



Recebido em 12/11/2018. Aprovado em 11/11/2019. Publicado em 29/02/2020.

Editor: Dr. Ivano Ribeiro

Processo de Avaliação: *Double Blind Review* - SEER/OJS

e-ISSN: 2359-5876



ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO E USO DE FONTES RENOVÁVEIS NO MUNICÍPIO DE CASCAVEL

Ming Chia Hsu ¹

RESUMO

O Plano de Governo da gestão 2017-2020 do Município de Cascavel contempla a redução de desperdícios e utilização de fontes de energias renováveis em prédios públicos. Para atender ao plano, nota-se que o Paço Municipal de Cascavel ainda possui equipamentos elétricos muito antigos que geram desperdícios com conta de luz elétrica, logo a primeira solução para redução deste gasto e trazer menor prejuízo ao meio ambiente é a realização da substituição de lâmpadas convencionais existentes por lâmpadas da tecnologia LED. Após realizar a substituição, a Administração poderá implantar o sistema de geração de energia fotovoltaica, que é uma fonte de energia renovável. Essas duas propostas foram verificadas sob o ponto de vista técnico e econômico, apresentando os equipamentos especificados e verificando o tempo do payback dos investimentos. A substituição das lâmpadas teve seu custo de investimento inicial levantado e calculou-se o valor presente líquido do retorno financeiro, com base na economia gerada levando em conta os custos de manutenção, energia elétrica e implantação. Percebeu-se que o payback ocorre em menos de um ano. Já para a implantação do sistema fotovoltaico, contratou-se uma empresa local que repassou as especificações de um equipamento mais adequado e calculou o payback do investimento, o qual deve ocorrer em até 8 anos. Ambos investimentos possuem boas perspectivas de retorno financeiro pela economia, porém requerem recursos para investimento inicial.

Palavras-chave: Energia; VPL; Payback; Economia.

ANALYSIS OF ECONOMIC VIABILITY FOR WASTE REDUCTION AND USE OF RENEWABLE SOURCES IN THE MUNICIPALITY OF CASCAVEL

ABSTRACT

The Government Plan for the 2017-2020 management of the Municipality of Cascavel contemplates the reduction of waste and the use of renewable energy sources in public buildings. In order to comply with the plan, it is noted that the City Hall of Cascavel also has very old electrical equipment that generate waste with electricity bill, so the first solution to reduce this expense and bring lesser damage to the environment is the replacement of existing lamps and conventional lamps to LED technology. After carrying out the substitution, the Administration may implement photovoltaic power generation system, which is a renewable energy source. These two proposals were verified from a technical and economic point of view, presenting the specified equipment and verifying the payback time of the investments. The replacement of the lamps had its initial investment cost raised and the net present value of the financial return was calculated, based on the generated savings by taking into account maintenance, electric energy and deployment costs. It has been realized that payback occurs in less than a year. As for the implantation of the photovoltaic system, a local company was contacted and passed the specifications of a more suitable equipment and calculated the payback of the investment, which must occur in up to 8 years. Both investments have good prospects of financial return because of the economy, but require resources for initial investment.

Keywords: Energy; NPV; Payback; Economy.

¹ Especialista em Gestão Pública e Gerenciamento de Projetos pela Unioeste. E-mail: deric_cascavel@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

O ser humano, desde tempos remotos, causa inúmeras intervenções na natureza de forma a atender às suas necessidades. Após as Revoluções Industriais, tais intervenções se intensificaram e iniciou o aumento dos problemas ambientais (LEAL et al., 2008).

Para tentar amenizar os problemas ambientais, as mídias, escolas, órgãos governamentais e a sociedade em geral têm avançado na melhora da consciência ambiental (MMA, 2006), então torna-se importante difundir ideias para diminuir o consumo energético ou optar por fontes de energia renováveis.

Analisando os aspectos apresentados, verifica-se a importância dos prédios e equipamentos públicos serem projetados de forma a obter-se uma diminuição no consumo de energia elétrica, beneficiando a sociedade com a economia e servindo de modelo para propagar os princípios de desenvolvimento sustentável.

Dessa maneira, observando as instalações e equipamentos utilizados no paço municipal de Cascavel, percebeu-se que eles são muito antigos e apresentam baixíssima eficiência energética, o que gera gastos excessivos e desnecessários no pagamento da conta de luz elétrica, além de prejudicar o meio ambiente.

