

ACIONAMENTO INTELIGENTE DE ILUMINAÇÃO E REFRIGERAÇÃO EM SALAS DE AULA POR MEIO DO MONITORAMENTO DE PESSOAS PRESENTES

Victor Parente de Oliveira Alves – voliveira1015@gmail.com

Silmara Castro Sousa – silmaracastro31@gmail.com

Orlando Pereira da Silva – orlando.ps95@hotmail.com

Fabricio Silva Lima – fabrisilva.l@outlook.com

Universidade Federal do Pará

Rua Augusto Corrêa, 01

66075110 – Belém – Pará

Resumo: Este artigo apresenta um sistema elaborado por meio da plataforma de prototipagem eletrônica Arduino, programado para realizar o monitoramento de pessoas presentes em sala e posteriormente efetuar o acionamento e/ou desligamento dos circuitos de iluminação e refrigeração de uma sala, logo após identificar a quantidade mínima de pessoas estipuladas na programação. O objetivo desse trabalho é desenvolver um método de baixo custo para combater o desperdício de energia elétrica nos blocos de salas de aulas do Campus Belém da Universidade Federal do Pará (UFPA). É mostrado no artigo, por meio de números, que o protótipo desenvolvido apresenta viabilidade de implementação em escala real uma vez que apresenta bons resultados quanto à economia financeira para a UFPA gerada pelo correto uso da energia elétrica no Campus quando está em operação.

Palavras-chave: Arduino. Desperdício de Energia. Economia de Energia.

1 INTRODUÇÃO

Historicamente há no Brasil o desperdício de energia elétrica, causando grandes impactos na economia e no meio ambiente. Em 2015, a ABESCO (Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Conservação de Energia) publicou em sua página oficial na web uma matéria que indica perdas de R\$12,6 bilhões, causadas pelo desperdício de energia. Esse valor é correspondente ao desuso de aproximadamente 50 mil gigawatts.hora (ABESCO, 2015).

Mais recente, em 2017, foi evidenciado que o desperdício de energia elétrica aumentou. Ratificando o cenário crítico em que se encontra o Brasil, a CERNE (Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia) divulgou valores referentes a situação. Em três anos o montante proveniente do mau uso da energia foi de aproximadamente R\$ 61,7 bilhões (CERNE, 2017). Valor esse que poderia ser aplicado para a modernização e ampliação do setor elétrico brasileiro uma vez que a demanda aumentará.

A EPE (Empresa de Pesquisa Energética) realizou um estudo referente a demanda de energia até 2050, no qual a mesma mostra as projeções para o setor energético do Brasil até o ano citado. Segundo o levantamento, até 2050 a demanda por eletricidade triplicará, com o consumo de energia elétrica chegando na casa dos 1.624 terawatts.hora. Isso significa que em 36 anos o Brasil apresentará uma consumação energética similar ao verificado na União Europeia atualmente (EPE, 2016). Isso tudo mostra a importância do desenvolvimento de alternativas que tornem o uso da energia mais inteligente e eficiente, evitando desperdícios.

O campus Belém da Universidade Federal do Pará (UFPA) não é uma exceção quando o assunto é o mau uso da eletricidade. Pode-se observar um grande desperdício de energia

elétrica nas salas de aula e espaços de convivência, que frequentemente encontram-se vazios, mas com lâmpadas e aparelhos de ar condicionado ligados. Situações desse tipo ocasionam um impacto negativo nas finanças da instituição já que uma parcela do alto valor gasto com energia elétrica provém de desperdício. Se a energia elétrica fosse usada de modo racional e eficiente, seria possível economizar recursos e aplicá-los em outros setores da academia que necessitam de investimentos.

Visando contribuir para a redução do desperdício de energia elétrica no campus da UFPA através de uma aplicação que envolva eletrônica e automação, desenvolveu-se um sistema eletrônico que aciona a iluminação e a refrigeração dos espaços a partir do monitoramento eletrônico do número pessoas presentes. Em linhas gerais, o sistema eletrônico desenvolvido funciona como segue. Assim que o sistema eletrônico detecta a primeira pessoa a adentrar na sala, a iluminação e a refrigeração são acionadas e inicia-se o monitoramento do número de pessoas na sala. Tão logo a última pessoa saia, o sistema eletrônico desliga a iluminação e a refrigeração do ambiente. Outra preocupação durante a elaboração do trabalho foi custo final, uma vez que projeto deve ser viável economicamente para ser executado.

