

UMA PROPOSTA PARA AUTOMAÇÃO DOS SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR E ILUMINAÇÃO DAS SALAS DE AULA DO CAMPUS PALMAS

Valci Ferreira Victor¹, Rafael Silva Victor², Kaike Castro Carvalho², Luiz Felipe Santana de Araújo Souza², Levi Dias Moreira³, Arabutan Marques Neres³

¹Professor Dr. da Coordenação da Área Indústria do IFTO Campus Palmas. e-mail: victor@ifto.edu.br

²Estudantes do curso Técnico em Mecatrônica 3º Ano - IFTO. Bolsistas do CNPq. e-mail: rafaast@outlook.com, kaikecastro@hotmail.com, luizfelipeplm@outlook.com.

³Tecnólogos em Sistemas Elétricos. e-mail: levi-moreira@uol.com.br, arabutan@ig.com.br

Resumo: Este trabalho descreve o estudo do funcionamento dos sistemas de condicionamento de ar e iluminação das salas de aula do IFTO *campus* Palmas, bem como uma proposta de automação desses sistemas tendo em vista a redução do consumo de energia elétrica com os mesmos. A automação utilizará o microcontrolador Arduino®, sensores de temperatura infravermelho e relés. Na operação a iluminação deverá ser ligada quando da chegada de uma ou mais pessoas na sala; o sistema de condicionamento de ar será ligado quando entrarem duas ou mais pessoas e permanecerem por mais de três minutos. Os condicionadores de ar serão ligados somente se a porta estiver fechada, no caso de abertura da mesma por um período igual a cinco minutos o sistema será desligado. Ambos os sistemas serão desligados automaticamente cinco minutos após a saída da última pessoa da sala. O sensoriamento da presença de usuários dentro da sala será realizado pelo sensor de temperatura que opera com medição da radiação infravermelha presente no ambiente.

Palavras-chave: automação, condicionadores de ar, iluminação, desperdício de energia.

1. INTRODUÇÃO

A automação de sistemas tem sido uma das áreas de grande crescimento nas últimas décadas. Sistemas, os mais variados possíveis, têm sido produzidos para controle de todo tipo de atividade nas indústrias, nas edificações e em todas as áreas que se possa imaginar (Mariotoni, Andrade, 2002).

A automação em edificações, residências, devido ao grande crescimento, tornou-se uma subárea bem caracterizada classificada como Domótica (Matos, 2003). Na automação residencial/predial, pode-se citar dentre outros sistemas aqueles para segurança, controle de acesso, irrigação, acionamento de equipamentos eletroeletrônicos, iluminação, condicionamento de ar, etc.

Em edificações públicas e principalmente em instituições de ensino, são sempre presentes os sistemas de iluminação e condicionamento de ar que funcionam praticamente durante todo o horário de expediente, sendo estes sistemas responsáveis em grande parte pela maior parcela dos custos relacionados às contas de energia elétrica.

Nos Blocos de sala de aula do IFTO *campus* Palmas até o ano de 2013 havia 39 salas com 34,28 kW instalados em iluminação e 178,41 kW instalados em condicionadores de ar. O funcionamento dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar durante os dias letivos se distribui em três turnos totalizando cerca de 13 horas. No entanto, observou-se no censo realizado nos meses agosto a outubro de 2014 que os condicionadores de ar são ligados no início do turno matutino às 7h30min e somente são desligados às 23h por ocasião do encerramento do turno noturno, num total de 16 horas e 30 minutos de operação.

A ineficiência ocasionada pela operação inadequada dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar é verificada devido à falta de procedimentos adequados tanto de usuários quanto de servidores, bem como devido a carência de servidores para que a operação desses sistemas possa ocorrer na medida necessária.