Visto esses problemas de sustentabilidade, este estudo visa responder: como a Administração Pública de Cascavel pode economizar e, ao mesmo tempo, melhorar a eficiência energética de seus equipamentos?

Primeiramente, deve-se estudar o custo benefício da troca dos equipamentos, iniciando pela substituição das lâmpadas existentes (fluorescentes e incandescentes) por lâmpadas LED, analisando o possível retorno do investimento e a economia da energia elétrica. Após, com a redução do consumo de energia, é possível verificar a viabilidade de instalação de placas fotovoltaicas para a geração de energia própria e renovável.

Portanto, as intervenções que serão apresentadas visarão a redução de gastos do poder público, aliando-a às prerrogativas de desenvolvimento sustentável e, ainda, servir de modelo para a conscientização da população quanto ao emprego de sistemas de geração de energia limpa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A obtenção de uma edificação eficiente energeticamente e com dotação de fontes de energia elétrica renováveis é um objetivo almejado pelo atual governo municipal, uma vez que o Plano de Governo elaborado pela gestão 2017-2020 traçou várias linhas relacionadas à sustentabilidade, principalmente no quesito de redução de desperdícios e utilização de fontes de energias renováveis. Essas práticas são incentivadas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) implementados pela Organização das Nações Unidas (ONU), como descreve o sétimo objetivo “Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos” (ONUBR, 2018).

O Ministério das Relações Exteriores (2018) afirma que o Brasil tem mostrado grande empenho no processo em torno dos ODS, com representação nos diversos comitês criados para apoiar o processo pós-2015, e as inovações brasileiras em termos de políticas públicas também são vistas como contribuições para a integração das dimensões econômica, social e ambiental do desenvolvimento sustentável. Por isso, o Plano de Governo citado engloba, no tópico correspondente a Sustentabilidade (p. 32), a “substituição de lâmpadas existentes por lâmpadas de LED nos prédios públicos e instalação de painéis solares para captação de energia”.

A tecnologia da iluminação em LED apresenta diversas qualidades sobre a iluminação convencional. As lâmpadas LED, em comparação as incandescentes e fluorescentes, liberam menos calor, utilizam menos energia para promover a mesma luminosidade, não promovem o

aquecimento dos ambientes internos, possuem maior durabilidade e o descarte causa menor impacto ambiental. Logo, esta tecnologia possui vantagens econômicas e ambientais sobre as opções de iluminação mais antigas (SANTOS et al., 2015). O LED, de acordo com Ferreira (2014), é uma sigla do inglês para Light Emitting Diode, que nada mais é que um Diodo Emissor de Luz. Um diodo é um material semicondutor que é a base de qualquer dispositivo eletrônico. A sua condutividade é controlada através do processo de dopagem, que é a adição de outros materiais em camadas do cristal semicondutor. É possível afirmar, ainda, que quanto mais tempo uma lâmpada de LED ficar ligada, mais rápido será o retorno do investimento inicial (payback).

Já os painéis solares para a captação de energia, utilizados em sistemas de energia solar fotovoltaica, são simples e de rápida instalação. Além disso, este sistema possui a fonte de energia gratuita e inesgotável, podendo trazer benefícios ambientais com a diminuição do uso de energia elétrica gerada por fontes mais poluidoras. Como a matéria prima é a luz do sol, a operação é silenciosa e possui, ainda, a manutenção reduzida. Porém, a sua desvantagem é o alto custo inicial devido ao elevado custo na purificação e crescimento do silício e na fabricação de células solares e módulos fotovoltaicos (FEBRAS, 2012). Além disso, segundo Shayani et al. (2006), uma grande vantagem da energia solar é a sua possibilidade de utilização de forma distribuída, promovendo o desenvolvimento social e econômico em todas as regiões e evitando gastos e impacto ambiental com linhas de transmissão. Entretanto esta mudança de paradigma, de que o sistema de abastecimento de eletricidade atualmente utilizado não é necessariamente a única maneira possível de fornecer energia, leva tempo para ser assimilada, o que gerou projetos diversos para o uso do recurso solar, seja de maneira centralizada ou distribuída.

