

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA CATARINENSE CÂMPUS VIDEIRA

Curso: Técnico em Eletroeletrônica Modalidade Concomitante 2010

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE AUTOMATIZADO DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DE INTERIORES

Denise Antunes de Lima¹; Jonatan Rafael Rakoski Zientarski²

RESUMO

Este projeto apresenta, desenvolve e estuda a viabilidade técnica e econômica da utilização da energia elétrica de maneira eficiente em uma de suas aplicações mais comuns: a iluminação de ambientes. Trata-se de um sistema de controle automatizado da iluminação artificial de interiores, que utiliza a iluminação natural do ambiente para economizar energia, e assim, aproveitar de forma mais sustentável os recursos naturais que provém esta energia.

Palavras-chave: Sistema de Controle, Iluminação, Iluminância, Energia Elétrica.

1 INTRODUÇÃO

A iluminação artificial do interior de ambientes é essencial para que se possam exercer as mais variadas tarefas do cotidiano, existem normas para o nível de iluminação necessária para cada tipo de tarefa a ser exercida em determinado local.

Este projeto trata do desenvolvimento de um sistema que utiliza a energia elétrica de forma mais eficiente na aplicação da iluminação artificial de interiores, mantendo a iluminação do ambiente conforme a legislação vigente. A ideia é economizar energia desligando as lâmpadas quando não forem necessárias. Para isso, foi criado um método de controle microcontrolado capaz de avaliar, por meio de sensores de iluminação, quais luminárias devem estar acesas e quais podem ser apagadas. Durante o desenvolvimento foram realizados também vários testes do protótipo e estudos sobre a viabilidade técnica/econômica deste sistema.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente realizou-se um estudo bibliográfico caracterizado pelo levantamento das leis existentes acerca do nível mínimo de iluminação necessário para determinadas tarefas (ABNT NBR-5413, 1992) e sobre os conceitos de luminotécnica (ABNT NBR-5382, 1977).

¹ Aluna do curso Técnico em Eletroeletrônica Modalidade Concomitante 2010, deny.alima@gmail.com.

² Professor Orientador do IFC – Câmpus Videira, jonatan@ifc-videira.edu.br.

Também foram estudados os componentes necessários para a construção do protótipo, características e funcionamento de cada componente.

O desenvolvimento do sistema proposto caracteriza-se por projetar e construir o *hardware* e *software* necessários ao seu funcionamento. Depois de ter o protótipo montado, foi necessário fazer testes e experimentações para saber se o funcionamento do mesmo estava conforme o previsto e também melhorá-lo no que fosse possível.

2.1 Desenvolvimento Teórico

Foi realizada a investigação teórica a respeito da legislação vigente (Tabela 1) para os sistemas de iluminação, bem como um estudo sobre luminotécnica, ou seja, estudos sobre boa iluminação, conceitos relacionados à iluminação tais como o que é luz, fluxo luminoso, eficiência luminosa, intensidade luminosa, iluminância e luminância.

Tabela 1– Os níveis mínimos de iluminância a serem observados nos locais de trabalho são aqueles estabelecidos na NBR 5413, da ABNT registrada no INMETRO. Há uma tabela para iluminância por classe de tarefas visuais.

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A – Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples.	20 – 30 – 50	Áreas públicas com corredores escuros.
	50 – 75 – 100	Orientação simples para permanência curta.
	100 – 150 – 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos.
	200 – 300 – 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto, maquinaria, auditórios.
B – Iluminação para área de trabalho.	500 – 750 – 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.
	1000 – 1500 – 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C – Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis.	2000 – 3000 – 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno.
	5000 – 7500 – 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica.
	10000 – 15000 – 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgias.