O restante do artigo está organizado como segue. No capítulo 2 apresenta-se o microcontrolador Arduino. No capítulo 3 especifica-se o funcionamento do sistema proposta enquanto no capítulo 4 apresentam-se os resultados e análise de custos. No capítulo 5 são apresentadas as considerações finais.

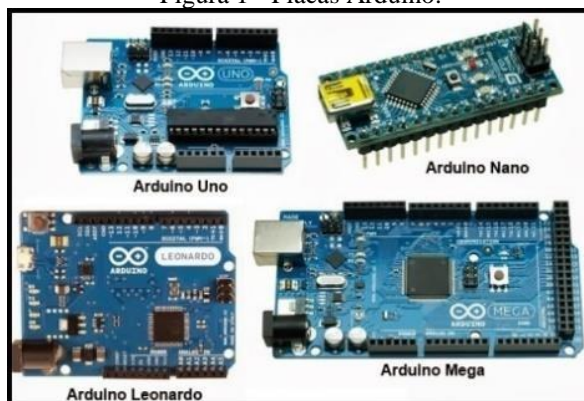
2 MICROCONTROLADOR ARDUINO

Atualmente, há diversos microcontroladores para as mais diversas aplicações. Entretanto, alguns podem não ser acessíveis a muitas pessoas devido aos conhecimentos prévios necessários para a sua programação e comunicação com seus periféricos.

A marca Arduino, fundada em 2005 pelos pesquisadores Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis, é baseada no conceito *easy-to-use*, facilitando sua utilização àqueles que não possuem prévio conhecimento em programação. O Arduino é uma plataforma de *software* e *hardware* livres, ou seja, é possível fazer modificações em seu projeto original, disponibilizado em sua página oficial na rede mundial.

A Arduino possui um portfólio constituído por diversas placas para desenvolvimento de projetos finais e protótipos. As mais conhecidas e utilizadas são: o Arduino Nano; Uno; Leonardo e Mega, mostrados na Figura 1. Todas as placas utilizam a mesma *IDE (Integrated Development Environment)*, criada pelo grupo para a programação do microcontrolador (Figura 2).

Figura 1 - Placas Arduino.



Fonte: Autores.

Figura 2 - Interface da IDE do Arduino.



Fonte: Arduino Documentation, 2015.

As placas de desenvolvimento utilizam microcontroladores da série ATmega, da desenvolvedora de componentes eletrônicos Atmel AVR – cada uma fazendo uso de um modelo diferente de microcontrolador. Os modelos utilizados são o ATmega168-20AU, ATmega328p-PU (Figura 3), ATmega32U4 e ATmega2560 para os Arduinos Nano, Uno, Leonardo e Mega, respectivamente. Os chips embarcados possuem capacidade para a realização de várias instruções quase que simultaneamente, sendo possível utilizá-los em diversas aplicações.

Figura 3 - Microcontrolador ATmega328p-PU.



Fonte: Ferroni *et al.* 2015.

O ATmega328p-PU possui interfaces de entrada e saída, conhecidas como GPIO (General Purpose Input Output), que podem ser configuradas via software. Além disso, há interfaces de entrada e saída analógicas, aumentando sua gama de aplicações. (Oliveira, S. 2017).

Uma das aplicações fundamentais do Arduino é o sensoriamento de processos. É possível verificar os dados coletados diretamente no computador quando o mesmo está conectado via USB ao Arduino, por meio da função Serial Monitor, podendo também ser feito remotamente. Existe uma grande disponibilidade de sensores no mercado capazes de se conectar ao Arduino, tais como o acelerômetro com giroscópio MPU6050, da fabricante InvenSense e o fototransistor TIL78, da fabricante Texas Instruments. Para o TIL78 há duas opções de encapsulamento, escura e transparente (figura 4), sendo possível selecionar o melhor modelo conforme as condições de luminosidade em que o mesmo atuará.

Figura 4 - Fototransistor TIL78 com encapsulamento transparente.



Fonte: TecnoSant, 2018.

Com o avanço do conceito de “internet das coisas”, foram criados módulos capazes de conectar o Arduino à web. Os módulos de comunicação podem ser via cabo, com módulos Ethernet ou sem fio, por meio do WiFi. Para que isso seja possível, estão disponibilizados protocolos de rede TCP/IP e bibliotecas que permitem o funcionamento do Arduino como cliente web, ou como servidor, com acesso por meio do protocolo HTTP (Oliveira, S. 2017). Esse avanço tecnológico traz possibilidades de acesso remoto aos dados coletados pelo Arduino, podendo ser realizada, por exemplo, o monitoramento de algum processo em tempo real.

