas salas de aulas para acionar os condicionadores de ar do IFCE Campus Sobral, porque nesses ambientes é muito comum a inexistência de um controle remoto e com isso o professor precisa procurar o controle remoto antes da aula começar. Outra realidade é que em muitas escolas o professor ao terminar seu trabalho, se retira da sala de aula sem desligar o condicionador de ar, porque simplesmente a sala de aula não possui um controle remoto, sendo assim o condicionador de ar só é desligado posteriormente, geralmente por funcionários da limpeza, segurança e outros, porque somente estes possuem o controle

remoto. Este fato faz com que eletricidade seja desperdiçada, assim, o foco deste trabalho é minimizar os desperdícios com energia elétrica causados pelo uso indevido dos condicionadores de ar. Após a conclusão do sistema embarcado proposto foram realizados diversos testes que comprovaram o seu funcionamento, acionando com eficiência os condicionadores de ar do IFCE Campus Sobral.

Palavras chaves: Sistemas Embarcados, Infravermelho, Condicionadores de Ar.

ABSTRACT

This work proposes an embedded system that can be fixed in the classrooms to activate the air conditioners of the IFCE Campus Sobral, because in these environments it is very common the absence of a remote control and with this the teacher needs to look for the remote control before the class starts. Another reality is that in many schools the teacher when finishing his work, leaves the classroom without turning off the air conditioner, because the classroom simply does not have a remote control, so the air conditioner is only turned off later, usually by cleaning staff, security and others, because only they have the remote control. This fact causes electricity to be wasted, so the focus of this work is to minimize the waste of electricity caused by the improper use of air conditioners. After the completion of the proposed embedded system, several tests were performed to prove its operation, efficiently activating the air conditioners of the IFCE Sobral Campus.

Key-words: Embedded Systems, Infrared, Air Conditioners.

1 INTRODUÇÃO

O IFCE Campus Sobral, local no qual foram feitos as coletas e os testes nos condicionadores de ar, possui 135 aparelhos. Um condicionador de ar de 15.000 btus, se permanecer ligado 6 h por dia, durante 22 dias, à R\$ 0,77 por kWh, irá consumir, em reais, um valor de aproximadamente R\$ 270,00. Por este motivo é muito importante o desenvolvimento de projetos que possam minimizar o consumo de energia elétrica através do não desperdício. Considerando um ambiente com 135 condicionadores de ar, todo minuto ligado sem necessidade conta.

O aumento do consumo de energia elétrica, faz com que a cada dia se busque alternativas para reduzir o consumo de energia. O consumo de energia elétrica no país aumentou 1,1% no ano de 2018, totalizando 467.161 GWh (OLIVEIRA, 2018). Por isso, a busca por novas ideias que reduzam o consumo de energia elétrica envolvendo a automação está crescendo cada vez mais. A maioria dos projetos de automação para este fim possuem microcontroladores operando num sistema embarcado que pode ser automático ou semiautomático.

A proposta desse projeto é a construção de um sistema embarcado que possibilite a diminuição do desperdício de energia elétrica proveniente dos condicionadores de ar,

para isso, o protótipo desenvolvido tem a capacidade de reproduzir os códigos de infravermelho mais importantes do controle remoto dos condicionadores de ar.

O sistema embarcado desenvolvido tem como vantagens:

1. Capacidade de reproduzir os principais comandos do controle remoto dos condicionadores de ar de diversos fabricantes;
2. Sempre contar com um sistema embarcado para acionar o condicionador de ar, porque o mesmo permanecerá fixado na parede, por este motivo, sem a possibilidade de sumir, como acontece rotineiramente com o controle remoto;
3. Dispensabilidade do uso de pilhas, uma vez que o sistema embarcado poderá ser alimentado pela rede elétrica;
4. Impossibilidade de o sistema embarcado proposto cair e quebrar durante o manuseio, como eventualmente ocorre com o controle remoto, uma vez que o mesmo será fixado na parede próximo ao condicionador de ar.
5. Uma vez danificado, se o controle remoto pertencer a uma Instituição Pública, torna-se muito morosa a compra de um novo controle remoto, uma vez que será necessário efetuar licitações, assim, a aquisição de um novo controle remoto envolverá determinada burocracia, conseqüentemente determinado tempo para uma nova aquisição;
6. O desenvolvimento de um sistema embarcado funcional de menor custo possível e duradouro com o objetivo de impossibilitar que ocorra o desperdício de energia elétrica pelo uso indevido e/ou pela falta de um controle remoto;
7. Inexistência de conexão física entre o sistema embarcado e o condicionador de ar, este fato se torna importante porque mantém a garantia dos condicionadores de ar, assim, o sistema embarcado é do tipo não invasivo.

2 DESENVOLVIMENTO

O estudo e desenvolvimento do projeto foi realizado no Laboratório de Eletrônica 2 do IFCE Campus Sobral e o sistema embarcado foi testado em diversos condicionadores de ar do campus.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Atualmente o IFCE Campus Sobral possui 135 condicionadores de ar que variam na faixa de 15000 a 18000 BTUs. Durante o horário de funcionamento do Instituto (7:30 às 22:00 horas), alguns aparelhos ficam os três períodos do dia (manhã, tarde e noite) integralmente ligados, outros ficam ligados durante dois períodos e por fim os demais ficam ligados em apenas um período do dia, dessa maneira, os aparelhos que ficam ligados pela manhã, tarde e noite ficam energizados por aproximadamente 14 horas e 30 minutos.

