

TRABALHO DE EXTENSÃO VOLTADO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA FAZ UMA PLANILHA PARA VIABILIZAR A TROCA DE LÂMPADAS DE MODO SUSTENTÁVEL

Francisco de Salles Cintra Gomes – salles@puc-campinas.edu.br
Pontifícia Universidade Católica de Campinas – Faculdade de Engenharia Elétrica
Rodovia D. Pedro I km 136
13.0869-900 – Campinas – S. P.

Alecsander Felipe dos Santos de Lima – aleclima14@gmail.com
Pontifícia Universidade Católica de Campinas – Faculdade de Engenharia Elétrica

Ana Laura Lima Roxo – allroxo@yahoo.com
Pontifícia Universidade Católica de Campinas – Faculdade de Engenharia de Produção

Gabriela Nelsina Vicente – gabriela_m18@outlook.com
Pontifícia Universidade Católica de Campinas – Faculdade de Engenharia de Computação

Maria Eduarda Mulotto Ruiz – eduarda_muloto@hotmail.com
Pontifícia Universidade Católica de Campinas – Faculdade de Engenharia de Produção

Resumo: *Este trabalho tem como objetivo mostrar uma planilha de cálculo desenvolvida no Trabalho de Extensão voltado a eficiência energética e a sustentabilidade. A ideia é promover edificações sustentáveis a partir de melhorias no sistema de iluminação. A planilha desenvolvida apoia e evidencia ações de conscientização com procedimentos utilizados em engenharia que promovem uso racional e eficiência energética. O Trabalho de Extensão conta com um docente e com a participação de alunos universitários, sendo que um dos objetivos é a produção de material de apoio e de autonomia desenvolvido em conjunto com o público alvo, gestores e/ou técnicos da Prefeitura do Município de Campinas. A replicação da planilha faz parte dos objetivos da Extensão para que se alcancem outros públicos. Este Trabalho de Extensão foi realizado em conjunto com a Pró-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, e com a participação de gestores e de técnicos, público alvo, da Prefeitura do Município de Campinas, em especial da “Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável” (SVDS), no ano 2018.*

Palavras-chave: *Sustentabilidade, Uso Racional de Energia, Eficiência Energética, Edificações Sustentáveis, Iluminação.*

1 INTRODUÇÃO

Este artigo contempla uma planilha de cálculo desenvolvida no Trabalho de Extensão por alunos universitários e um docente orientador no processo de intervenção da Extensão.

A dificuldade inicial foi sistematizar os custos envolvidos na substituição de lâmpadas por lâmpadas econômicas e evidenciar os benefícios através de dados numéricos numa planilha. A

substituição de todas as lâmpadas é uma meta, mas os altos custos somados aos custos das faturas de energia elétrica acabam postergando as decisões e a substituição.

A planilha é destinada para edifícios comerciais ou edifícios públicos que normalmente possuem um número elevado de lâmpadas fluorescentes de uso interno e que possuem soluções sistêmicas de manutenção e de melhorias.

Em conjunto com a Pró-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, o Trabalho de Extensão realizado em 2018 contou com a participação de gestores e de técnicos, público alvo, da “Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável” (SVDS) da Prefeitura do Município de Campinas.

2 TRABALHO DE EXTENSÃO E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Em 2018 são três alunos dos cursos de Engenharia da Universidade que participam de um dos Trabalhos de Extensão que foi aprovado pela universidade. Cada aluno tem um plano específico muito bem delineado.

O Trabalho de Extensão intitulado “A Extensão Universitária diante da Sustentabilidade com ações voltadas ao uso racional de energia e eficiência energética” tem como objetivo “desenvolver atividades socioeducativas com gestores e/ou técnicos da Prefeitura do Município de Campinas em relação ao uso racional de energia e eficiência energética”. Trabalho desenvolvido por um docente coordenador com alunos da universidade.

O Trabalho de Extensão envolve os alunos com um tema atual, aumentando a capacidade para a busca de soluções e para o envolvimento, com visão crítica, em soluções de futuros problemas.

Alguns dos objetivos do plano do Docente são, por exemplo:

- Desenvolver as noções e os fundamentos sobre o uso racional de energia e eficiência energética. Sustentabilidade e a redução das emissões de CO₂.
- As soluções que promovem a Eficiência Energética contam na maioria das vezes com medidas simples e de baixo custo que possibilitam grandes economias nas faturas de energia.