Em paralelo a isso foi realizada a investigação tecnológica sobre tipos e formas de funcionamento de sensores de luminosidade para o desenvolvimento de um circuito de instrumentação que faça a leitura da luminosidade do ambiente, investigação dos tipos e características dos microcontroladores e atuadores (PEREIRA, 2003), bem como o princípio

de funcionamento das lâmpadas e reatores usados (CAVALIN, 1998), incluídos a esta investigação estão todos os componentes envolvidos na construção de cada parte do sistema.

2.2 Projeto do *Hardware* do Sistema

Através do conhecimento obtido com investigações teóricas e tecnológicas foi possível criar um diagrama de blocos do Sistema de Controle e ter noção de seu funcionamento como um todo, o qual pode ser visto na Figura 1:

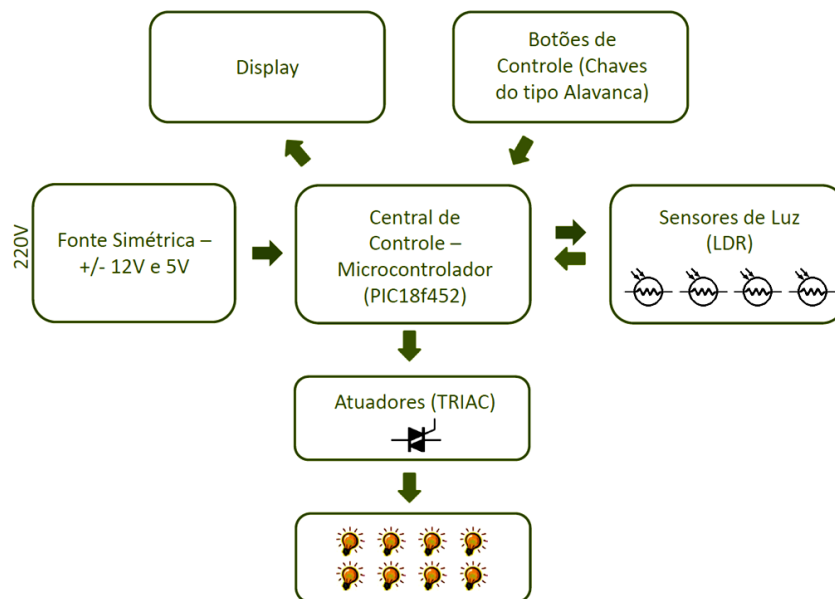


Figura 1 - Diagrama de Blocos - Sistema de Controle Automático da Iluminação artificial

A partir desse diagrama de blocos iniciaram-se o projeto e desenvolvimento do *hardware* do sistema, ou seja, o projeto e construção das placas de circuito impresso da central de controle, do circuito de instrumentação para leitura de iluminância e acionamento das lâmpadas.

2.2.1 Circuito de Instrumentação de Leitura de Iluminância (*lux*)

O circuito de instrumentação utiliza da característica do sensor LDR (WITKOVSKI, 2012), cuja resistência (Ω) é proporcional à intensidade da luz. O LDR é conectado a um circuito composto por divisores de tensão e amplificadores operacionais que ajustam os níveis de tensão do LDR para serem lidos pelo conversor A/D do microcontrolador e um filtro passa-baixa. Este circuito foi projetado para que o sinal enviado pelo LDR possa ser lido em longas distâncias com o mínimo possível de distorção ou interferências. O esquema elétrico pode ser visto na Figura 2 e a instrumentação de leitura pronta na Figura 3.

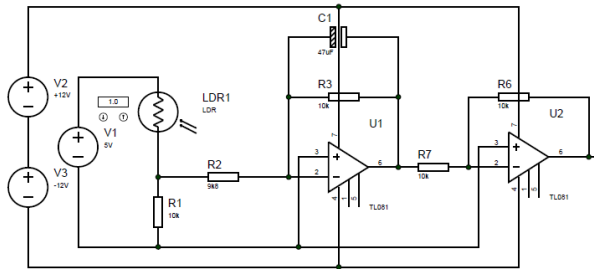


Figura 2 - Esquema elétrico do circuito montado para instrumentação do sensoriamento de iluminação ambiente