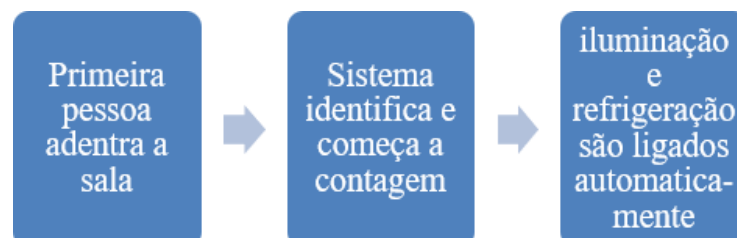
3 SISTEMA PROPOSTO

3.1 Funcionamento

Tradicionalmente, é preciso que uma pessoa faça o acionamento manual dos equipamentos de ar condicionado e das lâmpadas da sala de aula, assim como o desligamento. Entretanto, isso pode ser considerado ultrapassado, pois é possível fazê-lo de modo autônomo, contornando casos de negligência por parte dos usuários, que ao saírem deixam os sistemas acionados desnecessariamente.

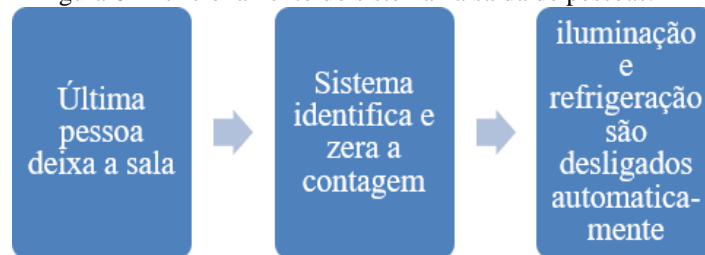
O sistema desenvolvido pode ser visto como um conjunto de monitoramento e atuação, dividido em três etapas fundamentais, tanto para a entrada quanto para a saída de pessoas da sala, mostradas nas Figuras 5 e 6. Uma informação importante a se ressaltar é que, mesmo sendo ações ordenadas, as duas últimas etapas de entrada acontecem quase que simultaneamente, valendo o mesmo para a saída.

Figura 5 - Funcionamento do sistema na entrada de pessoas.



Fonte: Autores

Figura 6 - Funcionamento do sistema na saída de pessoas.

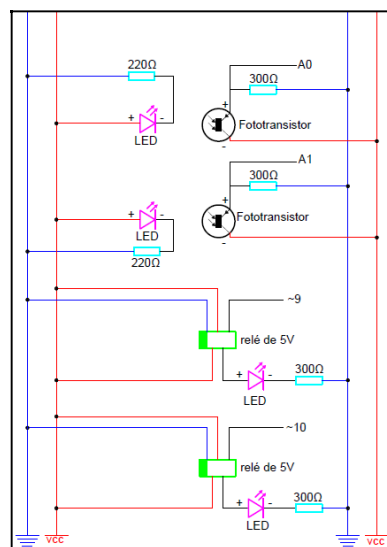


Fonte: Autores

O monitoramento de pessoas na sala é realizado a partir de pares emissor-receptor ótico, formados por um *LED* e um fototransistor. Para que o sistema identifique se a pessoa está entrando ou saindo, existem dois pares emissor-receptor, distantes entre si de aproximadamente 10 centímetros, simulando o posicionamento em uma porta. O primeiro par está associado às variáveis de controle A0 enquanto o segundo par está associado ao sinal de controle A1. Esses sinais são monitorados pelo Arduino. Tais variáveis são normalmente iguais à zero, pois os fototransistores estão alinhados com os *LEDs*. Conseqüentemente, os primeiros estão naturalmente saturados. Quando uma pessoa corta o feixe ótico, os fototransistores irão para o corte, fazendo com que os sinais A0 e A1 passem a ser iguais a Vcc. Desta forma, dependendo da sequência de mudança de estado das variáveis de controle (A0 seguido de A1 ou A1 seguido de A0), pode-se determinar se uma pessoa entrou ou saiu. Dependendo do tipo de detecção ocorrida, o microcontrolador decrementa ou incrementa o contador.