O BTU indica a potência térmica ou a capacidade de resfriamento do condicionador de ar. A Tabela 1 mostra a relação BTU/Watts.

Tabela 1 – Relação entre BTU e Watts

BTUs	Watts
7500	1000
10000	1350
12000	1450
15000	2000
18000	2100

Fonte: Dufrio (2020)

A partir da Equação 1 é possível determinar o consumo dos condicionadores de ar em tempo ocioso.

$$\text{Consumo} = W \cdot \text{dias} \cdot \text{tempo(h)}/1000 \quad (1)$$

Para calcular o desperdício de energia elétrica, considerou-se os seguintes pontos:

W: A potência dos condicionadores de ar foi definida em 15000 BTU (2 kW), pois a maioria dos condicionadores de ar analisados tinham esse valor como característica;

Dias: A quantidade de dias do mês foi definida em 22 dias (dias úteis);

Tempo(h): As horas diárias de funcionamento de cada um dos condicionadores de ar sem pessoas na área refrigerada (desperdício).

Sabendo que cada aparelho pode ser utilizado em momentos diferentes, foi preciso considerar uma média de uso diário de 6 horas para cada um, também, considerou-se que os aparelhos fossem utilizados sem pessoas na área refrigerada por 1% desse tempo, totalizando 3,6 minutos por aparelho.

A partir dos dados considerados acima, calculou-se o consumo através da Equação 2:

$$\text{Consumo} = 2000 \cdot 22 \cdot 6 \cdot 0,01/1000 = 2,64\text{kWh/mês} \quad (2)$$

Na Equação 3 multiplicou-se o consumo médio de energia elétrica em kWh/mês de cada condicionador de ar, pelo número de condicionadores de ar pertencentes ao IFCE Campus Sobral como também pela tarifa de energia elétrica do estado do Ceará, que custa em torno de R\$ 0,77 o kWh.

$$\text{Valor} = 2,64 \cdot 135 \cdot 0,77 = \text{R\$ } 274,43 \quad (3)$$

Com os dados considerados, calculou-se um desperdício mensal de R\$ 274,43.

Tais dados comprovaram a necessidade de uma solução para tal desperdício, uma solução eficaz, barata e segura. A Tabela 2 exhibe as informações sobre o preço médio dos componentes utilizados para a confecção do protótipo proposto.

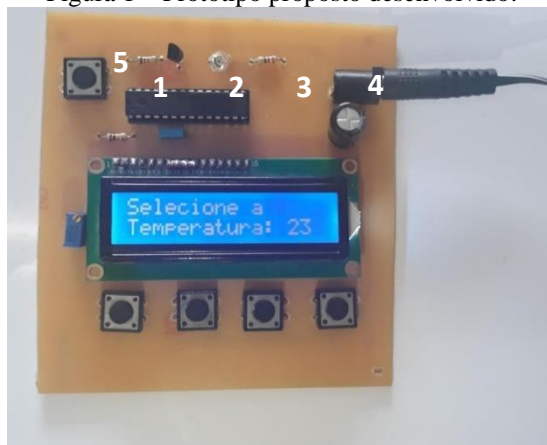
Tabela 2 – Valores dos componentes eletroeletrônicos utilizados

Componentes	Quantidade	Valor
Display LCD (16x2)	1	R\$ 19,90
Microcontrolador ATmega328p	1	R\$ 19,90
Push Button (5x)	5	R\$ 1,20
Trimpot	1	R\$ 2,90
Transistor BC337(NPN)	1	R\$ 0,40
Resistores (3x)	3	R\$ 0,30
LED-IR	1	R\$ 0,50
Capacitor Eletrolítico	1	R\$ 0,50
Conector power-jack	1	R\$ 0,70
Placa de fenolite 15x15 cm	1	R\$ 9,40
Total	16	R\$ 55,70

Fonte: próprio autor, 2020

Através da Figura 1 é possível visualizar o protótipo proposto e a legenda que foi utilizada para definir qual operação que cada botão realiza.

Figura 1 – Protótipo proposto desenvolvido.



Fonte: Produção do próprio autor (2019)

Por default a mensagem inicial do sistema proposto é: “Selecione a Temperatura: 23”. Entretanto, vale ressaltar que no protótipo foi utilizada a memória EEPROM do Atmega328p para memorizar o último valor de temperatura selecionado pelo usuário, por este motivo, sempre que o sistema for reiniciado (desligado e religado) a última temperatura utilizada será a exibida no display, porém, caso o sistema seja resetado, através do botão 5, o sistema volta a exibir a mensagem default. A Tabela 3 exemplifica a função de cada botão.