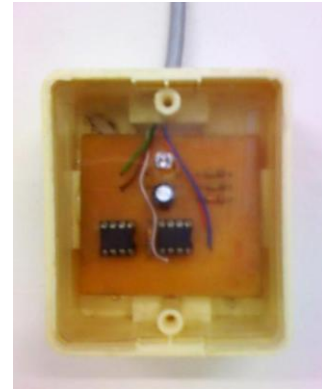


Figura 3 - Caixa com sensor de iluminação instalada na parede do laboratório

Além disso, foi necessário um estudo mais aprofundado sobre os sensores LDR, pois a curva de resistência do LDR com relação a iluminância não é linear. Para solucionar esta não-linearidade do sensor, foi traçado um gráfico com os valores de tensão medidos em relação aos valores medidos de iluminância, e, a partir desse gráfico (Figura 4) foi possível chegar a uma expressão polinomial interpolada que expressa o valor da iluminância no sensor como função do valor de tensão lido pelo LDR, chegando próximo ao valor real de iluminância.

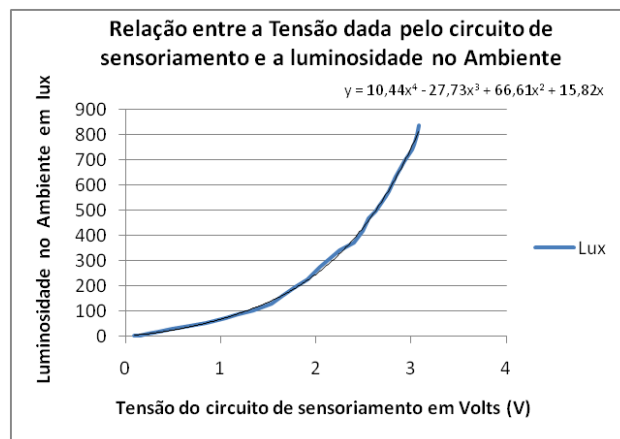


Figura 4 - Gráfico utilizado para entendimento da conversão de Tensão em Volts para iluminância em lux, pode-se observar a expressão polinomial interpolada utilizada para esta conversão. Onde y = iluminância e x = tensão.

2.2.2 Central de Controle

A central de controle utiliza as características do microcontrolador PIC18F452 (Figura 7), suas portas de analógicas para leitura de tensão dada pelo circuito de instrumentação de leitura de iluminância, suas entradas e saídas de uso geral (GPIO) para

interface homem-máquina (HMI), conforme Figura 6, onde o usuário tem possibilidade de usar o sistema no modo automático (onde é possível ligar todas as lâmpadas, desligar todas as lâmpadas e ligar somente as lâmpadas do fundo do laboratório), ou usar o sistema no modo automático (onde o sistema controla quais lâmpadas ficarão acesas conforme intensidade da luz natural do ambiente). Também são utilizados pinos GPIO do microcontrolador para o acionamento das lâmpadas de forma independente (Figura 5) e para mostrar no *display* dados atuais de iluminância bem como o estado do sistema (se está operando no modo manual ou automático).



Figura 5 - Caixa de comando. Dentro dela estão a fonte de alimentação canto inferior à esquerda, a central de controle canto inferior à direita, e os atuadores responsáveis por apagar e acender as lâmpadas.



Figura 6 - Caixa de comando instalada na parede do laboratório, próxima ao interruptor que agora não é utilizado.