Como metodologia, foram realizadas reuniões semanais de orientação com os alunos universitários e com o público alvo foram realizadas atividades socioeducativas quinzenais. A partir das colocações de todos surgiu a necessidade de uma planilha que apoiasse as decisões e pudesse ser replicada como material de apoio que favoreça a autonomia.

O público alvo contou com a participação de gestores e de técnicos da Prefeitura do Município de Campinas, em especial da “Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável” (SVDS).

A prefeitura valoriza iniciativas intervencionistas da Extensão ao ver os benefícios de compartilhamento de experiências em resultados práticos que podem ser replicados, como por exemplo, os materiais informativos ou a planilha desenvolvida.

3 PLANILHA PARA SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

As soluções de engenharia muitas vezes se apoiam em simulações sucessivas para a busca de soluções. Surgiu no decorrer do Trabalho de Extensão a necessidade de quantificarmos os custos de substituição de lâmpadas, em uma etapa ou em várias.

A planilha desenvolvida surgiu como algo natural para avaliar as soluções de eficiência e de possibilidades de ganho ou de economia, não se preocupando com cálculos luminotécnicos. A partir disso, surgiram desdobramentos que levaram a simulações

envolvendo custos de lâmpadas, custo de troca de lâmpadas e outras considerações que foram surgindo que auxiliassem na substituição de lâmpadas por lâmpadas econômicas.

Edifícios sustentáveis visam à certificação LEED, Leadership in Energy and Environmental Design, com soluções relacionadas com a diminuição de emissão de CO₂.

3.1 Lâmpadas e Eficiência Energética

As lâmpadas fluorescentes são utilizadas há muitos anos em grandes edifícios de escritórios ou comerciais. Tem menor custo inicial e maior consumo se comparadas com as lâmpada LED, mas a vida útil é menor (cerca de 8 mil horas) o que acarreta num custo maior de troca, isto é, num mesmo período de vida de uma lâmpada LED (25 mil horas), teremos aproximadamente 3 trocas para 1 troca. A lâmpada fluorescente tem reator que gera barulho, consome energia e tem um tempo de vida que gera manutenção.

As lâmpadas LED, Light Emitting Diode, consomem menos energia comparada com os demais tipos de lâmpadas. As lâmpadas de LED são mais eficientes e tem uma vida útil entre de 25 mil a 50 mil horas conforme o fabricante. As lâmpadas LED embora tenham um valor de aquisição inicial mais elevado têm um custo operacional de consumo de energia bem menor.

Tabela 1 – Comparação básica entre
Lâmpadas Fluorescentes e Lâmpadas LED

Comparação	Fluorescente	LED
Custo de aquisição	Menor	Maior
Consumo de energia	Maior	Menor
Durabilidade em horas	Menor	Maior
Reator	Sim	Não tem.

3.2 Planilha de cálculo

A planilha de cálculo foi desenvolvida no Excel da Microsoft. O Excel é amplamente difundido e possibilita facilidade para diversas realizações numéricas, dentre outras.

Colocar algumas informações numéricas numa planilha é algo comum e com operações matemáticas ou fórmulas se obtém resultados de modo rápido e certo.

Os conceitos sobre iluminação estão presentes e foram vistos em profundidade nos livros de “instalações elétricas” (CREDER, 2016). O público alvo teve papel preponderante com as colaborações de experiências práticas e com soluções do dia-a-dia.

Para a substituição de lâmpadas surgiram questionamentos tais como:

- Quanto irá custar?
- Qual tipo de lâmpada? E o fluxo luminoso (Lúmens)?
- Como quantificar valores para a análise?
- Dos vários fabricantes de lâmpadas, qual escolher?
- O que fazer com as lâmpadas trocadas?
- Como estimar a substituição de lâmpadas?

Para o desenvolvimento da planilha se considerou:

- Quantidade de lâmpadas total e de substituição
- Potência das lâmpadas fluorescentes e das lâmpadas LED
- Utilização de reatores nas lâmpadas fluorescentes
- Dados que orientem, mesmo que não faça parte do cálculo, como “temperatura de cor” na iluminação (exemplo: 6500K) e a vida útil em horas de funcionamento.