O sistema de iluminação das salas de aula pode ser operado por qualquer usuário, que voluntariamente tem a faculdade de ligá-lo e/ou desligá-lo. Contudo, a iluminação das salas de aulas está quase sempre desnecessariamente funcionando quando os usuários já não mais ocupam esses ambientes por horas. Quanto aos sistemas de condicionamento de ar os controles remotos para operação das máquinas, devido ao vandalismo e/ou furto, não ficam nas salas de aula, sendo as máquinas ligadas pela manhã no início do turno matutino e desligadas no final do turno noturno na maioria dos dias. Condições estas, são os fatores que motivaram a proposta de automação de ambos os sistemas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado verificando-se inicialmente o funcionamento dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar. Após a verificação do funcionamento observou-se que durante a operação ambos os sistemas permaneciam em funcionamento desnecessariamente. Com isso percebeu-se a necessidade de realizar um levantamento para quantificar o tamanho do desperdício de energia elétrica nas salas de aulas. Assim, foi realizado um censo em todas as salas de aulas durante cinco semanas consecutivas verificando o funcionamento destes sistemas. As potências nominais das máquinas de condicionamento de ar e iluminação das salas é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição das potências nominais dos condicionadores de ar e iluminação nas salas de aulas.

Bloco 5		Bloco 7 e 8		Blocos 9 e 11			
Sala	Potência (W)	Sala	Potência (W)	Sala	Potência (W)		
504	4544	515	4984	701	2727	902	2492
505	2492	516	5468	706	2058	903	2492
506	4544	517	5468	710	8602	904	2492
507	2492	518	5468	711	8602	905	5928
508	4544	519	5468	712	8602	906	5928
509	4544	520	5468	713	8602	907	5928
510	2492	521	5468	714	8602	908	5928
511	2492	522	5468	715	8602	1106	8602
512	4544	523	6096	802	2492	1107	8602
513	2492	524	6148	-	-	1108	8602

Tendo por base os levantamentos dos períodos nos quais as salas estavam com os sistemas de iluminação e condicionamento de ar operando desnecessariamente foi proposto um sistema de automação utilizando-se o microcontrolador Arduino®, sensores de temperatura, emissor infravermelho para comunicação com o condicionador de ar e relés para o acionamento da iluminação. A ideia do sistema é apresentada na Figura 1.

Uma das funções importantes para o funcionamento do protótipo é a contagem de indivíduos na sala. Desta forma o sensor escolhido foi o MLX90614ESF-DAA. Para a sua implantação, partiu-se do princípio que ao entrar em uma sala aumenta-se a quantidade de raios infravermelhos refletidos para o sensor de forma que esta mudança possa ser detectada e medida. Assim o número de pessoas na sala poderia ser calculado de forma aproximada.

O sensor informa a temperatura de dois modos, uma é a temperatura pontual e a outra é a ambiente que é a soma das temperaturas de todos os objetos na área de captura do sensor.

Os testes foram realizados em sala com um circuito de transmissão integrado ao de medição em uma *prompt board*. O qual foi apontado para o condicionador de ar a uma distância de 5 metros, ou seja, o equivalente à parede do outro lado da sala.