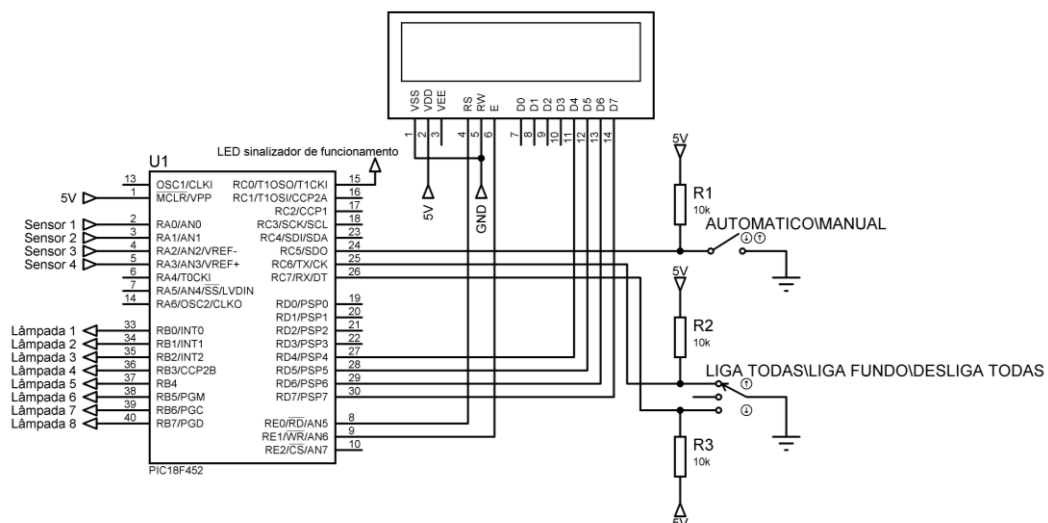


Figura 7 - Esquema elétrico do circuito montado para controle do sistema

2.2.3 Circuito para Acionamento das Lâmpadas

Ao ligar o sistema o microcontrolador faz com que todas as lâmpadas liguem, faz a leitura da tensão enviada pelo circuito de sensoriamento e converte para iluminância através da expressão polinomial (1) obtida através do gráfico da Figura 4.

$$Ilum = (10.44 \times V^4) - (27.73 \times V^3) + (66.61 \times V^2) + (15.82 \times V) \quad (1)$$

Após a conversão, o microcontrolador calcula o nível médio de iluminância do ambiente, e o compara com o mínimo necessário descrito pelos índices apresentados na Tabela 1. São quatro sensores de iluminância, cada um deles correspondendo à uma zona, e oito luminárias. Cada luminária exerce uma influência sobre cada sensor, o sistema reconhece, por meio de uma tabela, qual é essa influência em cada sensor. Desta forma, o sistema pode decidir por manter as luminárias como estão (caso a iluminância estiver de acordo com o mínimo e máximo previamente determinado), se for possível apagar uma delas, será apagada primeiro a luminária com maior influência sobre o sensor com maior iluminância, ou ainda, se depois que apagar as lâmpadas for necessário acendê-las novamente, a lâmpada que será acesa primeiro será aquela com maior influência sobre o sensor com menor iluminância.

2.4 Instalação e Funcionamento

Tendo o *hardware* e o *software* do sistema pronto, o mesmo foi instalado em um dos laboratórios do IFC Câmpus Videira, cujo *layout* é apresentado na Figura 10.