- Preço das lâmpadas. Há muita variação e o preço das lâmpadas LED vem caindo. Comprar em maior quantidade pode gerar melhores preços.
- Estimativa de utilização em horas (horas por dia x número de dias)
- Custo estimado do quilowatt-hora (R\$/kWh) com impostos
- Custo de reposição ou de manutenção destinado às lâmpadas fluorescentes
- A planilha considera a sustentabilidade econômica ambiental. Evitando que sejam compradas mais lâmpadas fluorescentes, ao calcular o mínimo de lâmpadas LED, a partir da estimativa de queima de lâmpadas fluorescentes. E a avaliação da redução de CO2 considerando o fator de emissão de CO2 em kgCO2/kWh (MCTIC, 2018).

Um dos objetivos da planilha está apresentado na Tabela 2 que é a economia decorrente da substituição de lâmpada fluorescente de 32W por lâmpada LED de 18W. Cálculos feitos de acordo com os livros de “instalações elétricas” (MAMEDE FILHO, 1988).

Tabela 2 – Economia na troca de todas as Lâmpadas Fluorescente por Lâmpada LED

Lâmpada Tubular – T8	Quantidade	Potência	Horas x dias	R\$/kWh**	Gasto mensal
Fluorescentes – 32W	2000	38,4W*	10 x 22	0,70	R\$ 11.827,20
LED – 18W	2000	18W	10 x 22	0,70	R\$ 5.544,00

Economia por mês de 53% ou de R\$ 6.283,20

*mais 20% do reator ** Tarifa estimada de R\$0,70/kWh com impostos

Avaliação relativa à queima de lâmpadas e substituição mínima de lâmpadas LED

Em grandes edifícios com vários anos de existência com muitas trocas de lâmpadas se pode fazer a seguinte consideração, ver Tabela 3, linha 1: uma lâmpada de 7500 horas de vida útil irá durar 34,09 meses, como existem muitas lâmpadas trocadas em datas diferentes, queimar uma lâmpada após 34,09 meses, 1/34,09 ou em porcentagem a queima será 2,93%.

Para que haja uma substituição de lâmpadas fluorescente por lâmpadas LED a planilha verifica o número mínimo de lâmpadas LED para evitar a compra de lâmpadas fluorescentes. Exemplo: Num edifício com 2000 lâmpadas, se substituírmos 500 lâmpadas por lâmpadas LED, teremos 1500 fluorescentes, dessas, irão queimar 2,93% logo o mínimo de lâmpadas LED na substituição deverá ser de 495 lâmpadas (1500*2,93%).

Tabela 3 – Vida útil e estimativa de queima

Lâmpada	Vida útil (horas)	Horas /dia	Dias /mês	Duração em:		Queima/mês (%)
				meses	anos	
Fluorescente 32 w	7500	10	22	34,09*	2,84	2,93*
Fluorescente 32 w	8750	10	22	39,77	3,31	2,51
Fluorescente 32 w	10000	10	22	45,45	3,79	2,20
LED 18 W	25000	10	22	113,64	9,47	0,88

* Estimativa de queima de uma lâmpada por mês: 1/(34,09) → 2,93% (ver texto)

Emissões de CO2

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) apresenta o fator de emissão CO2 em relação à produção de energia elétrica para cada ano (MCTIC, 2018). Para o ano de 2015 o fator é 0,090 tCO2/MWh (CB3E, 2017) que considera a média dos últimos 5 anos.

Número de lâmpadas na planilha e o fator de diversidade

Difícilmente todas as lâmpadas ficam ligadas ao mesmo tempo, é necessário considerar o fator de diversidade, encontrados nos livros de “instalações elétricas” (CREDER, 2016), uma vez que em grandes edifícios há muitos cômodos nos quais mal se utilizam de forma contínua.

O número de lâmpadas que será utilizado na planilha para a substituição deverá ser bem avaliado.

Como regra geral para a substituição:

- Substituir as lâmpadas mais utilizadas por lâmpadas econômicas.
- Lâmpadas com pouca utilização diária devem ser desconsideradas (almoxarifados ou cômodos de uso esporádico).
- O preço das lâmpadas LED vem caindo e maiores quantidades favorecem o menor preço. A substituição parcial de lâmpadas pode viabilizar a sustentabilidade.

