

Sistema Supervisório para Luminárias Empregadas na Iluminação Pública

Samuel Noronha Ramos, Maikel F. Menke, Giancarlo C. Daros, João P. Duranti, Álysson R. Seidel.
Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento em Sistemas Elétricos e Computacionais (GSEC)
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Santa Maria, Brasil
sam.ukasnr@gmail.com

Resumo—Este artigo apresenta o projeto e execução de um sistema supervisório para um conjunto de luminárias de 100 W, empregadas na iluminação de vias públicas. Com o crescimento da demanda de energia elétrica nos últimos anos, pesquisas envolvendo soluções que proporcionam melhor rendimento, eficiência, confiabilidade e custo benefício em sistemas de iluminação artificial (SIA), adquirem cada vez mais importância. SIA baseados em LEDs resultam hoje em sistemas com elevada eficácia luminosa, elevada vida útil, bom índice de reprodução de cores, e considerável flexibilidade. No entanto, para conduzir estes sistemas a outros patamares de redução do consumo de energia e versatilidade, é imprescindível a sua conectividade com um sistema supervisório. O sistema de supervisão experimental desenvolvido se comunica com o microcontrolador contido no sistema de acionamento dos LEDs da luminária através do protocolo Modbus. O sistema supervisório tem por objetivo geral monitorar e controlar as principais variáveis do circuito eletrônico projetado para o acionamento dos LEDs da luminária, bem como realizar um banco de dados da aplicação.

Keywords – *Dimming, Iluminação Pública, LEDs, Sistema Supervisório.*

I. INTRODUÇÃO

Considerando que sistemas de iluminação artificial correspondem a 20% da energia elétrica consumida no mundo [1], se fazem necessárias novas alternativas para reduzir este significativo percentual de consumo. Uma alternativa, que é alvo de muitas pesquisas atualmente, é a rede inteligente, ou *Smart Grid*. A rede inteligente se baseia no conceito de melhorias em relação ao consumo de energia, adequando a infraestrutura de rede já existente e agregando tecnologia para poder gerenciar a quantidade e qualidade dessa energia em tempo real, bem como ser capaz de detectar, reportar e agir contra eventos ou falhas no sistema.

Com os avanços das tecnologias de comunicação e de acesso à internet, o conceito de *Internet of Things* (IoT), traz a perspectiva de objetos do dia-dia terem tecnologia embarcada, tornando-os capazes de se comunicar uns com os outros, bem como com os usuários da rede [2]. Isso só é possível por conta da evolução dos dispositivos de comunicação, sensores e processadores, que ao longo dos anos reduziram de tamanho, melhoraram a eficiência e diminuíram de custo. Devido a essa tendência, a IoT está se tornando cada vez mais popular e já é realidade em muitas aplicações, proporcionando a possibilidade de controle remoto e gerenciamento de dados desses

objetos. Pesquisas revelam a ascensão das redes inteligentes em SIA, que proporcionam um conjunto variado de benefícios aos usuários [3]. Na iluminação pública, o desenvolvimento dessa tecnologia é tendência em uma cidade inteligente, ou *Smart City*, onde os SIA tem não somente a iluminação como objetivo, mas também a troca e gerenciamento de informações [4]. A proposta de conexão das luminárias a uma rede de internet é cada vez mais atraente em áreas urbanas e rodovias, por conta da potencial capacidade de controle e monitoramento de cada luminária através de uma central de processamento de dados, resultando em uma série de vantagens aos municípios e usuários. Estima-se que, em 2035, 72% das luminárias utilizadas na iluminação pública sejam conectadas a um sistema inteligente de supervisão e controle [5].

Os SIAs a base de diodos emissores de luz (LEDs) vem cada vez mais adquirindo espaço no mercado, por conta de suas vantagens e características em relação às demais fontes de iluminação, dentre elas podem-se destacar: longa vida útil, flexibilidade, elevada eficácia luminosa e bom índice de reprodução de cores [1]. No entanto, por conta das características elétricas dos LEDs, se faz necessário o uso de um conversor eletrônico de energia, chamado *driver*, para o correto acionamento dos LEDs. O *driver* é conectado entre a carga baseada em LEDs e a fonte alimentação, que em sistemas de iluminação pública é a própria rede elétrica.