Tabela 3 – Funções dos botões

Botão	Função
1	Aumenta a Temperatura
2	Diminui a Temperatura
3	Liga/Desliga
4	Créditos
5	Reset do microcontrolador

Fonte: próprio autor, 2020

3.1 RECEPÇÃO DOS DADOS DOS CONDICIONADORES DE AR

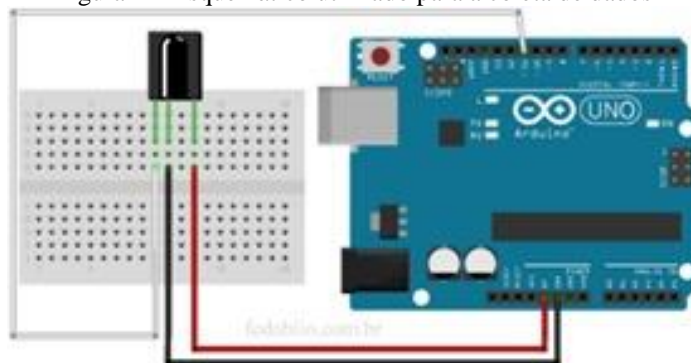
No desenvolvimento do protótipo, considerou-se os códigos mais importantes aqueles relacionados a variação da temperatura e os códigos responsáveis por ligar e desligar. Afim de definir o range de temperatura no protótipo, realizou-se uma consulta nas normas regulamentadoras para verificar quais seriam as temperaturas que

obrigatoriamente deveriam ficar disponíveis no sistema embarcado. Foi definido uma variação entre 20°C e 26°C. Pois esses valores estão dentro dos estabelecidos pela NR17 e pela ISO 9241.

Segundo a NR17, do Ministério do Trabalho, a temperatura do ambiente de trabalho onde são executadas atividades intelectuais como nos laboratórios, escritórios, sala de desenvolvimento e projetos deve ficar entre 20 e 23 graus centígrados, com umidade relativa não inferior a 40%. Outra norma, a ISO 9241, estabelece que o ideal é manter a temperatura entre 20 e 24 graus no verão e 23 e 26 no inverno, com umidade relativa entre 40% e 80% (GARBOSSA, SARMENTO, 2017).

Após a definição do range de temperatura, o primeiro passo do projeto foi a coleta de dados dos controles remotos dos condicionadores de ar. Para realizar a coleta foi utilizado um circuito composto por um Arduino e um receptor infravermelho. A Figura 2 mostra o esquemático utilizado para a coleta de dados.

Figura 2 – Esquemático utilizado para a coleta de dados

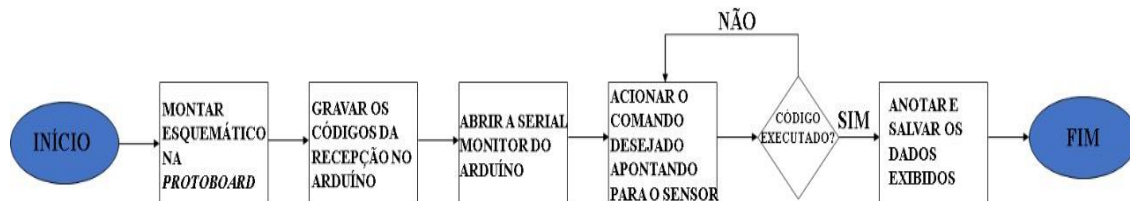


Fonte: próprio autor, 2020

A coleta de dados é feita igualmente para todos os condicionadores de ar, independentemente do fabricante. Na coleta de dados definiu-se como operações importantes: ligar/desligar e aumentar e diminuir a temperatura, demais parâmetros foram desconsiderados.

O fluxograma, mostrado na Figura 3, exemplifica os passos necessários para capturar os dados emitidos pelos controles remotos dos condicionadores de ar. Desde a montagem do circuito até a captura dos dados através do receptor infravermelho, indicado como sensor no fluxograma.

Figura 3 – Fluxograma do código para coleta de dados



Fonte: próprio autor, 2020

A Tabela 4 mostra o fabricante de cada condicionador de ar presente no IFCE Campus Sobral, a quantidade de posições necessárias em um vetor para o armazenamento dos dados e onde estão dispostos os aparelhos.

Tabela 4 – Fabricantes dos condicionadores de ar, tamanho do frame de dados e local.

Fabricante	Nº de posições do vetor	Local
Carrier	199	Gabinete do professor Rafael Vitor e Silva
Consul	239	Alojamento (Quarto 1)
Electrolux	139	Sala de reuniões do alojamento
Elgin	211	Biblioteca (Sala de estudo individual)
Hitachi (Modelo 1)	227	Biblioteca (Área_principal)
Hitachi (Modelo 2)	91	Biblioteca (Sala_coletiva)
Hitachi (Modelo 3)	531	Biblioteca (Sala_individual)
Springer	199	Biblioteca (Recepção)
Panasonic	439	Coordenação (Indústria)
LG	59	Recepção
Fujitsu	115	Lab. Eletrônica 2
Samsung	347	Bloco Didático (Sala 3)

Fonte: próprio autor, 2020

Analisando a Tabela 4, pode-se visualizar que os três condicionadores de ar da Hitachi apresentaram pacotes de dados diferentes, ou seja, o controle do condicionador de ar da Hitachi modelo 1 não aciona os condicionadores de ar da Hitachi modelos 2 e 3 e sucessivamente. Além disso, dentre todos os condicionadores de ar apresentados na Tabela 4, o condicionador de ar da Hitachi modelo 3 foi o que apresentou o maior pacote de dados, necessitando de um vetor de 531 posições. Já o condicionador de ar da LG apresentou o menor pacote de dados dentre todos os fabricantes listados na Tabela 4, para o condicionador de ar da LG foi necessário um vetor com 59 posições.