A atuação do sistema desenvolvido é realizada por relés. Mais especificamente, os circuitos de iluminação e refrigeração são acionados pelos relés a partir do momento em que o contador estiver com o valor diferente de zero. Isto é, no momento em que uma pessoa entrar na sala, ambos começarão a operar. Quando as pessoas estão saindo, o contador irá decrementar até chegar a zero e assim desativar os circuitos de iluminação e refrigeração. Para uma melhor visualização da operação do sistema desenvolvido, a Figura 7 mostra o esquemático do conjunto de monitoramento e atuação descritos acima, feita no *AutoCAD*.

Figura 7 - Esquemático do conjunto monitoramento e atuação.



Fonte: Autores

A representação das lâmpadas da sala de aula e dos aparelhos condicionadores de ar na Figura 6 foi feita por dois diodos emissores de luz. No entanto, é importante ressaltar que os relés utilizados têm capacidade de acionamento dos aparelhos em escala real.

3.2 Montagem e Programação

A montagem do circuito foi realizada de modo a ser o mais real possível, mesmo em escala de protótipo, seguindo padrões de segurança e robustez do projeto. Por exemplo, a fim de evitar surtos momentâneos de tensão e possíveis danos aos componentes, foi inserido um diodo em paralelo com cada um dos relés acionadores.

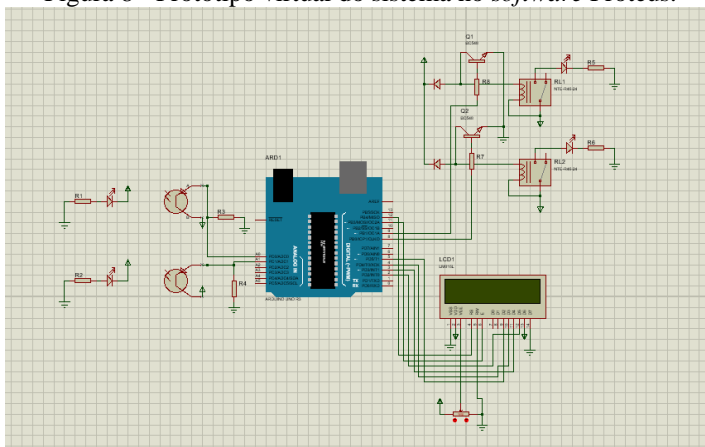
A implementação do sistema desenvolvido também apresenta o número de pessoas dentro da sala de aula através de um display de *LCD* 16x2. Isso foi possível, pois se definiu uma variável cujo valor é a diferença entre o número de indivíduos que entraram e que saíram, sendo o resultado exibido no *display*.

Outra etapa fundamental no desenvolvimento do sistema foi a programação do controlador. O código operacional foi desenvolvido por meio do software disponibilizado pela plataforma Arduino, que possui características da linguagem C++ com adaptações para a interação com o *hardware*. O programa define os valores 700 e 1000 como referências de leituras de intensidades luminosas para os fototransistores de entrada e saída, respectivamente. Esses números foram escolhidos mediante testes e servem como base para que o sistema identifique quando há a interrupção do feixe luminoso, incrementando ou decrementando o contador dependendo da orientação -entrada ou saída- das pessoas.

Além disso, a programação foi utilizada para prevenir a execução inadequada do sistema por mal-uso, intencional ou não. Por exemplo, não é possível incrementar o contador de pessoas sem efetivamente adentrar a sala. Nos casos em que uma pessoa passa apenas por um dos sensores e retorna, se mantém entre um par emissor-receptor ou fique parada entre os dois pares emissor-receptor, a iluminação e refrigeração permanecem desligados para a entrada de pessoas e ligados para a saída. Outra situação em que o sistema do contador poderia ser acionado indevidamente é quando alguém entra e sai muito rápido da sala. Esse problema foi solucionado com a adição de um atraso ao código. Esse comando faz com que o sistema opere apenas depois de um tempo mínimo pré-estabelecido.

Todo o sistema descrito acima está mostrado no protótipo virtual exibido na Figura 8, desenvolvido no *software* de simulação Proteus.

Figura 8 - Protótipo virtual do sistema no *software* Proteus.



Fonte: Autores

4 RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE DE CUSTOS

Como o sistema desenvolvido ainda está na fase de protótipo, não é possível mensurar exatamente a redução do consumo de energia ao utilizá-lo. Desta forma, foi feito primeiramente um levantamento de custos, baseados nos horários de aula, da carga instalada nas salas e do valor do kW.h cobrado para uma instituição pública. Após isso, foi feita uma estimativa de redução de custos caso o sistema de acionamento inteligente desenvolvido estivesse em uso, assumindo o tempo em que as salas geralmente ficam ociosas. Para esses cálculos, considerou-se apenas uma parte do campus da UFPA, conhecido como campus profissional, que conta com 12 blocos, cada um com 12 salas de aula.