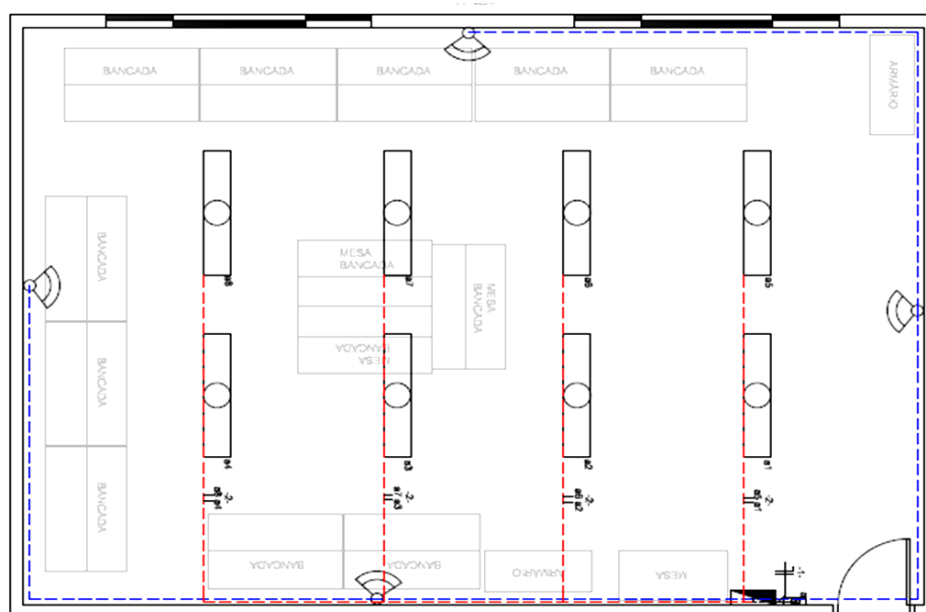


Figura 10 - Disposição das lâmpadas e sensores dentro do Laboratório 3 – Elétrica e Eletrônica onde foram feitos os testes, abaixo Figura 11 legenda da planta.







Legenda		Legenda Cabo de Rede 8 Vias	
	Sensor LDR	Condutor Verde	5V
	Lâmpada Fluorescente	Condutor Marrom	0V
	Caixa Interruptor das Lâmpadas - Seleção entre Automático e Manual	Condutor Laranja	-12V
	Quadro de Distribuição	Condutor Azul	+12V
	Cabo de Rede 8 vias (Sensor (1,2,3 e 4), 5V, 0V, +12V, -12V)	Condutor Branco do Laranja	Sensor 1
	Retorno das Lâmpadas (1,2,3,4,5,6,7 e 8) #2,5 mm	Condutor Branco do Verde	Sensor 2
		Condutor Branco do Marrom	Sensor 3
		Condutor Branco do Azul	Sensor 4

Figura 11 - Legenda da planta baixa na Figura 10.

Após a instalação do protótipo do sistema proposto foi possível realizar testes e experimentações para saber se o sistema estava funcionando de maneira correta ou se eram necessárias modificações na lógica de programação ou até mesmo no *hardware*. Na Figura 12 é possível observar o funcionamento do sistema operando em um dia típico.

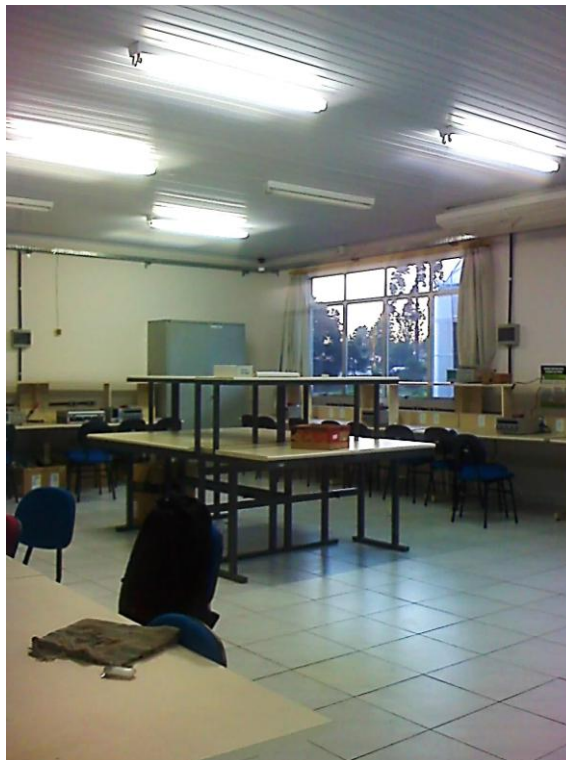


Figura 12 - Sistema de Controle da iluminação artificial em funcionamento

3 TESTES E RESULTADOS

Foi conectado ao protótipo um analisador de energia elétrica que entre outras medições faz análise de consumo de energia. O sistema proposto ficou funcionando no modo automático durante determinados períodos com condições climáticas favoráveis à sua atuação e o analisador traçou gráficos de acordo com o consumo de energia durante esses períodos.