A Tabela 5 exibe todos os frames de dados coletados para o condicionador de ar da LG. Analisando a Tabela 5, pode-se visualizar a grande quantidade de dados que foi necessário coletar, para este projeto optou-se por coletar o comando de desligar e os comandos correspondes as temperaturas de 20°C a 26°C.

Tabela 5 – Frame de Dados coletado do condicionador de ar da LG

Função	Frame de Dados
Desliga	8460, 4216, 588, 1660, 592, 536, 564, 560, 564, 536, 592, 1636, 588, 536, 592, 532, 568, 560, 564, 1652, 572, 1648, 604, 536, 564, 564, 564, 536, 592, 532, 564, 564, 564, 536, 592, 532, 568, 560, 564, 536, 592, 532, 568, 560, 564, 1660, 564, 564, 564, 1660, 564, 564, 536, 588, 536, 564, 1664, 588
20°C	3268, 9856, 500, 1564, 524, 532, 504, 532, 500, 532, 500, 1596, 472, 520, 524, 532, 500, 532, 500, 536, 500, 536, 496, 536, 496, 540, 496, 536, 496, 540, 496, 536, 496, 520, 524, 536, 496, 1600, 472, 540, 500, 1604, 472, 520, 520, 1604, 472, 532, 500, 536, 500, 1604, 472, 532, 500, 536, 500, 1564, 520
21°C	3316, 9856, 500, 1564, 524, 532, 500, 536, 500, 532, 500, 1624, 468, 520, 524, 532, 500, 536, 496, 536, 500, 536, 496, 536, 500, 544, 496, 536, 500, 536, 496, 536, 500, 544, 496, 544, 496, 1600, 472, 1596, 472, 540, 500, 520, 520, 1556, 520, 544, 500, 532, 500, 1596, 472, 540, 500, 1608, 468, 520, 524
22°C	3268, 9856, 504, 1564, 520, 532, 504, 532, 500, 532, 504, 1616, 472, 520, 524, 532, 504, 528, 504, 532, 504, 532, 500, 532, 500, 544, 496, 536, 500, 536, 496, 536, 500, 544, 496, 544, 500, 1592, 476, 1592, 476, 1616, 476, 536, 504, 1592, 472, 544, 504, 528, 504, 1592, 472, 524, 524, 1556, 524, 1556, 520
23°C	3320, 9856, 500, 1564, 524, 532, 500, 536, 500, 532, 500, 1596, 472, 520, 520, 536, 500, 532, 500, 536, 496, 540, 496, 536, 496, 536, 500, 536, 496, 536, 500, 536, 500, 516, 524, 1596, 472, 520, 520, 544, 496, 540, 496, 536, 496, 1604, 472, 536, 500, 536, 496, 1596, 472, 1564, 520, 536, 496, 520, 524
24°C	3268, 9832, 516, 1556, 524, 528, 524, 540, 500, 536, 500, 1612, 468, 524, 520, 532, 500, 536, 500, 536, 496, 536, 500, 536, 496, 520, 520, 528, 524, 544, 496, 536, 500, 544, 496, 1596, 472, 536, 500, 536, 496, 1596, 472, 536, 500, 1600, 472, 536, 500, 536, 496, 1596, 472, 1596, 472, 532, 500, 1604, 472
25°C	3268, 9836, 520, 1564, 524, 532, 500, 532, 504, 532, 500, 1596, 472, 520, 524, 532, 500, 532, 500, 536, 496, 536, 500, 536, 500, 532, 500, 536, 496, 536, 500, 536, 500, 516, 524, 1596, 472, 520, 520, 1608, 468, 520, 524, 532, 500, 1604, 472, 532, 504, 532, 496, 1608, 468, 1600, 472, 1560, 520, 536, 500
26°C	8436, 4236, 568, 1660, 564, 560, 568, 556, 544, 584, 540, 1660, 568, 584, 540, 560, 568, 556, 544, 584, 544, 556, 568, 556, 544, 580, 544, 1668, 556, 584, 544, 556, 572, 556, 540, 1664, 588, 560, 540, 1660, 596, 1656, 568, 556, 568, 1656, 572, 556, 568, 556, 544, 584, 540, 1660, 568, 1656, 596, 1656, 568

Fonte: próprio autor, 2020

A Tabela 6 exhibe os dados dos modelos de cada um dos condicionadores de ar elencados na Tabela 4. Em alguns condicionadores de ar só foi possível especificar o fabricante e não o modelo, isto ocorreu porque a etiqueta com os dados do modelo não estava mais disponível e/ou legível nos condicionadores de ar.

Tabela 6 – Modelo dos condicionadores de ar utilizados na coleta de dados

Fabricante	Modelo do Condicionador de Ar
Carrier	42LVCC12C5
Consul	CBV12CBBNA
Electrolux	TI30F
Elgin	RC101SF3P
Hitachi (Modelo 1)	Não especificado no condicionador de ar
Hitachi (Modelo 2)	Não especificado no condicionador de ar
Hitachi (Modelo 3)	Não especificado no condicionador de ar
Springer	Não especificado no condicionador de ar
Panasonic	CS-512NKW-7
LG	42MBCA18MS
Fujitsu	ASBA24JFC
Samsung	TSNC182SMA1

Fonte: próprio autor, 2020

3.2 SISTEMA EMBARCADO

O desenvolvimento atual da tecnologia na área de automação se deve ao grande desenvolvimento dos microcontroladores, que possuem memórias e estruturas que se assemelham aos microcomputadores atuais, que executam um software escrito para uma finalidade, sendo robustos, baratos e confiáveis (SILVA, 2006, apud, BASONI, 2015).