Com relação aos horários de aula, o primeiro horário do turno matutino na UFPA inicia às 07:30 h e o último horário do período noturno termina às 22:00 h, totalizando 14 horas e 30 minutos ou 870 minutos em que os aparelhos de ar condicionado e lâmpadas estão em funcionamento. Cada aula possui duração de 50 minutos, logo, diariamente, são ministradas aproximadamente 17 aulas, 6 pela manhã, 6 pela tarde e 5 pela noite. Além disso, as salas de aulas que formam um bloco não são todas utilizadas ao mesmo tempo, havendo, pelo menos, uma sala vazia em cada turno durante o tempo correspondente a duas aulas. Portanto, levando em consideração 100 minutos como o tempo referente a duas aulas em que ao menos uma sala está vazia, mas com iluminação e refrigeração acionados, multiplicado por 3 (quantidade de turnos de aula na UFPA), os aparelhos de ar condicionado e lâmpadas operam indevidamente por, pelo menos, 300 minutos a cada dia de aula. Considerou-se 22 dias como a quantidade de dias úteis no mês.

Quanto à carga instalada em cada sala, foram usados os dados a seguir. Cada sala possui dois aparelhos de ar-condicionado com 9.000 BTU, totalizando 18.000 BTU que correspondem a 5,275 kW.h. A conversão de BTU para kW.h foi realizada para a adequação à unidade de medida de consumo de energia elétrica. A mudança foi feita levando-se em consideração a equivalência de 1 BTU para aproximadamente 0,2930 kW.h. A iluminação de cada sala é feita através de vinte e quatro lâmpadas fluorescentes de 32 watts, totalizando 768 W que correspondem a 0,768 kW.h em termos de energia, considerando uma hora de funcionamento. Analogamente aos critérios utilizados para dimensionamento de gastos com refrigeração, para iluminação foram estabelecidos 22 dias úteis no mês e 300 minutos de uso indevido em uma sala de aula.

Em referência aos custos do kW.h para instituições públicas, o valor em reais cobrado pela concessionária local é de R\$ 0,56 para órgãos do poder público (portal CELPA, 2016), de acordo com a resolução da ANEEL 2.117/2016.

O levantamento de custos acima descrito está sumarizado nos quadros 1, 2 e 3.

Quadro 1 - Levantamento de consumo diário com refrigeração e iluminação para uma sala de aula.

REFRIGERAÇÃO		
Energia para 18.000 BTU (kW.h)	Tempo sem uso do equipamento (h)	Consumo diário (kW.h)
5,275	6	31,65
ILUMINAÇÃO		
Potência (W)	Tempo sem uso do equipamento (h)	Consumo diário (kW.h)
768	6	4,608

Fonte: Autores.

Quadro 2 – Estimativas de custos para uma sala de aula.

REFRIGERAÇÃO			
Consumidor	Valor do kW.h (R\$)	Custo diário (R\$)	Custo mensal (R\$)
Poder Público	0,56	17,724	390
ILUMINAÇÃO			
Consumidor	Valor do kW.h (R\$)	Custo diário (R\$)	Custo mensal (R\$)
Poder Público	0,56	2,58	56,76

Fonte: Autores.

Quadro 3 – Custo total.

REFRIGERAÇÃO		ILUMINAÇÃO	
Número de blocos de aula	Custo mensal (R\$)	Número de blocos de aula	Custo mensal (R\$)
1	5.361,12	1	681,12
12	64.333,44	12	8.173,44

Fonte: Autores.

Como o campus profissional tem 12 blocos com 12 salas cada, o custo total de implantação do sistema de acionamento inteligente seria em torno de seis mil reais.

5 CONCLUSÕES

Valendo-se de conceitos e aplicações de eletrônica, controle e automação, foi apresentado neste artigo um sistema de acionamento inteligente de baixo custo para minimizar o desperdício de energia elétrica na Universidade Federal do Pará. O mesmo projeto pode ser aplicado em outras instituições do setor público e privado, disseminando o consumo racional e consciente de energia elétrica.