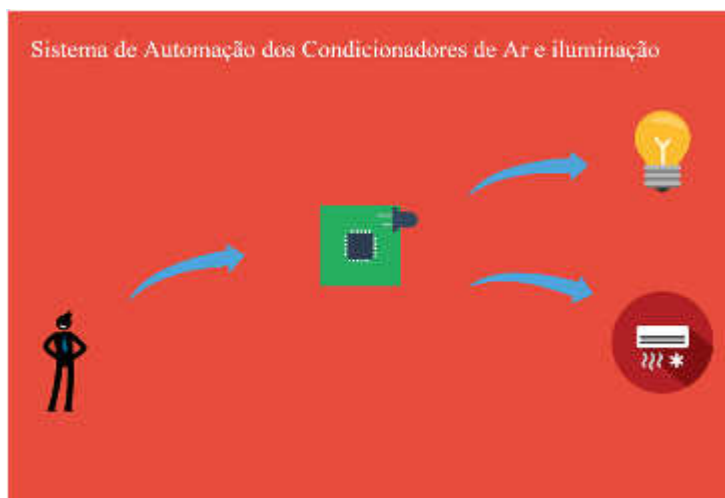


Figura 1 – Concepção do sistema de automação de condicionadores de ar e iluminação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo do funcionamento dos condicionadores e da iluminação do *campus* Palmas apresentou dados que justificaram a proposição de um sistema que permitisse evitar o desperdício conforme estimado e apresentado na Tabela 2. O censo realizado nas 39 salas apresenta uma realidade preocupante, visto que há um grande período em que as salas de aula se encontram vazias considerando-se os dias letivos do trabalho. A Tabela 3 apresenta o resumo do censo, quantidade média de vezes que um determinado tipo de sala estava com um ou os dois sistemas funcionando desnecessariamente em um determinado dia da semana durante o período do levantamento de dados.

O tempo total de disponibilidade da sala de aula durante o dia foi dividido pelo período de 53,5 minutos, tempo equivalente a uma aula quando se pondera os diferentes níveis e modalidades de ensino do *campus* Palmas nos três turnos. Observando-se os dados nota-se que em cerca de 10% dos períodos, 1676 e 1384 vezes, as salas de aula estavam com um ou mais sistemas funcionando desnecessariamente.

Na avaliação realizada durante o período do censo o objetivo era a identificação da operação dos sistemas durante o período letivo e os horários de aula, tendo sido esta preocupação da equipe que conduziu os trabalhos. No entanto, não se tentou identificar as razões porque os sistemas operavam de maneira ociosa quando deveriam haver estudantes nas salas de aulas. Ainda que se conheçam alguns dos motivos que provocam a falta destes no horário de aulas tais como falta e/ou atraso dos professores; aulas de laboratório; visitas técnicas; atividades em outros ambientes escolares; reuniões em auditório ou mini-auditórios; atividades de pesquisa em biblioteca; entre outras.

Como os condicionadores de ar, em geral são máquinas de potência consideráveis e o tempo que os mesmos passam em funcionamento ocioso é bastante razoável chegou-se à conclusão que a proposição de um sistema de automação para os sistemas de iluminação e condicionamento de ar se justifica e deve ser implementado de forma que os recursos, que já são poucos para o funcionamento da Instituição em todas as suas atividades, possam ser utilizados de forma mais eficiente na alocação para outras necessidades.

Tabela 2– Desperdício mensal por salas nos blocos.

Sala	Bloco 5		Bloco 7 e 8		Blocos 9 e 11		
	R\$	Sala	R\$	Sala	R\$	Sala	
504	120,81	515	204,66	701	106,87	902	91,72
505	91,27	516	214,09	706	79,18	903	96,86
506	178,03	517	211,02	710	339,90	904	88,61

507	89,41	518	217,34	711	345,63	905	216,05
508	160,71	519	228,16	712	336,71	906	223,03
509	88,62	520	221,22	713	339,82	907	217,21
510	88,49	521	227,05	714	335,53	908	215,34
511	96,50	522	218,16	715	342,57	1106	334,80
512	108,30	523	247,82	802	315,20	1107	306,22
513	93,37	524	243,47	-	-	1108	330,19
			R\$ 3.348,50	R\$ 2.541,41		R\$ 2.216,89	

O desperdício total mensal nas salas de aulas do *campus* Palmas equivale a R\$ 8.106,80 (oito mil cento e seis reais e oitenta centavos). Extrapolando-se o resultado observado nos meses de agosto a outubro, período do censo para as salas de aula, para um ano pode-se chegar a cerca de R\$ 81.068,00 (oitenta e um mil e sessenta e oito reais) para 10 (dez) meses de atividades nos dois semestres letivos. Os cálculos do consumo dos condicionadores de ar foram realizados tendo por base os resultados do ciclo normatizado pelo INMETRO e os custos da energia elétrica foram obtidos considerando as tarifas obtidas no site da Concessionária (CELTINS, 2014).

Tabela 3 – Quantidade de períodos de 53,5 minutos que as salas estavam ociosas nas semanas.

