

GERENCIAMENTO TÉRMICO COM ARDUINO

Marlon Emmerick (Ensino Técnico)

Nilson Mori Lazarin (Orientador), Carlos Eduardo Pantoja (Co-orientador)

nilsonmori@gmail.com, pantoja@cefet-rj.br

CEFET-RJ UnED Nova Friburgo
Nova Friburgo, Rio de Janeiro

Categoria: ARTIGO BÁSICO

Resumo: Este trabalho apresenta um protótipo de tomada inteligente capaz de realizar o controle térmico de ambientes, possibilitando a integração com aquecedores ou condicionadores de ar. No mercado podem ser encontradas tomadas elétricas temporizadas que realizam o fornecimento de acordo com o tempo, de forma análoga, esse protótipo, através do microcontrolador arduino e de sensores, utiliza a temperatura e a presença de indivíduos em um ambiente como condicionais de acionamento ou desligamento. O objetivo central deste protótipo é a redução do desperdício de energia no gerenciamento térmico de ambientes e a redução dos impactos ambientais consequentes disso. Foram realizados experimentos em ambientes controlados, onde se pode avaliar a eficácia do protótipo, no que tange a economia de energia elétrica.

Palavras Chaves: Controle térmico, Arduino, Tomada inteligente.

Abstract: *This paper presents an intelligent controlling thermal prototype, enabling integration with heaters or air conditioners. Can be found on the market outlets performing timed supply according to time, similarly, the prototype through arduino microcontroller and sensors, utilizes the temperature and the presence of individuals in a room such conditional. The objective of this prototype is to reduce the waste of energy in thermal management rooms and reducing the environmental impacts. Experiments were carried out in controlled room, where they can evaluate the effectiveness of the prototype, with respect to energy savings.*

Keywords: *Thermal control, Arduino, Intelligent plug.*

1 INTRODUÇÃO

Para a construção do protótipo foi utilizado um microcontrolador capaz de fazer o processamento necessário para manter o equilíbrio térmico de um ambiente. Existem inúmeros modelos no mercado, mas optou-se pelo Arduino® porque o mesmo “*tem se destacado no cenário mundial pela facilidade de programação, versatilidade e baixo custo*”, conforme Cavalcante et al. (2011)

O corpo humano, de acordo com Frota; Schiffer (2009), reage de formas distintas quando está exposto a determinadas temperaturas. Quando baixas, o aumento da combustão interna é essencial para regular a temperatura corporal. Quando a temperatura ambiente é relativamente alta mecanismos de resfriamento são acionados. Ainda é descrito por Frota; Schiffer (2009) que essa termorregulação apesar de ser o meio natural de regulação da temperatura corporal,

representa um esforço extra e que, por consequência, causa uma queda de potencialidade de trabalho.

Quando não há um controle térmico eficiente de um ambiente existem, além de problemas de saúde, problemas relacionados ao desperdício de energia elétrica. Atualmente no Brasil, atualmente o desperdício energético chega, de acordo com Estado (2010), a R\$16 bilhões por ano. E, além disso, de acordo com Porto (2012) o Brasil vem aumentando o consumo de energia elétrica. Uma das consequências dessa demanda e do desperdício são os problemas ambientais, como por exemplo, o da necessidade de construção de novas usinas hidrelétricas. Já que no Brasil são nelas que são geradas a maior parte da energia consumida. Embora esse tipo de energia seja considerada limpa, a construção das hidrelétricas, segundo Bonsor (2012), este assunto ainda é “*motivo de polêmica nas discussões atuais sobre desenvolvimento sustentável*”.

Existem no mercado algumas soluções que visam resolver o problema, do controle térmico, mas não são completamente eficientes. Equipamentos com termostato conseguem regular a temperatura, porém não são capazes de integrar outros equipamentos, avulsos, como por exemplo, um ar condicionado e um aquecedor. Tomadas temporizadas ou até mesmo equipamentos temporizados se baseiam no tempo e não na temperatura para o controle. Quando um equipamento usa o tempo está atuando de forma errada, pois a temperatura pode se manter a mesma por um longo período ou então variar bruscamente em um curto espaço de tempo. O protótipo apresentado busca gerenciar a temperatura de um ambiente de acordo com que é ideal ao ser humano, além de considerar outras variáveis que auxiliam na economia energética.

O protótipo busca regulando a temperatura ambiente, entre 18 e 22°C, considerada ideal ao ser humano de acordo com Oliveira (2002). Quando a temperatura chegar a 18°C a tomada que corresponde no equipamento ao aquecimento é acionada. Caso a temperatura ultrapasse 22°C, a tomada de resfriamento é acionada.