Por outro lado, mesmo com as vantagens dos materiais citados, o Plano de Governo declara que um dos compromissos é o combate ao desperdício e à corrupção, logo torna-se importante realizar a avaliação econômica da aplicação dessas tecnologias. Segundo Puccini (2011), um dos métodos quantitativos de análise mais utilizados é o Valor Presente Líquido (VPL), que nada mais é do que o valor presente de fluxo de caixa já definido anteriormente, ou seja, é a soma algébrica dos valores presentes de todos os componentes do fluxo de caixa (a soma dos valores presentes das entradas de caixa menos a soma dos valores presentes das saídas de caixa). Matematicamente, de acordo com Silva e Fontes (2005), o VPL pode ser expresso da seguinte forma:

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j}$$

em que:

R_j = valor atual das receitas;

C_j = valor atual dos custos;

i = taxa de juros;

j = período em que as receitas ou os custos ocorrem; e

n = número de períodos ou duração do projeto.

Após aplicar esse método de avaliação econômica, pode-se calcular o payback como forma de se realizar uma avaliação do investimento. Segundo Francischetti et al. (2013), o tempo de payback trata-se do tempo necessário para que se recupere seu investimento inicial em um projeto, calculado com suas entradas de caixa. Com base no payback, um investimento é aceito se seu período calculado for menor do que algum número predeterminado de anos.

3. MÉTODOS

Foi realizado um estudo de caso com uma análise comparativa, para observar a economia obtida através das diferenças entre as potências consumidas pelas lâmpadas existentes, de acordo com o projeto luminotécnico do Paço Municipal de Cascavel, e as suas substituições pelas lâmpadas tubulares ou compactas em LED. Os cálculos de potência consumida pelas lâmpadas já instaladas são estimativos, uma vez que o paço passa por constantes reformulações das estruturas físicas internas, impactando na organização das instalações. Logo, foi considerado o cenário em que as lâmpadas atuais estejam todas em pleno funcionamento e ordenadas conforme o projeto luminotécnico existente, na configuração detalhada na Figura 1. Tal consideração servirá unicamente para que seja explorada a análise econômica da substituição dessas lâmpadas por lâmpadas LED.