Dia	Condicionador de Ar	Iluminação
Segunda-feira	297	304
Terça-feira	324	261
Quarta-feira	379	268
Quinta-feira	339	233
Sexta-feira	337	318
Total	1676	1384

Quanto aos horários que o funcionamento ocioso do(s) sistema(s) ocorre(m) nota-se que o tempo dos intervalos é significativo comparado aos tempos de funcionamento desnecessário observados nos períodos matutino, vespertino e noturno conforme dados à Tabela 4. Nesta tabela são apresentadas o número de vezes, número de intervalos de 53,5 minutos, que a sala estava operando com os sistemas ociosos

Os períodos que as salas se encontram com os sistemas de condicionamento de ar e iluminação e somente com o sistema de condicionamento de ar funcionando ociosamente para os períodos de intervalos representam 42,4% e 40,9% respectivamente de todas as quantidades de vezes que o sistema opera desnecessariamente. O desligamento de ambos os sistemas somente durante os intervalos já proporcionaria ao *campus* uma economia significativa.

Tabela 4 – Quantidade de períodos de 53,5 minutos que as salas estavam ociosas durante o dia.

Período	Condicionador de Ar	Iluminação
Matutino	405	336
Intervalo I	207	308
Vespertino	165	363
Intervalo II	505	258

Noturno	394	119
Total	1676	1384

A identificação do número de pessoas foi conseguida utilizando-se o sensor infravermelho. Testes foram realizados em sala para verificar a eficiência do sensor. Foi possível detectar a variação da quantidade de pessoas.

O protótipo utilizado foi capaz de ligar e desligar os condicionadores de ar a partir das leituras feitas pelo sensor de temperatura e posteriormente tratadas pelo algoritmo.

A maior dificuldade para realizar a operação dos sistemas se deu na comunicação com a máquina de condicionamento de ar. As máquinas dos diferentes fabricantes possuem diferentes códigos para o controle remoto.

Ao pressionar um botão do controle remoto é enviado por infravermelho para o receptor do condicionador de ar, *Split*, um binário codificado com as informações do comando solicitado pelo usuário: ligar, desligar, aumentar ou diminuir a temperatura, etc.

Nos diversos tipos de máquinas foram testados códigos capturados pelo controle remoto específico de cada máquina, mas que mesmo sendo reproduzido pelo microcontrolador Arduino® não realizava comandos como o liga – desliga das máquinas. Cerca de 30 diferentes códigos foram testados para que se conseguisse controlar as funções *on-off* das máquinas utilizadas nas salas de aula do IFTO *campus* Palmas. Esta foi a etapa do projeto que mais levou tempo devido à complexidade dos códigos de comunicação e clonagem do controle do condicionador de ar. Foram despendidos cerca de 4 meses trabalhando com diversos códigos para clonagem do controle, todos ineficazes. Seguindo sempre o protocolo de procurar os códigos em tutoriais, passá-los ao Arduino®, fazer a leitura do que era recebido do controle nos comandos *on-off* e o redirecionamento deste por meio do circuito com o emissor infravermelho. Por fim, foi encontrado um código de comunicação que possibilitou o controle *on-off*, quanto da temperatura a ser setada.

Após a automação dos sistemas de cada uma das salas de aula referidas neste trabalho outras propostas podem ser apresentadas dando continuidade à automação dos sistemas tais como a implementação do sistema para realizar o controle da iluminação e condicionadores de ar em uma sala de aula como protótipo; a criação de uma rede utilizando-se um sistema mais amplo que possa realizar o controle de todas as salas de aula do *campus*; um sistema de monitoramento que utilize banco de dados com informações da utilização das salas de aula durante o período letivo; otimização do sistema de condicionamento de ar permitindo o controle da temperatura da sala de forma a melhorar o conforto dos usuários; o controle ativo do nível de iluminação das salas de aula para melhor conforto visual dos usuários.