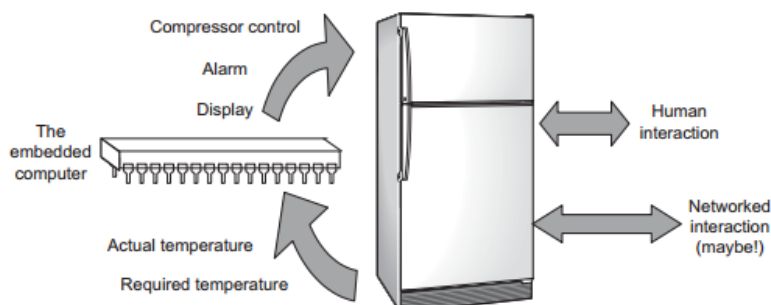
Outra categoria de computador pouco reconhecida é o microcontrolador, em parte porque é pouco vista, é concebida para um produto a fim de fornecer o seu controle. Este computador, onde o usuário muitas vezes não sabe que ele ali se encontra, é responsável pelo tratamento de dados provenientes dos sensores e pelo acionamento dos atuadores, a união de todo esse conjunto é conhecido como sistema embarcado (WILMSHURST, 2007).

De acordo com (Almeida, Moraes e Seraphim, 2016):

Sistemas embarcados são sistemas eletrônicos microprocessados que, após serem programados, possuem uma função específica que geralmente não pode ser alterada.

Os sistemas embarcados estão presentes em diversos tipos de sistemas, desde os mais simples até os mais complexos. A Figura 4 apresenta uma aplicação de um sistema embarcado utilizado em uma geladeira, neste exemplo o sistema embarcado é responsável pelo controle de temperatura e outras funcionalidades, como por exemplo, a exibição de dados no display e a emissão de alarme sonoro no caso em que a porta da geladeira ficar aberta por um tempo superior ao programado.

Figura 4 – Exemplo de sistema embarcado aplicado em uma geladeira.



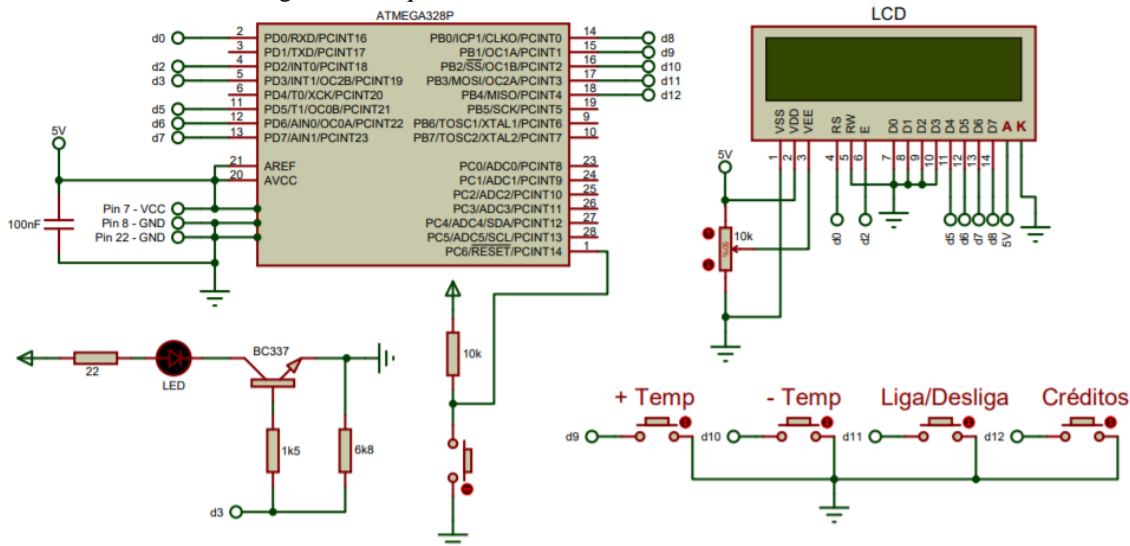
Fonte: WILMSHURST (2007)

3.3 SISTEMA EMBARCADO PROPOSTO

Após a realização da captura de dados, o próximo passo foi montar o esquemático e simular o projeto através do software Proteus. A simulação é uma etapa importante do processo de criação de qualquer projeto, pois podemos verificar e perceber possíveis erros futuros e assim resolvê-los definitivamente.

Após a realização das simulações o projeto foi montado na protoboard para realização dos testes iniciais, para depois confeccionar a placa de circuito impresso. A Figura 5 mostra o esquemático do projeto no software Proteus.