Uma das principais vantagens da aplicação do trabalho desenvolvido é a economia para a entidade onde o mesmo for instalado. No caso do campus profissional da universidade Federal do Pará, o custo de implantação do sistema de acionamento inteligente está em torno de seis mil reais. Esse valor é ínfimo perto do benefício financeiro que o mesmo acarretará à academia, afinal o valor de implementação do projeto representa aproximadamente 0,69% da quantia referente a parcimônia anual proveniente de sua atuação. Com a redução substancial nas despesas com energia elétrica, seria possível aumentar a receita da instituição, gerando uma reserva financeira para possíveis investimentos em outros setores.

Há outros benefícios consequentes da aplicação do sistema aqui apresentado. Uma preocupação das empresas atualmente é conseguir o reconhecimento como entidade sustentável. O sistema desenvolvido ajuda nisso, ocasionando uma diminuição na necessidade de geração de energia elétrica uma vez que seu uso dar-se-á de forma inteligente. Essa diminuição oportuniza, por exemplo, o encolhimento da imprescindibilidade de operação das usinas termelétricas.

O projeto também contribuirá para a acessibilidade dos alunos com necessidades especiais. Pessoas com deficiência visual que poderiam apresentar problemas para encontrar os interruptores para o acionamento manual de iluminação, muitas vezes instalados em locais indevidos, não terão essa preocupação quando o projeto estiver em operação.

Além de tudo isso, o projeto também traz reconhecimento para a instituição de ensino já que a mesma está ajudando no desenvolvimento tecnológico da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESCO. **Desperdício de Energia Desperdício de energia gera perdas de R\$ 12,6 bilhões.** 2015. Disponível em <<http://www.abesco.com.br/pt/novidade/desperdicio-de-energia-gera-perdas-de-r-126-bilhoes/>>. Acesso 15 fev. 2018.

Arduino *Documentation*. **What is Arduino?**. 2015. Disponível em <<http://web.csulb.edu/~hill/ee400d/Technical%20Training%20Series/02%20Intro%20to%20Arduino.pdf>>. Acesso em 26 jun. 2019.

CERNE. **Desperdício de energia atinge R\$ 61,7 bi em três anos.** 2017. Disponível em <<http://cerne.org.br/desperdicio-de-energia-atinge-r-617-bi-em-tres-anos/>>. Acesso em 20 fev. 2018.

EPE. **Demanda de Energia 2050.** 2016. Disponível em <<http://www.epe.gov.br/sites-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-202/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>>. Acesso em 21 de mar. 2018.

FERRONI, EDUARDO HENRIQUE *et al.* **A Plataforma Arduino e suas aplicações.** 2015. Disponível em <<https://revistas.rcaap.pt/uiips/article/view/14354/10740>>. Acesso em 26 jun. 2019.

Oliveira, Sergio. **INTERNET DAS COISAS COM ESP8266, ARDUINO E RASPBERRY PI.** 1 ed. São Paulo: Editora Novatec, 2017.

Portal Celpa. **Cobrança de Tarifas.** 2016. Disponível em <<http://www.celipa.com.br/residencial/informacoes/cobranca-de-tarifas>>. Acesso 11 set. 2018.

TECNOSANT. **FOTOTRANSISTOR INFRAVERMELHO TIL78 (RECEPTOR LENTE TRANSPARENTE).** 2018. Disponível em <<https://tecnosant.com.br/fototransistor-infravermelho-til78-receptor-lente-transparente>>. Acesso em 26 jun. 2019.

Universidade Federal do Pará. **UFPA em Números.** 2015. Disponível em <<http://www.ufpanumeros.ufpa.br/>>. Acesso 31 de ago. 2018.

INTELLIGENT ACTIVATION OF ILLUMINATION AND REFRIGERATION IN CLASSROOMS BY MEANS OF MONITORING PRESENT PEOPLE

Abstract: *This paper presents a system developed by means of the Arduino electronic prototyping platform, programmed to perform the monitoring of people in the room and later to activate and / or turn off the lighting and cooling circuits of a room, after identifying the minimum quantity of people stipulated in the programming. The objective of this work is to develop a low-cost method to combat the waste of electric energy in the classroom blocks of the Campus Belém of the Federal University of Pará (UFPA). It is shown in the article, by means of numbers, that the developed prototype presents viability of implementation in real scale because it presents good results regarding the financial saving for the UFPA generated by the correct use of the electric energy in the Campus when it is in operation.*

Key-words: *Arduino. Waste of Energy. Energy Savings.*