Depois o mesmo foi feito sem o uso do controle automático da iluminação, ou seja, utilizando o sistema no modo manual com todas as lâmpadas ligadas.

O resultado dos testes feitos em dias típicos favoráveis à atuação do sistema foi positivo, pois o sistema de controle automatizado proporcionou uma economia de aproximadamente 44,73% durante este período. O que pode ser visualizado no gráfico da Figura 13.

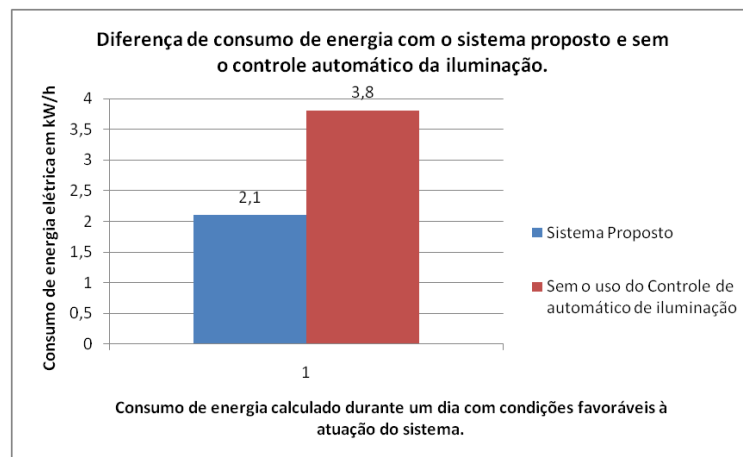


Figura 13 - Neste gráfico pode-se observar a diferença de consumo de energia. Quando é usado o sistema proposto, o consumo é bem menor (barra azul), já sem o uso do controle automático da iluminação, o consumo de energia é bem maior (barra vermelha).

Partindo do gráfico da Figura 13 como exemplo e considerando que o valor cobrado por 1kW/h é R\$0,40, o sistema economiza por dia R\$0,68, contando somente dias úteis da semana (20 dias) e considerando que as condições climáticas sejam favoráveis à atuação do sistema, o mesmo poderia gerar uma economia de R\$13,60 por mês e R\$163,20 por ano.

Considerando que o custo estimado do produto é de R\$500,00 pode-se concluir que o tempo de retorno do investimento será de 3 anos e 1 mês.

4 CONCLUSÃO

O sistema de controle de iluminação automatizado funciona como o previsto. A partir dos testes realizados foi feito um cálculo de viabilidade econômica como descrito acima que resultou em um retorno de investimento em até pouco mais de três anos.

Deve-se observar que é necessário um estudo mais aprofundado que leve em consideração períodos de testes maiores, e em todas as épocas do ano para obtenção de resultados mais realistas.

Todavia pode-se concluir que o investimento em projetos que colaborem com o uso consciente de energia elétrica como este pode ser economicamente viável, além de colaborar com a sustentabilidade do planeta.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413:** Iluminação de Interiores. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5382:** Verificação da Iluminância de interiores. 1977.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC:** Programação em C. São Paulo: Editora Érica Ltda., 2003.

CAVALIN, Geraldo. **Instalações Elétricas Prediais** / Geraldo Cavalin, Severino Cervelin. São Paulo: Editora Érica Ltda., 1998.

WITKOVSKI, A. **SENSORES LDR.** Apresenta informações sobre os sensores LDR e Termistores. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAPOMAF/sensores-ldr>>. Acesso em 28 de Abril de 2012.

DATASHEETS. 2003 - 2012. Apresenta informações sobre variados tipos de componentes eletrônicos. Disponível em: < <http://www.alldatasheet.com/>>. Acesso em 18 de Abril de 2012;