Para implementação de um sistema inteligente de supervisão, softwares SCADA (do inglês, *Supervisory Control and Data Acquisition*) podem ser empregados. Os sistemas de supervisão e aquisição de Dados, são comumente chamados de softwares SCADA ou somente Supervisório [3]. Esta ferramenta permite realizar diversas funções como: monitorar variáveis de um processo, atuar de forma direta em dispositivos do processo, supervisionar o processo e sua evolução, possibilidade de controle automático ou manual, e ainda a possibilidade de comunicação e integração do processo com *softwares* e ferramentas de sistema de gestão da produção [6]. As aquisições de dados podem ser provenientes de diversos dispositivos conectados em rede, dentre os inúmeras possibilidades citam-se: CLPs (Controladores Lógicos Programáveis), sensores, microcontroladores, módulos de aquisição de dados (DAQ), dentre outros, computadores, *softwares* externos, dentre outros [7]. Estes *softwares* têm como características, através de suas funcionalidades, agregar: qualidade, redução

dos custos operacionais, maior desempenho de produção, base de dados para outros sistemas de gerenciamento de processo, ou seja, vantagem competitiva [3].

Nesse contexto, incorporando um supervisor ao SIA a base de LEDs, os gestores do sistema de iluminação pública, por exemplo, podem visualizar qualquer funcionamento inadequado das luminárias e enviar equipes diretamente para verificar o ocorrido, reduzindo as operações, a manutenção e até os custos relacionados [8]. Os *drivers* controlados para iluminação têm chamado atenção de diferentes setores, e em conjunto com o sistema supervisor, se torna um método com grande potencial de agregar inteligência aos SIA [5]. Devido a flexibilidade dos LEDs, funcionalidades como o controle da intensidade luminosa (*dimming*) e controle da temperatura de cor podem ser facilmente agregados ao sistema e assim controladas remotamente pelo supervisor.

O sistema supervisor proposto tem por objetivo geral monitorar e controlar as principais variáveis do circuito eletrônico projetado para o acionamento de LEDs de uma luminária destinada para aplicação em vias públicas. Almeja-se realizar a conectividade deste sistema a um SCADA, por conta dos variados benefícios consequentes. A Fig. 1 mostra de forma macro o diagrama do SIA conectado ao supervisor.

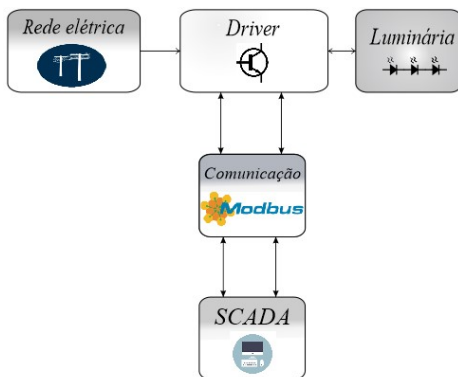


Figura 1. Diagrama Geral da Proposta.

No entanto, embora sejam bem definidas as vantagens de um sistema supervisor para os SIA, poucos trabalhos na literatura tratam do desenvolvimento destes. Desta forma, com objetivo de contribuir para o desenvolvimento desta tecnologia e a sua consolidação no Brasil, se propõe neste artigo o desenvolvimento de um supervisor para o controle e gerenciamento de um conjunto de luminárias empregadas na iluminação de vias públicas.

II. ESTRUTURA USUAL DE UM *Driver*

Para SIA baseados em LEDs que utilizam como fonte de energia elétrica a rede de baixa tensão, se fazem necessários diferentes estágios de processamento desta energia para o corrente acionamento dos LEDs. A Fig. 2 mostra o diagrama estrutural usual de um *driver* empregado para o acionamento de LEDs com potência superior a 70 W, potência que caracteriza SIA para aplicação em vias públicas [9].