A seguir são apresentados, com base em dados fornecidos gentilmente pela SADMET/INMET, gráficos da oscilação térmica diária das quatro estações do ano, com base no período de 01 de Agosto de 2011 até 31 de Julho de 2012. Os dados são da cidade de Nova Friburgo, situada no interior do estado do Rio de Janeiro.

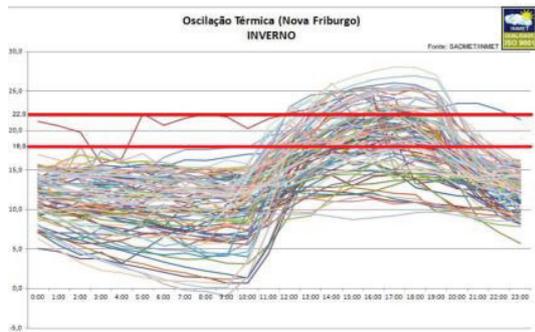


Figura 1 - Oscilação térmica diária no inverno.

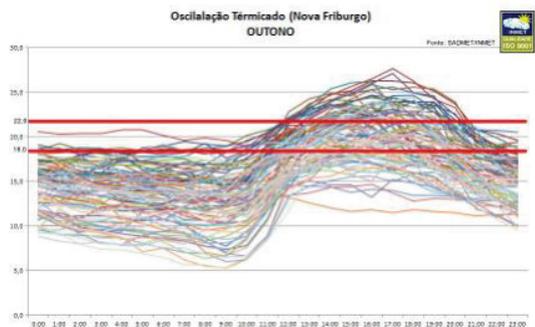


Figura 2 - Oscilação térmica diária no outono.

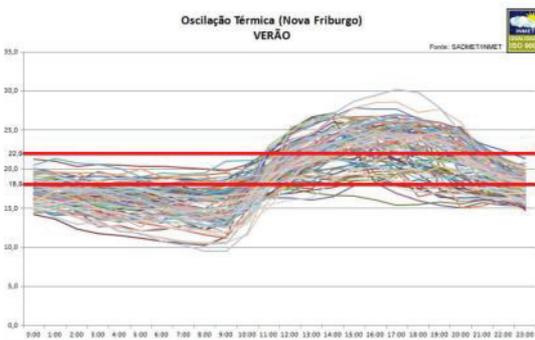


Figura 3 - Oscilação térmica diária no verão.

Observa-se na figura 1 que, por Nova Friburgo ser uma cidade de temperatura amena e por ser inverno, houve no período uma grande necessidade de aquecimento, mesmo em horários vespertinos. No verão, conforme a figura 3, a necessidade de resfriamento só ocorreu a partir das 11h00min.

Na primavera e no outono - figuras 2 e 4 - houve no período a necessidade de resfriamento e aquecimento em diferentes horários do dia. Aquecimento noturno e matutino e resfriamento vespertino. Em alguns ambientes, que necessitam de temperatura controlada, como por exemplo, em uma UTI, visando atender a Portaria n° 466/MS/SVS de 04 de junho de 1998 que determina uma temperatura máxima e mínima, faz-se necessário o uso do protótipo apresentado neste trabalho.

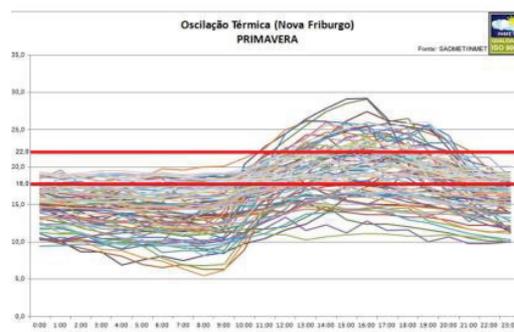


Figura 4 - Oscilação térmica diária na primavera.

De maneira geral o protótipo realiza o controle térmico de um ambiente, seja com aquecimento, resfriamento ou com ambos. Proporciona ainda a equipamentos legados, esse recurso, evitando dessa forma que equipamentos sejam dispensados, reduzindo assim, o prejuízo econômico e ecológico, já que contribui com a diminuição do lixo eletrônico, no qual, de acordo com Redação IDG Now! (2012), o Brasil já é líder entre os países emergentes.

Vale ressaltar também que foi incluso no protótipo um sensor de presença que desativa a climatização quando não há pessoas no ambiente, diminuindo ainda mais o consumo energético.