4 RESULTADOS

A planilha de análise de substituição de lâmpadas é bem interessante e não pretende esgotar o assunto. Ao colocar os números na planilha se testa as várias possibilidades, como: quantidade, custo das lâmpadas, custo do kWh, dentre outros que influenciam os resultados. Variando os diversos parâmetros se apresentam cenários distintos para as escolhas.

Algo simples que foi verificado: o custo inicial para substituição todas as lâmpadas de uma só vez é alto, mas para a troca de parte das lâmpadas o valor inicial é bem mais baixo facilitando a viabilização do processo de substituição.

Na Figura 1 apresentamos parte da planilha. As células coloridas são destinadas a inserção de dados e as demais são bloqueadas para evitar alteração nas fórmulas mantendo assim o bom andamento dos resultados.

Figura 1 – Tela parcial da planilha. Inserção dos dados técnicos das lâmpadas e do regime de funcionamento (horas e dias).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Substituição por lâmpadas Econômicas						
2	Lâmpada - T8	Fluores	LED		horas/dia	dias	R\$/kWh
3	Potência (Watts)	32	18		10	22	0,7
4	Reator %	20	0				
5	Preço	10	30	Emissão de CO2 kgCO2/kWh			
6	Vida útil - horas	8000	25000		fator:	0,090	
7	Lúmens	2700	1850				
8	Temp Cor k	6400	6500			Verba rep./ano	
9	Marca				Estimada	R\$ 9.900,00	
10	queima/anos	3,03	9,47		Efetiva	R\$ 9.900,00	

Fonte: Autor.

Na Figura 2 vemos os resultados:

- Na coluna “lâmpadas”, a substituição de 2000 lâmpadas fluorescentes por LED tem um custo de investimento de R\$ 60.000,00. O valor estimado para a lâmpada LED é de R\$30,00 que pode ser alterado facilmente na planilha. A verba de reposição ou de manutenção (“Verba rep./ano”) foi considerada de R\$9.900,00 que pode ser alterada, ver Figura 1. Essa verba serve para a compra de lâmpadas fluorescentes que irão queimar no ano, bem como para os demais gastos associados às lâmpadas (reatores, etc.), essa verba foi destinada para a compra de lâmpadas LED. O saldo no ano é de R\$25.298,40 (“saldo/ano”).

- Se resolvermos substituir parcialmente 500 lâmpadas LED, teremos na coluna “Ano 1” os valores. O saldo no “ano 1” é de R\$13.749,60.
- Note que a planilha apresenta “mín Lâmp LED” para auxiliar a quantidade mínima para evitar a compra de lâmpadas fluorescentes que irão queimar. Quando se digita um número maior que o mínimo adequado aparece “LED Ok”. As lâmpadas fluorescentes substituídas ficaram em estoque repor as que irão queimar.
- Se resolvermos substituir parcialmente mais 500 lâmpadas LED no ano seguinte, teremos na coluna “Ano 2” os valores. O saldo no “ano 2” é de R\$32.599,20.

Figura 2 – Inserção da quantidade de lâmpadas (células coloridas). Total de Fluorescentes e substituição parcial de lâmpadas LED.

H	I	J	K
	Lâmpadas	Ano 1	Ano 2
	Subst de todas	Subst parcial	Subst parcial
Total	2000	2000	2000
Fluorescente	2000	1500	1000
LED	2000	500	500
		Mais LED	500
		LED Ok	
	mín Lâmp LED	495	
LED R\$ máx	R\$ 42,65	R\$ 57,50	
invest LED	R\$ 60.000,00	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
saldo/ano	R\$ 25.298,40	R\$ 13.749,60	R\$ 32.599,20

Fonte: Autor.

Na Figura 4 vemos outros resultados:

- A substituição parcial levou a um menor consumo de energia (“econ/ano”). No “ano 1” é de R\$18.849,60 com 500 lâmpadas LED e no “ano 2” é de R\$37.699,20 com 1000 lâmpadas LED (500 do “ano 1” mais 500 no “ano 2”).

Figura 3 – Exemplo de cálculo mensal com substituição parcial de lâmpadas.