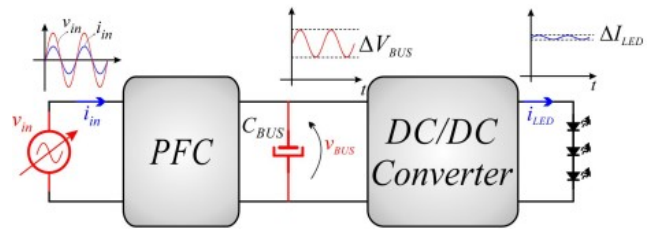


Figura 2. Diagrama Estrutural de um *Driver* [9].

O estágio PFC (do inglês, *Power Factor Correction*) é responsável por adequar a forma de onda da corrente na entrada do conversor a fim de se obter elevado fator de potência e baixo conteúdo harmônico da corrente drenada da rede elétrica. Para possibilitar o acionamento dos LEDs com uma corrente constante a partir de uma fonte de energia elétrica CA, um capacitor, denominado capacitor de barramento C_{BUS} , é usualmente empregado para equalizar o desbalanceamento entre a potência instantânea de entrada e saída [10]. Conectado neste barramento, o conversor DC-DC é responsável pelo controle da corrente dos LEDs, ou controle de potência PC (do inglês, *Power Control*). Com objetivo de compatibilizar as características do LED com as do *driver*, diferentes soluções são propostas na literatura [11] [10] [12] [13]. Entre elas, para compatibilizar a flexibilidade do LED com a flexibilidade do *driver*, o sistema de controle de ambos os estágios do *driver* é implementado de forma digital, através de microcontroladores (MCU). O emprego de MCU por sua vez facilita a integração do *driver* com um sistema supervisor, como será discutido na sequência.

III. SISTEMA SUPERVISÓRIO PROPOSTO

A. Função

Sendo o controle do *driver* realizado de forma digital, implementado através de um MCU, tem-se disponível a quantificação das principais variáveis do sistema que posteriormente poderão ser facilmente manipuladas pelo supervisor. Como exemplo de variáveis quantizadas, citam-se: tensão da rede, tensão de barramento, corrente média de saída, temperatura do MCU (*driver*), etc. O sistema de supervisão terá o objetivo de monitorar, controlar e também gerenciar as variáveis do processo através de uma *interface* computacional de usuário. Em uma visão macro, tem-se a gerência de um sistema de iluminação pública como um todo, bem como a gerência de um *driver* específico de uma determinada luminária. Dentre as funcionalidades se destaca a exibição de dados de forma gráfica, geração de relatórios, alarmes, controle de variáveis manipuladas, dentre outras. Estas tarefas estão ligadas tanto a automação do sistema como um todo (um conjunto de luminárias), bem como o poder de visualização e controle de variáveis do sistema, que poderá ser de forma remota através de uma rede de comunicação de dados. Neste ponto é importante destacar que o desenvolvimento do supervisor na forma apresentada se dá em conjunto com o protótipo do *driver*, uma vez que poucos *driver* comerciais atualmente são

microcontrolados. No entanto, para manter a objetividade, o desenvolvimento do *driver* é omitido neste artigo.

B. Software

O desenvolvimento do SCADA foi concebido através do estudo das demandas de grandezas elétricas do *driver* a serem monitoradas e controladas, ou seja, quais variáveis seriam de suma importância. A partir disso, foi elaborada a *interface* com o usuário. Nesta etapa foram projetados os componentes visuais necessários para o acesso do usuário de forma clara e sucinta. A *interface* é dividida em telas, utilizando o conceito de *tags*, botões, *scripts*, *displays*, dentre outras funcionalidades. Foi possível automatizar a maior parte do *interface*, proporcionando uma navegação de fácil acesso para todos os usuários. Para o desenvolvimento da aplicação do sistema supervisório, utilizou-se o *software* EclipseSCADA. Nesta plataforma foram adicionadas quatro telas de *interface* com o usuário: tela inicial, tela luminárias, tela de supervisão e controle e tela de *dimming*.