Este artigo está dividido nas partes descritas a seguir. Objetivos, que trata do que será alcançado e em que pontos o protótipo atuará. Trabalho proposto, que irá do projeto em si, colocando apontando as características em que ele superará as tecnologias que já estão no mercado. Materiais e métodos, que descreverá os componentes utilizados na construção do protótipo. Resultados e discussão, que apresentará testes em laboratório e simulações feitas com dados reais. E por fim, a conclusão, que levantará os pontos finais e importantes desta tomada inteligente.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é apresentar um protótipo de tomada inteligente que através do processamento de dados obtidos a partir de sensores de temperatura e presença, irá determinar o funcionamento das tomadas de alimentação para sistemas de aquecimento e/ou resfriamento.

3 O TRABALHO PROPOSTO

É importante enfatizar que não foram encontrados, no mercado, equipamentos que realizam a função de controlar a temperatura térmica de um determinado ambiente, considerando a presença de indivíduos no ambiente.

Com a redução do desperdício energético, conseqüentemente, teremos uma redução do impacto ambiental. Se uma pessoa esquecer o ar condicionado ou então o aquecedor ligado durante toda uma noite, sendo que a temperatura ideal é atingida durante determinado período, não existe a necessidade de refrigeração ou aquecimento por este tempo e, caso isso ocorra, estará ocorrendo assim um gasto energético desnecessário além do envio de CO2 na atmosfera.

Aparelhos de ar condicionados mais antigos e alguns mais populares não apresentam termostato, já aquecedores com este recurso podem significar um custo mais elevado na hora da compra em relação aos seus concorrentes. A ausência de equipamentos capazes de fazer esta regulação de temperatura, muitas vezes, obriga os usuários a descartarem seus equipamentos para adquirirem novos que tenham esta

função.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a construção do protótipo foram utilizados dois módulos relés, duas tomadas, um sensor de presença (ou de movimento), um módulo sensor de temperatura (18B20) e um microcontrolador Arduino® modelo UNO.

O microcontrolador Arduino® UNO é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre, nele foi inserido um algoritmo de gerenciamento térmico e interligados todos os sensores e efetadores, conforme a figura 5.

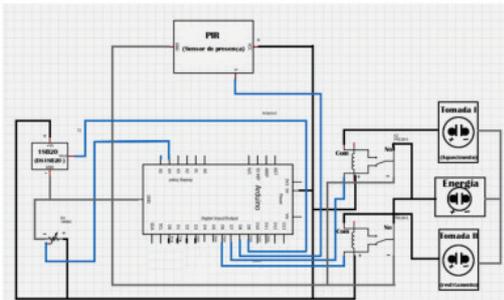


Figura 5 - Esquema eletrônico do protótipo.

O algoritmo foi desenvolvido para manter a temperatura que é considerada ideal ao ser humano de acordo com Oliveira (2002). A temperatura ambiente atual é informada pelo módulo sensor de temperatura, se for acusada presença no ambiente pelo sensor de movimento o restante do algoritmo entra em execução e, se houver a necessidade de resfriamento ou aquecimento, será acionada a tomada correspondente ao que foi processado.

O funcionamento, basicamente, resume-se a: caso exista presença no ambiente e se a temperatura ideal for acima de 22°C, a tomada de resfriamento aciona o equipamento ligado a ela, caso a temperatura esteja abaixo de 18°C, a tomada de aquecimento liga o equipamento plugado a ela. Se não houver presença no ambiente é desativada toda a climatização. O sensor de presença possibilita a diminuição do desperdício de energia, pois só ativa a alimentação energética. Vale ressaltar que o usuário não precisa configurar nenhum tipo de informação, apenas plugar as tomadas que correspondem aos equipamentos.

```
#include <DallasTemperature.h> #include <OneWire.h> #define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); DallasTemperature tempSensor(&oneWire);
int pinoRELERESFRIAMENTO = 11; int pinoRELEAQUECEDOR = 10; int pinoSENSORPRESENCIA = 7;
float TA = 0; float TD = 20; float limiteSuperior = TD+2; float limiteInferior = TD-2;
boolean RR = false; boolean RA = false; int PRESENCIA = 0; int regressivo=1;

void setup() {
  pinMode(pinoRELERESFRIAMENTO, OUTPUT);
  pinMode(pinoRELEAQUECEDOR, OUTPUT);
  pinMode(pinoSENSORPRESENCIA, INPUT);
  tempSensor.begin();
}

void loop() {
  PRESENCIA = digitalRead(pinoSENSORPRESENCIA);
  tempSensor.requestTemperatures();
  TA = tempSensor.getTempCByIndex(1);
  if (PRESENCIA == LOW){regressivo = 300;}
  if (regressivo > 0) {
    if ((TA<limiteInferior) || (TA>limiteSuperior)){
      if((TA>(TD+1.8))){AQUECER(false);} else if((TA<TD-1.8)){ESFRIAR(false);}
      else if (TA>limiteSuperior){ESFRIAR(true);}
      else if (TA<limiteInferior){AQUECER(true);}
      else {RR=false; digitalWrite(pinoRELERESFRIAMENTO, LOW);
        RA=false; digitalWrite(pinoRELEAQUECEDOR, LOW); }
      regressivo--;
      delay(5000);
    }
  }

  void AQUECER(boolean op){
    if(op==true){
      if(RA==false){RA=true; digitalWrite(pinoRELEAQUECEDOR, HIGH);
        RR=false; digitalWrite(pinoRELERESFRIAMENTO, LOW);}
    }else{
      if(RA==true){RA=false; digitalWrite(pinoRELEAQUECEDOR, LOW);}
    }
  }

  void ESFRIAR(boolean op){
    if(op==true){
      if(RR==false){ RR=true; digitalWrite(pinoRELERESFRIAMENTO, HIGH);
        RA=false; digitalWrite(pinoRELEAQUECEDOR, LOW); }
    }else{
      if(RR==true){ RR=false; digitalWrite(pinoRELERESFRIAMENTO, LOW);}
    }
  }
}
```