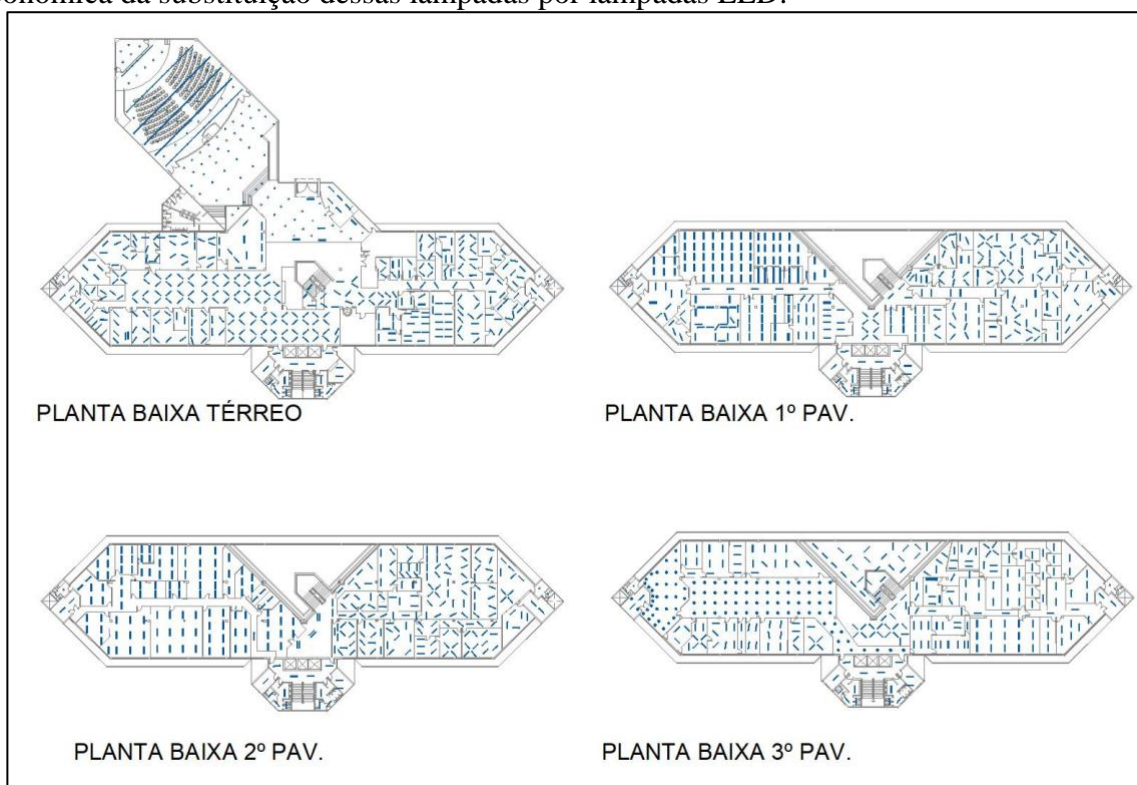


Figura 1 – Projeto luminotécnico das luminárias existentes do Paço Municipal de Cascavel.
Fonte: Arquivos internos da prefeitura de Cascavel (2014)

Durante o desenvolvimento da pesquisa, a Prefeitura Municipal de Cascavel já encaminhou os trâmites para a aquisição de lâmpadas LED para substituição das peças antigas no Paço Municipal. Porém, a decisão da Administração foi para que fosse realizada de forma gradativa, repondo as peças defeituosas, de forma a reduzir o desperdício de material, a geração de resíduos e o dispêndio de alto valor para investimento inicial. No entanto, para contribuir com a análise deste investimento, foi realizado o estudo comparando a troca total com o cenário sem troca das lâmpadas, pois não é possível saber com exatidão a frequência com que o Município fará a troca das lâmpadas defeituosas, uma vez que depende da disposição de recursos humanos e disponibilidade de recursos financeiros.

Portanto, os cálculos da análise de investimento foram efetuados considerando o custo do investimento inicial, custo de energia elétrica e custos de reposição de material (devido às diferenças em tempo de vida útil que existem entre as lâmpadas convencionais fluorescentes e lâmpadas LED) ao longo de 04 anos. Este período foi adotado devido ao tempo máximo

esperado para o fim da vida útil das lâmpadas fluorescentes ser em torno de 10 mil horas, conforme descrito no endereço eletrônico do INMETRO (2018). Considerando que o Paço Municipal tem expediente diário de 8 horas, porém as escalas dos servidores divergem, logo é possível estimar que uma hora antes e uma hora após o expediente ainda tenham as lâmpadas acesas, então o tempo de funcionamento diário é de aproximadamente 10 horas. Ainda considerando 22 dias úteis por mês, após 04 anos as lâmpadas terão funcionado por 10560 horas, excedendo o tempo de vida total das lâmpadas fluorescentes. Por outro lado, as lâmpadas LED possuem 50.000 horas de vida útil, visto que este é o valor que os servidores Engenheiros Eletricistas do Município estão especificando como vida útil mínima para aquisição de lâmpadas desta tecnologia.

Depois de obtidos esses custos, nas duas modalidades de lâmpadas, realizou-se o cálculo de valor presente líquido considerando uma taxa de inflação acumulada dos últimos 12 meses medido pelo IPCA (índice de preços ao consumidor amplo), entre agosto de 2017 e agosto de 2018, como a taxa de juros da fórmula, uma vez que o setor público não investe para vislumbrar uma atratividade financeira ou lucro. Assim, conforme os índices publicados pelo IBGE (2018), tem-se o valor destacado na Tabela 1.

SÉRIE HISTÓRICA DO IPCA

(conclusão)

ANO	MÊS	NÚMERO ÍNDICE (DEZ 93 = 100)	VARIÇÃO (%)				
			NO MÊS	3 MESES	6 MESES	NO ANO	12 MESES
2017	JAN	4793.85	0.38	0.86	1.65	0.38	5.35
	FEV	4809.67	0.33	1.01	1.54	0.71	4.76
	MAR	4821.69	0.25	0.96	1.71	0.96	4.57
	ABR	4828.44	0.14	0.72	1.59	1.10	4.08
	MAI	4843.41	0.31	0.70	1.72	1.42	3.60
	JUN	4832.27	-0.23	0.22	1.18	1.18	3.00
	JUL	4843.87	0.24	0.32	1.04	1.43	2.71
	AGO	4853.07	0.19	0.20	0.90	1.62	2.46
	SET	4860.83	0.16	0.59	0.81	1.78	2.54
	OUT	4881.25	0.42	0.77	1.09	2.21	2.70
	NOV	4894.92	0.28	0.86	1.06	2.50	2.80
	DEZ	4916.46	0.44	1.14	1.74	2.95	2.95
2018	JAN	4930.72	0.29	1.01	1.79	0.29	2.86
	FEV	4946.50	0.32	1.05	1.93	0.61	2.84
	MAR	4950.95	0.09	0.70	1.85	0.70	2.68
	ABR	4961.84	0.22	0.63	1.65	0.92	2.76
	MAI	4981.69	0.40	0.71	1.77	1.33	2.86
	JUN	5044.46	1.26	1.89	2.60	2.60	4.39
	JUL	5061.11	0.33	2.00	2.64	2.94	4.48
	AGO	5056.56	-0.09	1.50	2.23	2.85	4.19