A tela inicial é a tela de abertura da aplicação, onde o usuário entrará com seu *username* e senha (pelo menos o administrador deve estar previamente, cadastrado) para ter acesso as demais funcionalidades do SCADA, nesta tela estão contidos:

- Botões referentes ao usuário, como: *login* e *logout*, alteração de senha, administração de usuários (dependendo do nível de acesso), saída da aplicação;
- Botões referentes a navegação entre telas, no caso para mudar para a tela de luminárias;
- Botão de geração de relatório inicial;
- *Displays* referentes ao usuário logado, como: exibição de nome e nível de acesso.

Na tela luminárias, é possível visualizar o sistema de iluminação em uma visão geral, na qual se apresenta:

- Principais grandezas das luminárias distribuídas na rua, sua localização no mapa, estado de cada luminária (ativado ou não) e alarmes referente a falhas;
- Cada luminária tem um botão associado para mudança de tela, ou seja, quando pressionado o botão referente a luminária o usuário será instantaneamente dirigido para tela de supervisão e controle referente a luminária desejada.

Na tela de supervisão e controle, são apresentadas uma série de grandezas referentes ao *driver* individual monitorando. Através de *displays* e gráficos, o seu funcionamento em tempo real é apresentado. Dentre essas grandezas monitoradas citam-se: corrente média nos LEDs, tensão média no barramento, tensão de entrada da rede de distribuição, nível de intensidade luminosa da luminária, temperatura do MCU, etc.

Ainda na tela de supervisão e controle, através de dois botões e um *display* de alarmes é realizado o gerenciamento dos seguintes dados da aplicação:

- O primeiro botão é utilizado para realizar o relatório de operação, referente ao instante que o botão é pressionado, onde são salvos os dados das variáveis monitoradas, em

instantes de tempo predeterminados em uma planilha de gerenciamento externa ao aplicativo.

- Já o segundo, é utilizado somente para limpar a planilha de dados. É possível também voltar a tela de inicial ou tela das luminárias, através de dois botões.
- Para a tela de *dimming*, é possível realizar a configuração de horários de acionamento da luminária, bem como intensidade luminosa em função de eventos pré estabelecidos.

C. Comunicação

A tendência é que no futuro seja viável a comunicação entre o *driver* e o supervisório através da internet, utilizando tecnologias *wireless*. As luminárias poderão ser conectadas umas as outras pelos diversos protocolos, onde os dados referentes as luminárias serão hospedados em servidores contidos na rede [4], podendo ser acessadas pelos mais variados dispositivos conectados. A Fig. 3 mostra um exemplo da perspectiva dos sistemas de iluminação pública com conectividade incorporada.

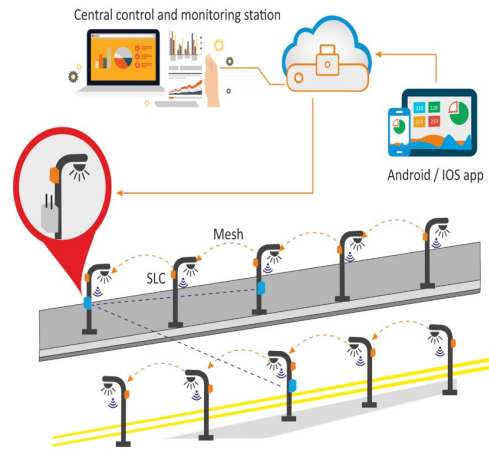


Figura 3. Exemplo de sistema de iluminação *Wireless* conectado a rede [14].