Figura 5 – Esquemático desenvolvido no software Proteus



Fonte: próprio autor, 2020

Como visto na Figura 5 o acionamento do LED-IR é feito através de um transistor, o BC337 do tipo NPN. De acordo com o datasheet o mesmo possui um ganho (hFE) mínimo de 100 e máximo de 630, a corrente necessária para acionar o LED é de 60 mA, que neste caso será a corrente de coletor (IC). A partir desses valores têm-se o valor da corrente de base no limiar de saturação (IBLsat), dado pela Equação 4. Os valores de VBE e VCE de saturação são ambos de 0,7 V. Na Equação 5 utilizou-se um fator forçado

de 5 vezes, para assegurar a saturação do transistor, garantindo assim uma corrente de 60 mA independentemente das variações do ganho (h_{FE}).

$$I_{BLsat} = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{60 \cdot 10^{-3}}{100} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ A} \quad (3)$$

$$I_{Bsat} = I_{BLsat} \cdot 5 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ A} \quad (4)$$

Determinado o valor da corrente de base de saturação (I_{Bsat}) e com o valor da tensão de alimentação (V_{BB}) de 5 V é possível obter o valor da resistência de base (R_B), dado pela Equação 6.

$$R_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_{Bsat}} = 1433,3 \Omega \quad (5)$$

A partir desses valores pode-se calcular o maior valor de potência do resistor de base que será consumido quando o LED-IR for acionado, visto na Equação 7.

$$P_{RB} = (V_{BB} - V_{BE}) \cdot I_{Bsat} = 12,9 \text{ mW} \quad (6)$$

Após o cálculo da resistência e da potência, torna-se possível dimensionar o resistor, assim, o resistor de base escolhido será de quatro faixas com tolerância dourada, dessa forma: $R_B = (1500 \pm 5\%) \Omega$ de pelo menos 1/16 de watts.

Para o cálculo da resistência do coletor (R_C) é necessário utilizar a corrente de alimentação do LED-IR, neste caso (I_C) e a tensão de alimentação (V_{LED}), esses valores são obtidos no datasheet, 60 mA e 1,3V, respectivamente. O valor de R_C é dado pela Equação 8.

$$R_C = \frac{(V_{CC} - V_{LED} - V_{CE})}{I_C} = 50 \Omega \quad (7)$$

A partir desses valores pode-se calcular o maior valor de potência do resistor de coletor que será consumido quando o LED-IR for acionado, visto na Equação 9.

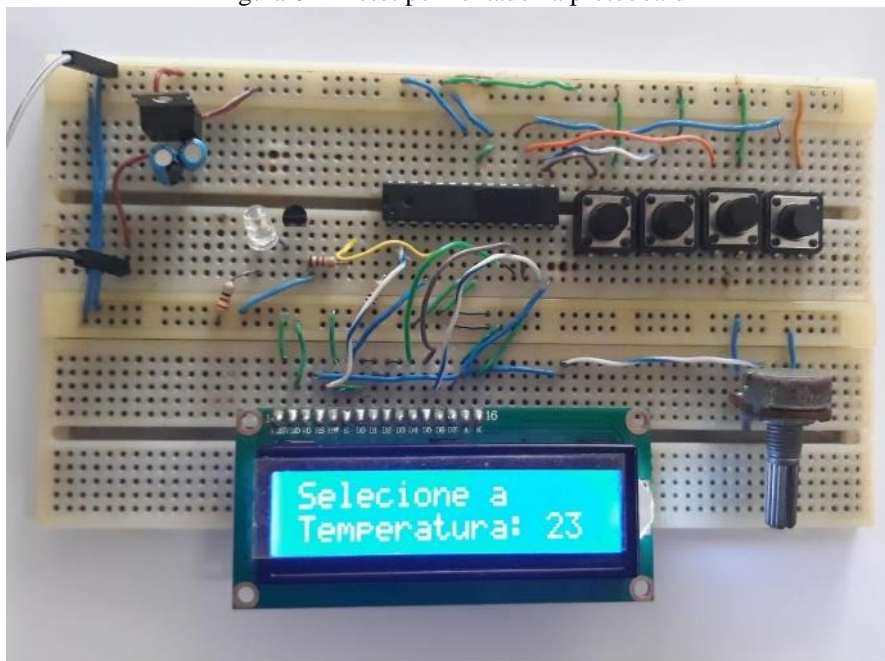
$$P_{Rc} = (V_{CC} - V_{LED} - V_{CEsat}) \cdot I_C = 0,18 \text{ W} \quad (8)$$

Após o cálculo da resistência e da potência, torna-se possível dimensionar o resistor, assim, o resistor de coletor escolhido será de quatro faixas com tolerância dourada, dessa forma: $R_C = (56 \pm 5\%) \Omega$ de pelo menos 1/4 de watts. Já a potência consumida pelo LED-IR é demonstrada na Equação 10.

$$P_{LED} = (V_{LED} \cdot I_C) = 78mW \quad (9)$$

O sistema proposto foi montado primeiramente na protoboard para realização dos testes iniciais. A Figura 6 exibe uma imagem do protótipo montado. O mesmo foi alimentado com uma fonte externa de 5 V.