20	Ano 1	wats	Lâmp	watts	horas	dias	R\$/kWh	Gasto mensal
21	Fluoresc	32	1500	38,4	10	22	0,7	R\$ 8.870,40
22	LED	18	500	18	10	22	0,7	R\$ 1.386,00
23							econ/mês	R\$ 1.570,80

Fonte: Autor.

Figura 4 – Informações relativas ao saldo financeiro no “ano 1” e no “ano 2”.

Coluna “ano 1”		Coluna “ano 2”	
			redução de kgCO₂/kWh
			4847
	redução de kgCO₂/kWh		
	2424		
	no ano 1		no ano 2
econ/ano	R\$ 18.849,60	econ/ano	R\$ 37.699,20
invest LED	R\$ 15.000,00	Mais invest LED	R\$ 15.000,00
Verba rep./ano	R\$ 9.900,00	Verba rep./ano	R\$ 9.900,00
saldo no ano 1	R\$ 13.749,60	saldo no ano 2	R\$ 32.599,20

Fonte: Autor

O Trabalho de Extensão tem também em seus objetivos a realização de material técnico-cultural. A planilha desenvolvida apresenta a análise de custos relativos à sensibilização para a sustentabilidade fato que relacionada diretamente ao material desenvolvido “Iluminação em Edificações Sustentáveis” que está relacionado ao Trabalho de Extensão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A finalização da planilha foi muito valorizada pelos alunos como sendo uma etapa vencida e facilitadora para estudo de possibilidades. Foram várias reuniões e discussões para se chegar a um consenso. O público alvo, gestores e técnicos da prefeitura, teve participação ativa e fez uma avaliação positiva da planilha ao destacando a facilidade para as alternativas no processo decisório.

No exemplo numérico extraído da Figura 2, para a troca de todas as lâmpadas o investimento é de R\$60 mil, um valor alto fora do orçamento, que poderá inviabilizar a substituição das lâmpadas. No entanto, uma substituição parcial com um valor bem menor, de R\$15 mil, poderá facilitar o processo, uma vez que o custo mensal com iluminação apresentado na Tabela 2 é dessa ordem de grandeza. As faturas de energia sofrem variação de valores de um mês para outro, com um valor menor de substituição fica mais fácil de viabilizar o processo de substituição. Ainda na Figura 2 há um saldo da mesma ordem de grandeza (“ano 1”) que poderá viabilizar o ano seguinte com o mesmo investimento (“invest LED” no “ano 2”).

A intervenção da Extensão possibilitou melhor autonomia aos gestores e técnicos, decorrente dos diálogos com alunos nas reuniões socioeducativas, tornando todos os envolvidos mais críticos diante de outras situações e/ou realidades. A partir da planilha espera-se dar mais condições de melhorias à sociedade ao replicar o material desenvolvido.

Agradecimentos

A Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas) por todo apoio, que desde o primeiro momento viabilizou e contribuiu para tornar realidade o Trabalho de Extensão e aos gestores e técnicos da Prefeitura do Município de Campinas, em especial da

“Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável” (SVDS) que possibilitaram o processo de intervenção da Extensão.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações**. Fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil. Disponível em: http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html. Acesso em: 26/04/2018.

CREDER, H. *Instalações Elétricas*. 16ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2016.

MAMEDE FILHO, J. *Instalações Elétricas Industriais*, 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1988.

THE UNIVERSITY EXTENSION FOR ENERGY EFFICIENCY MAKES A WORKSHEET FOR VIABILIZING SUSTAINABLE LAMPS

Abstract: *This work aims to show a spreadsheet developed in Extension Work focused on energy efficiency and sustainability. The idea is to promote sustainable buildings from improvements in the lighting system. The developed worksheet supports and demonstrates awareness actions with procedures used in engineering that promote rational use and energy efficiency. The Extension Work has a teacher and university students, one of the objectives and the production of support material and autonomy developed jointly with the target audience, managers and / or technicians of the Municipality of Campinas . The replication of the spreadsheet is part of the objectives of the Extension to reach other audiences. This Extension Work was carried out jointly with the Pro-Rector of Extension and Community Affairs of the Pontifical Catholic University of Campinas, and with the participation of managers and technicians, target public, of the Municipality of Campinas, especially the "Secretary Green, Environment and Sustainable Development "(SVDS) in the year 2018.*

Key-words: *Sustainability, Rational Use of Energy, Energy Efficiency, Sustainable Buildings.*