Para o desenvolvimento do presente artigo, o protocolo de comunicação Modbus operando no modo de transmissão RTU é escolhido para os testes iniciais, devido a ser a primeira versão do SCADA, a utilização deste modo de transmissão é justificada pela facilidade de desenvolvimento e implementação no microcontrolador. Outro fator importante na escolha deste modo é a baixa exigência de *hardware* para realizar a comunicação, por conta de utilizar apenas um MCU conectado, através de um cabo micro USB, ao computador já é possível realizar a implementação. A comunicação entre os dispositivos do sistema como um todo, ou seja, SCADA e *driver* de acionamento dos LEDs, é realizado pelo protocolo de comunicação Modbus RTU utilizando o *driver* de comunicação Modicon Modbus. A implementação no MCU do protocolo Modbus, bem como a lei de controle de corrente nos LEDs, são executados sequencialmente, sendo o último com prioridade máxima na rotina de execução do algoritmo. Através da programação implementada no MCU, é possível

salvar as variáveis contidas no algoritmo de acionamento dos LEDs em registradores Modbus, assim tornando possível a comunicação com o SCADA.

IV. RESULTADOS

Na presente seção, são apresentados os resultados dos testes realizados, com o objetivo de verificar o funcionamento do supervisor desenvolvido. Para tornar os testes mais dinâmicos, no primeiro momento os circuitos de potência do *driver* não são acionados. De qualquer forma, para obter-se resultados mais confiáveis, todas as leis de controle do *driver* são executadas no MCU ao mesmo tempo que o supervisor é testado, assim é possível a avaliação dos tempos de processamento.

A. Resultados Experimentais

A Fig. 4 mostra a tela inicial do supervisor desenvolvido.

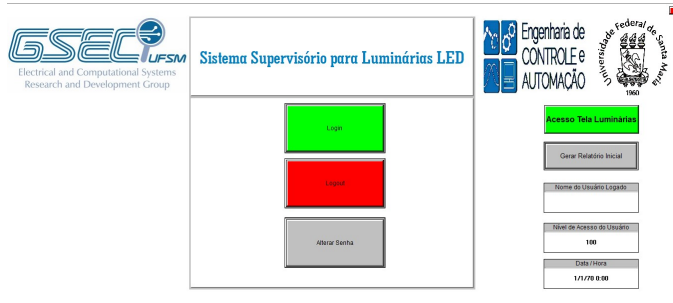


Figura 4. Tela Inicial SCADA.

Para o teste da Tela de Supervisão e Controle, bem como a Tela Luminárias, o principal objetivo foi visualizar no SCADA os sinais elétricos quantizados pelo conversor AD do MCU TM4C1294NCPDT [15] responsável pela implementação do sistema de controle do *driver*. Os sensores empregados na instrumentação do *driver* são projetados para condicionar o sinal de grandeza real em um sinal passível de leitura para o MCU, especificamente para operar na faixa de 0 a 3.3 V, este funcionamento se aplica a todos os sensores envolvidos no *driver*. No entanto, conforme dito anteriormente, para simplificar os testes, os sinais analógicos nestes momento são fornecidos por uma fonte de tensão conectadas diretamente aos pinos do ADC do MCU. A Fig. 5 apresenta o teste em funcionamento para a tela de monitoramento de luminárias, é possível notar que o sistema se comportou como esperado quando submetido a variação de tensão nos pinos ADC do MCU. Os valores apresentados na Fig. 5 correspondem aos valores reais quantizados. É importante ressaltar que, afim de ilustrar o funcionamento para mais de uma luminária, foram replicados os resultados para as demais luminárias mostradas na *interface*. Esta tela tem como objetivo apresentar uma visão macro do sistema de supervisão de luminárias, mostrando as grandezas de cada uma separadamente, sua localização no mapa, seu estado lógico (ativo ou não), bem como alarmes referente a falhas. Cada luminária tem um botão associado para mudança de tela, ou seja, quando pressionado o botão referente

a luminária, o usuário será instantaneamente dirigido para a tela de supervisão e controle referente a luminária desejada. Neste teste conclui-se que o objetivo principal foi atingido, porém há melhorias que podem ser implementadas para que seja possível facilitar ainda mais a supervisão do sistema.