Figura 6 – Protótipo montado na protoboard

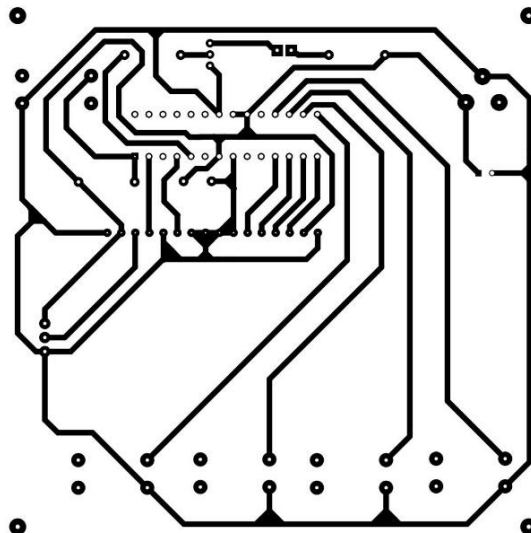


Fonte: próprio autor, 2020

O software Proteus foi utilizado para realizar a simulação do circuito, para desenvolver o layout da placa de circuito impresso e também para projetar a visão do circuito em 3D. Por se tratar de um software comumente usados para criar simulações, os resultados obtidos foram muito satisfatórios, porém foi necessário criar (desenhar), alguns componentes, pois os mesmos não possuíam bibliotecas no software Proteus.

A placa de circuito impresso foi confeccionada em face única, evitando assim a utilização de jumpers. A Figura 7 representa o layout da placa na qual é possível analisar a espessura das trilhas e se há alguma curva com o ângulo de 90°.

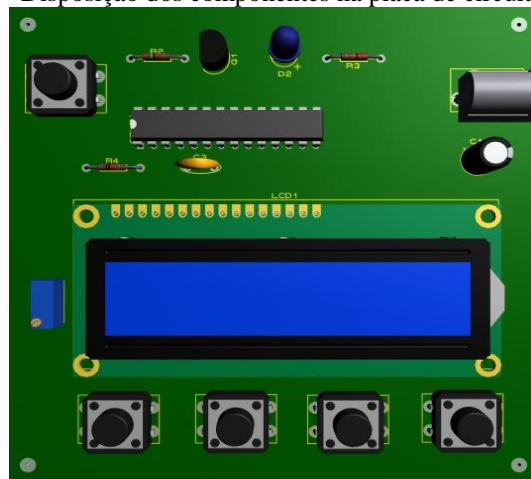
Figura 7 – Layout da placa desenvolvida no software Proteus.



Fonte: próprio autor, 2020

Através da Figura 8 é possível observar a disposição dos componentes através do modelo 3D, este recurso é disponibilizado pelo software Proteus. A utilização deste recurso é muito importante para se criar uma expectativa de como ficará a placa de circuito impresso, através deste recurso foi possível escolher a melhor disposição para os componentes, o que se torna muito importante, pois a disposição dos componentes eletroeletrônicos deve ficar posicionada da maneira mais agradável possível para o usuário final, facilitando assim a utilização do sistema embarcado. Como por exemplo a posição do LED-IR, que foi disposta de forma que o usuário não tivesse dificuldade na hora de posicionar o protótipo com o condicionador de ar. Assim como a disposição do conector power-jack, que foi posicionado na extremidade da placa de circuito impresso para facilitar a conexão com a fonte de alimentação.

Figura 8 – Disposição dos componentes na placa de circuito impresso



Fonte: próprio autor, 2020

Devido à grande quantidade de memória de programa utilizada no microcontrolador, devido a inserção de vários frames de dados, como os exibidos na Tabela 6, não foi possível inserir o pacote de dados de todos os condicionares de ar em um único código, logo, optou-se por fazer uma divisão, em duplas.

Considerou-se dois modelos distintos de condicionadores de ar por código, essa escolha foi determinada pelas características do IFCE Campus Sobral, pois existem salas de aulas com dois condicionadores de ar e de fabricantes diferentes. A divisão em duplas possibilitou a utilização do microcontrolador ATmega328p-pu, sem a necessidade de uma memória externa, o que poderia encarecer o preço final do protótipo.

A Tabela 7 exhibe as duplas de condicionadores de ar escolhidas para comporem um mesmo código do microcontrolador. Na qual é possível visualizar o número do arquivo em formato “.hex” que deverá ser gravado no microcontrolador para acionar cada dupla de condicionador de ar, esse mapeamento se torna importante para os funcionários da manutenção efetuar a gravação do código de acordo com o condicionador de ar situado na sala de aula, tornando assim a placa de circuito impresso genérica, sendo necessário apenas a correta gravação do código no microcontrolador.

Tabela 7 – Definição das duplas de condicionadores de ar por código para um mesmo microcontrolador

Código “.hex”	Modelos dos Condicionadores de Ar
Arquivo 1	CBV12CBBNA e T130F
Arquivo 2	RC101SF3P e Não especificado
Arquivo 3	ASBA24JFC e 42MBCA18MS
Arquivo 4	TSNC182SMA1 e Não especificado
Arquivo 5	Não especificado
Arquivo 6	CS-512NKV-7 e 42LVCC12C5

Fonte: Produção do próprio autor (2019)

Levando em consideração que o sistema embarcado proposto e o condicionador de ar estarão fixados no interior da sala de aula, concluiu-se que não há a necessidade de em um mesmo microcontrolador haver todos os comandos de todos os fabricantes de condicionador de ar, mas sim os comandos do condicionador de ar situado em cada uma

das salas de aulas. Como em uma mesma sala de aula pode conter dois condicionadores de ar distintos, optou-se pela divisão por duplas.