Figura 6 - Algoritmo do protótipo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados experimentos alguns experimentos, o primeiro se deu utilizando um aquecedor da marca Cadence 220v, modelo Bravo AQC413-220, com potência de 2000W em dois ambientes distintos. Buscou-se, nesses experimentos, analisar o desempenho do protótipo, verificar o tempo de funcionamento e mensurar a economia obtida em kWh com auxílio de simuladores de consumo.

O primeiro experimento foi realizado no laboratório de hardware do CEFET-RJ UnED Nova Friburgo, em que se analisou o funcionamento da tomada inteligente por quatro horas, das 17h30min às 21h30min. A temperatura ambiente no início do experimento era de 23,3°C, por isso foi feita uma pequena alteração no algoritmo selecionando a temperatura ideal como 26°C, portanto, o sistema deveria acionar o aquecimento.

Devido a essa nova alteração no algoritmo para testes e demonstração do funcionamento, a tomada acionou o relé de aquecimento, mantendo ligado até que a temperatura ambiente atingisse 28°C, conforme esperado. Às 19h30min a temperatura ambiente atingiu a 28°C, quando o relé foi automaticamente desligado pelo microprocessador, conforme previsto. Em seguida, foi observado o tempo do resfriamento natural do ambiente. Quando a temperatura caísse para menos de 24°C, o sistema seria novamente iniciado. Esse acionamento ocorreu às 22h.

O gráfico abaixo demonstra o tempo em que o protótipo manteve o aquecedor ligado, a variação da temperatura ambiente e o tempo em que a tomada inteligente manteve o aquecedor desligado, durante as 4 horas do experimento.

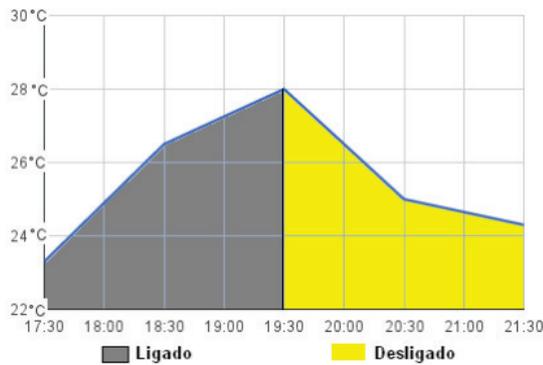


Figura 7 - Variação de temperatura durante teste de 4 horas com o protótipo.

Para estimar o gasto em kWh e o custo em reais (R\$) do uso de um aquecedor, em um quarto de uma residência, durante um ano foram feitos estudos utilizando dados cedidos pela SADMET/INMET compreendidos entre 01/08/11 a 31/07/12. O horário utilizado como referência foi das 00:00 até as 08:00. Auxiliado por um simulador de consumo de energia, disponibilizado pela COPEL (Companhia Paranaense de Energia). Não foram levados em conta fatores como, por exemplo, a retenção térmica dentro do ambiente e o sensor de presença.

Os valores obtidos estão descritos na tabela I. A potência do aparelho é a mesma descrita no experimento anterior: 2000W.