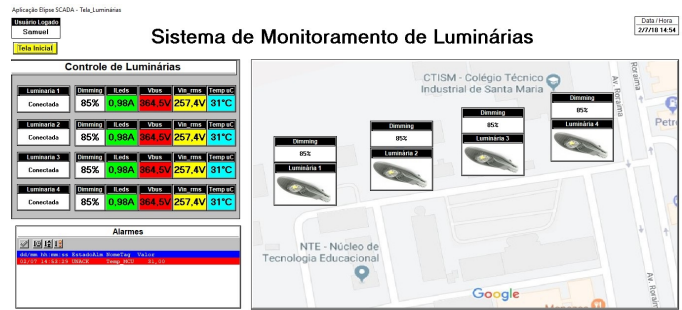


Figura 5. Tela de Luminárias SCADA.

A Fig. 6 apresenta ainda o mesmo o teste, porém é mostrado o funcionamento para a tela de controle e supervisão, como as variáveis são as mesmas da tela de luminárias, os resultados em relação a aquisição de dados foram idênticos. Vale ressaltar que, os valores apresentados no teste são provenientes da variação de 0 a 3.3 V da tensão imposta ao ADC do microcontrolador, por tanto, há uma quantização para 3.3 V ser equivalente o valor máximo de tensão de operação do *driver*.

Ainda, nesta tela é possível a visualização em gráfico das grandezas relacionadas ao *driver* em tempo real, sendo os resultados satisfatórios para este testes. Na questão de gerenciamento de dados, através do botão gerar relatório da aplicação, cria-se um banco de dados temporal das variáveis medidas.

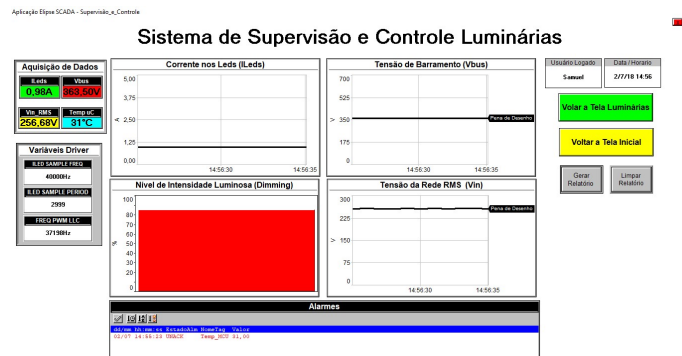


Figura 6. Tela de Supervisão e Controle SCADA.

Como a prática de *dimming* resulta em uma significativa redução do consumo de energia elétrica, principalmente se levando em consideração a redução do fluxo de pessoas e veículos durante a madrugada, implementa-se no SCADA a funcionalidade de configura-se diferentes cenários de *dimming*. Esta função no SCADA é implementada através de diferentes níveis de potência que a luminária deve fornecer em função

do horário. Definido o nível de *dimming*, o supervisor envia esta informação ao *driver* o qual converte o mesmo em um nível de corrente de saída. A Fig. 7 apresenta o teste da Tela de *Dimming* mostrando um cenário hipotético.

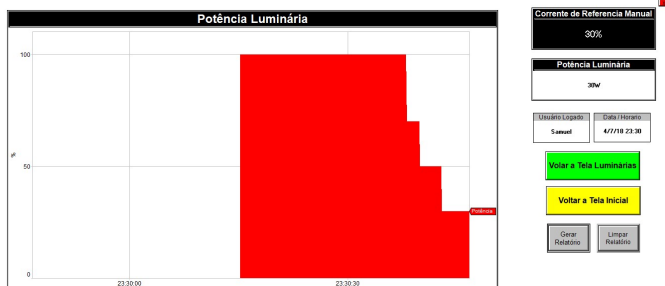


Figura 7. Tela de *Dimming* SCADA.