A escolha de deixar gravado no microcontrolador os comandos de dois modelos distintos de condicionadores de ar solucionou o problema da pouca memória de programa do ATmega328p-pu para a aplicação exigida neste projeto, mas apresentou a desvantagem da necessidade de gravar o código no microcontrolador sempre que o sistema embarcado proposto for alterado de lugar, se ele passar a comandar outro condicionador de ar de outro fabricante.

Se por algum motivo for desejado que um mesmo microcontrolador acione todos os condicionadores de ar, existem algumas soluções, dentre elas a utilização de memórias externas e/ou a utilização de um microcontrolador com maior capacidade de memória de programa, como por exemplo, o microcontrolador ATmega2560.

4 RESULTADOS

Os resultados exibidos nas Figuras 9, 10, 11, 12 e 13 foram coletados no laboratório de Eletrônica 2 utilizando o sistema embarcado no condicionador de ar da Fujitsu, entretanto, para comprovar o perfeito funcionamento, testou-se o protótipo em todos os condicionadores de ar da Tabela 4.

Para facilitar o entendimento do funcionamento para o usuário, foi utilizado um display LCD 16x2. O display tem a função de exibir qual o comando está sendo executado pelo sistema embarcado, para isso, dependendo do botão pressionado pelo usuário, o protótipo poderá exibir diferentes mensagens, conforme abaixo:

Ao se energizar o protótipo, a primeira mensagem que aparecerá é a default: “Selecione a Temperatura:23”.

Ao término da escolha da nova temperatura as mensagens que aparecerão serão: “Accionando.”, após 300 ms “Accionando..”, após mais 300 ms “Accionando...” e por fim, após mais 300 ms “Comando efetuado”.

Ao pressionar o botão de desligar, as mensagens que aparecerão serão: “Desligando.”, após 300 ms “Desligando..”, após mais 300 ms “Desligando...” e por fim, após mais 300 ms “Comando efetuado”.

Ao pressionar o botão de Créditos, aparecerão várias mensagens com os nomes dos desenvolvedores do projeto e o local que o protótipo foi desenvolvido, IFCE Campus Sobral.

A Figura 9 mostra a mensagem default e a Figura 10 exibe a mensagem durante o comando de mudar a temperatura.

Figura 9 – Mensagem default



Fonte: Produção do próprio autor (2019)

Figura 10 – Mensagem “Acionando”



Fonte: Produção do próprio autor (2019)

Na Figura 11 é visto a conclusão do comando executado pelo sistema embarcado quando o mesmo envia para o condicionador de ar o comando para mudar a temperatura, conforme exibido na Figura 10.

A Figura 12 exibe a mensagem “Desligando” quando o usuário aciona o botão para desligar o condicionador de ar.

Figura 11 – Mensagem “Comando efetuado”.
“Desligando”.



Fonte: Produção do próprio autor (2019)

Figura 12 – Mensagem



Fonte: Produção do próprio autor (2019)

Por fim, a Figura 13 exibe a mensagem que indica o local de criação do protótipo, a referida mensagem é exibida quando o usuário aciona o botão de créditos.

Figura 13 – Créditos com indicação do local de desenvolvimento do protótipo.



Fonte: Produção do próprio autor (2019)

5 CONCLUSÃO

Este projeto teve como propósito melhorar e facilitar o uso dos condicionadores de ar do IFCE Campus Sobral, com o intuito de criar um sistema que simulasse o uso do controle remoto, com o diferencial do dispositivo estar sempre acessível ao usuário.

Como o IFCE Campus Sobral possui diversas marcas de condicionadores de ar, foi feito um levantamento dos fabricantes existentes, pois assim foi possível determinar como seria feito a divisão dos códigos no ATmega328p. Levando em consideração a aplicação, a maior dificuldade encontrada foi em relação ao tamanho da memória de programa do microcontrolador utilizado, entretanto, tal condição foi solucionada dividindo o código em grupos de condicionadores de ar. Analisando os resultados obtidos pode-se dizer que o protótipo foi concluído de maneira satisfatória.

REFERÊNCIAS

Almeida, R. M. A. de, Moraes, C. H. V. de and Seraphim, T. de F. P. (2016). PROGRAMAMAÇÃO DE SISTEMAS EMBARCADOS. 1º Edição. Rio de Janeiro: Elsevier.

BASONI, R. C. Sistema Integrado Para Supervisão E Controle De Equipamentos Eletroeletrônicos Utilizando Uma Rede De Comunicação Sem Fio De Microcontroladores. Monografia apresentada no programa de Engenharia Elétrica do Instituto Federal do Espírito Santo.

GARBOSSA E SARMENTO ADVOGADOS ASSOCIADOS. A temperatura no ambiente de trabalho. Disponível em: <<https://garbossasarmento.jusbrasil.com.br/artigos/436677225/a-temperatura-no-ambiente-de-trabalho>>.

DUFRIO. Tabela de consumo de ar condicionado para calcular seus gastos. Disponível em: <https://www.dufrio.com.br/blog/ar-condicionado/tabela-consumo-ar-condicionado/>. Acesso em 10 de abril de 2020.

OLIVEIRA, N. DE. Consumo de Energia fecha 2018 com aumento de 1,1%. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-01/consumo-de-energia-fecha-2018-com-aumento-de-11>>.

SILVA, R. A. Programando Microcontroladores PIC – Linguagem C. São Paulo: [s.n.].

WILMSHURST, T. Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers - Principles and Applications. [s.l: s.n.].