Tabela I

	Aquecedor convencional	Aquecedor c/ tomada inteligente
HORAS EM FUNCIONAMENTO	2928 horas	2603 horas
CONSUMO	5670 kWh	5112 kWh
CUSTO	R\$ 2764,34	R\$ 2453,35

Primeira simulação utilizando dados da SADMET/INMET no simulador da COPEL

Observando a tabela I é possível afirmar que existe uma economia real decorrente da diminuição do tempo de funcionamento do equipamento que no caso foi de aproximadamente 11%. Existem ainda, questões ambientais já citadas, decorrente do desperdício de energia, que é amenizado com o uso do protótipo de tomada elétrica inteligente.

Foi feito também um segundo experimento, desta vez em um ambiente de 9m², com início á 00h e término ás 8h, utilizando o mesmo aquecedor do primeiro experimento. O sistema funcionou perfeitamente, ligando e desligando o aquecedor conforme necessidade. Segue, na figura 8 o gráfico do comportamento durante o experimento. Considerou-se nesse experimento como temperatura ambiente 24°C.

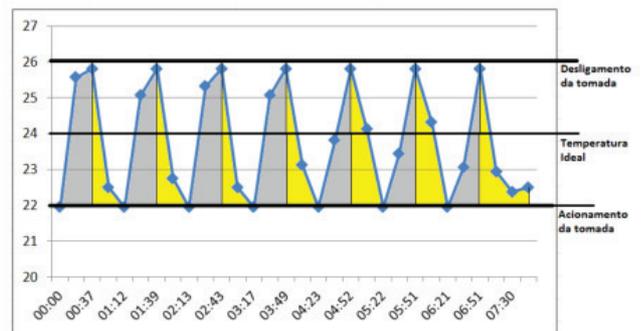


Figura 8 – Variação de temperatura durante teste de 8 horas com o protótipo.

Foi feito ainda um estudo para demonstrar o quanto se estaria economizando se, por exemplo, um shopping que disponha de ar condicionado na cidade de Nova Friburgo em funcionamento dentre o período de 8h até às 22h, diariamente, utilizasse esta tecnologia.

O modelo que serviu de base foi o Brastemp Clean BBV12BB, de 12 mil BTU's de 1097 Watts. Para isso, mais uma vez foi utilizados dados da SADMET/INMET e o simulador da COPEL.

Tabela II

	Ar condicionado Convencional	Ar condicionado com a tomada inteligente
HORAS EM FUNCIONAMENTO	5124 horas	981 horas
CONSUMO	5523,84 W	1058,74 W
GASTOS	R\$ 2651,00	R\$ 508,11

Segunda simulação utilizando dados da SADMET/INMET e o site da COPEL

De acordo com a tabela, nota-se que no período analisado, na cidade de Nova Friburgo, com o uso de um sistema de controle térmico inteligente, poder-se-ia obter uma economia de aproximadamente 80% em relação a equipamentos que sem controle térmico.

Por fim, o funcionamento demonstrado e o alcance dos objetivos citados anteriormente neste artigo enfatiza a importância do uso deste equipamento, em especial, nos ambientes que necessitam do controle térmico constante.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um protótipo de tomada inteligente capaz de realizar o gerenciamento térmico de um ambiente, evitando o desperdício energético que, por sua vez, diminui o impacto ambiental. Com os experimentos realizados em laboratório, constatou-se que o protótipo funciona devidamente como esperado e foi observada uma economia no consumo de energia elétrica acima de 50% em relação à utilização de equipamentos sem controle térmico.

Vale ressaltar que equipamentos tais como os temporizadores não são eficazes, por conta da variação de temperatura no ambiente, influenciados pelo próprio equipamento de aquecimento e/ou resfriamento. E ainda, que equipamentos com controle de temperatura embutido não consideram a presença de indivíduos no ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONSOR, K. Impactos ambientais na construção de hidrelétricas. Acesso em: 31/8/2012.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. Acesso em: 6/9/2012.
- ESTADO, A. Desperdício de energia chega a R\$ 16 bilhões por ano. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/economia,desperdicio-de-energia-chega-a-r-16-bilhoes-por-ano,494219,0.htm>>.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual De ConfortoTermico**. 8º ed. 2009.
- OLIVEIRA, D. DE P. R. DE. Sistemas, organização & métodos: Uma abordagem gerencial. 2002.
- PORTO, L. C. O Governo Não Aprendeu a Principal Lição do Racionamento de Energia. Disponível em: <<http://www.silvaporto.com.br/blog/?p=2387>>. Acesso em: 31/8/2012.
- REDAÇÃO IDG NOW! Descarte irregular de lixo eletrônico continua um problema para o Brasil. Disponível em: <<http://idgnow.uol.com.br/ti-corporativa/2012/04/29/descarte-irregular-de-lixo-eletronico-continua-um-problema-para-o-brasil/>>.
- 