Diferentes cenários (eventos) de *dimming* são analisados com o objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica. Cada evento é caracterizado por um determinado nível de *dimming* em função do horário no qual o sistema de iluminação de vias públicas está usualmente ativo. A Tabela I, Tabela II, e Tabela III, apresentam em detalhes os diferentes cenários e o consumo de energia elétrica em kWh/mês. Deve-se observar que o evento 3 corresponde ao atual sistema empregado nas vias públicas, onde nenhum percentual de *dimming* é aplicado durante a noite.

Tabela I
EVENTO 1 DE DIMMING

Evento 1				
Tempo (h)	Potência (W)	Horário (h)	<i>Dimming</i> (%)	Consumo (kWh/mês)
6	100	18:00 até 00:00	0	18
4	50	00:00 até 04:00	50	6
1	25	04:00 até 05:00	75	0,75
1	100	05:00 até 06:00	0	3
0	0	06:00 até 18:30	100	0
				27,75

Tabela II
EVENTO 2 DE DIMMING

Evento 2				
Tempo (h)	Potência (W)	Horário (h)	<i>Dimming</i> (%)	Consumo (kWh/mês)
6	100	18:00 até 00:00	0	18
2	75	00:00 até 04:00	25	4,5
2	30	04:00 até 05:00	70	1,8
2	100	05:00 até 06:00	0	6
0	0	06:00 até 18:30	100	0
				30,3

Comparando-se os três eventos, verifica-se que o evento 1 obteve o maior redução de consumo de energia (22,92%) em relação ao evento 3 (sem *dimming*). Desta forma, o emprego de um sistema supervisorio pode trazer ganhos significativos em relação a redução do consumo de energia elétrica.

Em outra perspectiva, de acordo com a prefeitura de Santa Maria-RS [16], existem em torno de 23.800 luminárias públicas distribuídas ao redor da cidade nas áreas urbanas

Tabela III
EVENTO 3 DE DIMMING

Evento 3				
Tempo (h)	Potência (W)	Horário (h)	<i>Dimming</i> (%)	Consumo (KWh/mês)
12	100	18:00 até 06:00	0	36
0	0	00:00 até 02:00	100	0
0	0	02:00 até 04:00	100	0
0	0	04:00 até 06:00	100	0
0	0	06:00 até 18:30	100	0
				36

e rurais. No entanto, supondo que todas essas luminárias possuem potência nominal de 100 W, e fossem monitoradas pelo sistema supervisorio proposto, ao empregar o evento 1 de *dimming*, a redução de energia de 22,9% corresponderia ao montante de 135.660 kWh/mês (135,66 MWh/mês). A Fig. 8 mostra o comparativo da entre o evento 1 e 3 para o município de Santa Maria-RS.

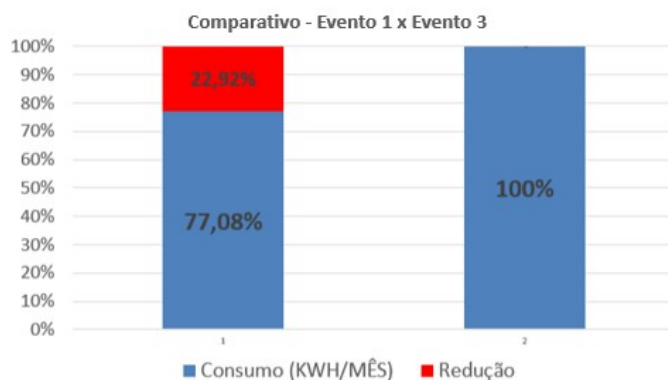


Figura 8. Gráfico comparativo Evento 1 x Evento 3

V. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o projeto e a execução de um supervisorio para um conjunto de luminárias empregadas na iluminação de vias públicas. O sistema de supervisão experimental desenvolvido se comunica com o microcontrolador contido no *driver* de cada luminária. Assim, variáveis quantizadas pelo microcontrolador são acessadas pelo supervisorio da mesma forma que variáveis do sistema de controle do *driver* podem ser definidas pelo supervisorio, como é o caso da corrente de referência. Desta forma, um banco de dados pode ser gerado com as informações do *driver*, bem como um diferentes cenários de *dimming* podem ser enviados para o *driver* através do supervisorio com objetivo de reduzir-se o consumo de energia em momentos onde o fluxo de pedestres e veículos é reduzido nas vias públicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e FAPERGS, Federação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul. Este trabalho recebeu suporte do governo Brasileiro através do Programa PROEX, PRPGP/UFMS,