6. CONCLUSÕES

Em acordo com os resultados apontados identifica-se que a proposta de automação dos sistemas e condicionamento de ar e iluminação das salas de aula do *campus* Palmas encontra respaldo diante de uma análise técnico-econômica que justifica a redução do desperdício de energia elétrica conforme verificado. No entanto, a continuidade do projeto que é parte de um objetivo maior, qual seja a implementação de um sistema para as várias salas de aula do *campus* necessita de mais estudos e principalmente de recursos para a compra de materiais e custeio de Mão-de-obra necessários à consecução da proposta.

O montante desperdiçado justifica a alocação de recursos para a implementação de um sistema que permita a redução dos gastos com o insumo energia elétrica. Observada a fonte de recursos federal, qualquer gasto da ordem de R\$ 8.000, 00 (oito mil reais) mensais poderiam ser investidos para melhoria na instituição. No entanto, é preciso que os gestores acompanhem, avaliem e se convençam que a mudança é necessária e que é racional mobilizar os recursos e transformar a pesquisa em produto.

O custo total dos materiais para a produção do protótipo para cada sala é de R\$ 115,00 (cento e quinze reais). A simulação do protótipo, etapa anterior à construção foi realizada utilizando o *software* Proteus® versão 7 Professional. A placa de circuito impresso foi construída na máquina Comando Numérico Computadorizado - CNC, nos laboratórios da Área Indústria do *campus* Palmas.

Tabela 5 – Custo unitário dos componentes do protótipo;

Componente	Custo R\$
Sensor	75,00
Arduino Standalone	15,00
Fenolite	2,50
Relé	2,50
Fonte	20,00
Total	115,00

Os dados levantados no estudo, censo realizado, apresenta um comportamento dos usuários bastante deletério para a otimização dos recursos e uso eficiente da energia elétrica no *campus*. Observou-se também com o estudo que não há servidores para a operação dos sistemas de forma que se evite o funcionamento desnecessário dos sistemas e também que uma mudança comportamental em massa é difícil de ser conseguida dada a cultura dos usuários.

Alguma medida intermediária até que se termine a pesquisa e se opte por automatizar o funcionamento dos sistemas pode ser implementada com baixo custo operacional - desligamento dos sistemas no período de intervalos utilizando um agente humano.

O baixo custo com materiais necessários para implementar a automação proposta dado o montante do desperdício verificado com os custos de energia elétrica e os resultados dos testes realizados para automação das máquinas validam a proposta considerando o retorno que a mesma trará à Instituição.

REFERÊNCIAS

Arduino Home. (25 de setembro de 2015). Fonte: Arduino: <https://arduino.cc/>

CASTRO, M. N. D.; JOTA, F. G.; ASSIS, E. S. D. **A AUTOMAÇÃO COMO FERRAMENTA PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES**. Anais do Congresso Brasileiro da Eficiência Energética, Belorizonte - MG, 2005. 268-273.

CELTINS. **Tarifas vigentes**, 2014. Disponível em: <http://www.celtins.com.br/files/2012/06/Aneel_Resolu%C3%A7%C3%A3o-Homologat%C3%B3ria-n%C2%BA-1.760_tarifa-03.07.14.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2014.

COPEL. **Manual de Eficiência Energética na Indústria**. Curitiba: Fix to Fix, 2005. CRESPO, (Arduino Home, 2015)A. A. Estatística Fácil. 17ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2009. CUNHA, L. Gerenciamento de energia no Brasil. PORTAL O SETOR ELÉTRICO, 2010.

INMETRO. Condicionadores, 2014. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores.asp>>. Acesso em: 11 de outubro 2014.

Mota, J. A. A. J. (2003). **Casas Inteligentes**. Editora Centro Atlântico Ltda. Lisboa. Portugal. 145 p. 2003.



Mariotoni C. A. & Andrade E. P. (2002). **Descrição de Sistemas de Automação Predial Baseados em Protocolos PLC Utilizados em Edifícios de Pequeno Porte e Residências.** CTAI - Revista de Automação e Tecnologia da Informação. Volume 01 nº 1 Janeiro/Junho 2002