INCT-GD, CNPq processo 465640/2014-1, 311911/2015-3, 409632/2016-3, CAPES processo 23038.000776/2017-54, e FAPERGS processo 17/2551-0000517-1.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Schratz, C. Gupta, T. J. Struhs, and K. Gray, "A New Way to See the Light: Improving Light Quality with Cost-Effective LED Technology," *IEEE Industry Applications Magazine*, vol. 22, no. 4, pp. 55–62, 2016.
- [2] A. Zanella, S. Member, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, S. Member, and M. Zorzi, "Internet of Things for Smart Cities," vol. 1, no. 1, pp. 22–32, 2014.
- [3] A. Daneels and W. Salter, "What Is Scada ?" *International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems, Trieste, Italy*, pp. 339–343, 1999.
- [4] P. T. Daely, H. T. Reda, G. B. Satrya, J. W. Kim, and S. Y. Shin, "Design of smart LED streetlight system for smart city with web-based management system," *IEEE Sensors Journal*, vol. 17, no. 18, pp. 6100–6110, 2017.
- [5] N. Consulting, "Energy Savings Forecast of Solid-State Lighting in General Illumination Applications," *U.S. Department of Energy Report*, no. August, pp. 2013–2014, 2014.
- [6] E. MandadoPerez, *Automatas programables y sistemas de automatizacion / Enrique Mandado Perez ... [y otros.]*. Alfaomega, 2010.
- [7] C. M. FRANCHI and V. L. A. CAMARGO, *Controladores Lógicos Programáveis - Sistemas Discretos*, 2008.
- [8] M. Shahidepour, C. Bartucci, N. Patel, T. Hulsebosch, P. Burgess, and N. Buch, "Streetlights are getting smarter: Integrating an intelligent communications and control system to the current infrastructure," *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 13, no. 3, pp. 67–80, 2015.
- [9] S. Li, S. C. Tan, C. K. Lee, E. Waffenschmidt, S. Y. Hui, and C. K. Tse, "A Survey, Classification, and Critical Review of Light-Emitting Diode Drivers," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 31, no. 2, pp. 1503–1516, 2016.
- [10] M. Menke, "Sistema eletrônico de alto fator de potência com entrada universal e controle de intensidade luminosa para o acionamento de LEDs," p. 217, 2016.
- [11] J. M. Alonso, D. Gacio, A. J. Calleja, F. Sichirollo, M. F. Da Silva, M. A. Costa, and R. N. Do Prado, "Reducing storage capacitance in off-line LED power supplies by using integrated converters," *Conference Record - IAS Annual Meeting (IEEE Industry Applications Society)*, pp. 1–8, 2012.
- [12] D. Camponogara, "Desenvolvimento de topologias com redução do processamento redundante de energia para acionamento de leds," p. 2018, 2015.
- [13] R. A. Pinto, "Diodos Emissores De Luz (Leds) Alimentados," 2012.
- [14] ThinkdataLabs, "Projects Archive - Thinkdata Labs - SMART IOT Cloud Platform," 2017. [Online]. Available: <http://thinkdatalabs.com/smart-lighting/>
- [15] Texas Instruments, "Creating IoT Solutions with the Tiva ® C Series Connected LaunchPad Workshop," 2014.
- [16] Prefeitura Municipal de Santa Maria, "PMSM - Prefeitura e RGE iniciam mapeamento quantitativo e qualitativo da iluminação pública em Santa Maria," 2018. [Online]. Available: <http://www.santamaria.rs.gov.br/noticias/16573-prefeitura-e-rge-iniciam-mapeamento-quantitativo-e-qualitativo-da-iluminacao-publica-em-santa-maria>