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Índices de Preços, Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor.

Tabela 1 – Valor acumulado da inflação medida pelo IPCA nos últimos 12 meses.

Após essa análise, apresentou-se o estudo de viabilidade para a implementação do sistema de captação de energia solar fotovoltaica, verificando as intervenções necessárias para a instalação deste sistema, os custos envolvidos e o tempo para retorno do investimento, utilizando as mesmas ferramentas de avaliação econômica aplicadas para lâmpadas LED. Porém, neste caso a oscilação do custo da energia elétrica poderá influenciar substancialmente o tempo para a ocorrência do payback, logo foi considerado um aumento anual de 10% na conta da energia elétrica, sugerida pelo fornecedor local de painéis fotovoltaicos. Tal taxa de aumento pode ser considerado adequado quando observado os valores médios de reajuste ao longo dos

últimos 10 anos publicados pela Companhia Paranaense de Energia (2018), demonstrados na Tabela 2.

Reajustes médios da conta de luz	
Ano	Taxa de reajuste
2008	0.04%
2009	5.00%
2010	2.46%
2011	2.99%
2012	-0.65%
2013	-9.73%
2014	24.86%
2015	52.11%
2016	-12.87%
2017	5.85%
2018	15.99%
Média	7.82%

Tabela 2 –Reajustes médios das tarifas de fornecimento de energia elétrica nos últimos 10 anos, no Paraná.
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Foi apresentado, ainda, a estimativa da quantidade de geração energética mensal, comparando com o consumo mensal da energia elétrica na conta de luz. Devido aos períodos de insolação depender das estações do ano e do clima, essa análise servirá para averiguar quais são os períodos do ano em que haverá excesso ou escassez na geração energética com a configuração projetada.

4. CONTEXTO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

O Paço Municipal de Cascavel possui um alto consumo de energia elétrica devido ao uso de equipamentos pouco eficientes energeticamente, como lâmpadas incandescentes e fluorescente, computadores velhos e aparelhos de ar condicionado antigos. Devido ao Plano de Governo da gestão 2017-2020 enfatizar a sustentabilidade e a redução de desperdícios, percebe-se que o próprio Paço Municipal ainda requer intervenções em diversos aspectos para atingir tais objetivos. Dentre as mudanças que podem contribuir significativamente para a diminuição dos gastos e, ainda, propagar aspectos de proteção ambiental, estão a troca de lâmpadas e geração de energia própria renovável.

A maior parte das lâmpadas existentes são do tipo fluorescentes, que possuem um consumo de 40w por lâmpada e, por terem menor vida útil (em torno de 10 mil horas) e necessitar do uso de um reator, requerem maior custo de manutenção. Já as lâmpadas LED que fornecem a mesma luminância possuem um consumo de 18w, não necessitam de reator e têm uma vida média de 50 mil horas, além de serem mais resistentes às oscilações de energia. Porém, como houve mudança na estrutura organizacional do município em início de 2018 e, até a época da análise deste trabalho em setembro de 2018, o mesmo ainda encontra-se em constante mudança nas estruturas físicas, não é possível ponderar com exatidão toda a potência instalada no paço. Há somente o projeto elétrico já defasado que ilustra as luminárias existentes, como já demonstrado na Figura 1. O levantamento com base em conta de luz também pode não traduzir com acurácia o consumo real ao longo do tempo, pois há mudanças significativas nas instalações e equipamentos, dependendo das necessidades do município. Entretanto, mesmo

considerando uma disposição de lâmpadas não tão exata, a análise é comparativa, de modo que o resultado esperado não será comprometido quanto a sua representatividade.

Outro problema existente é a pouca manutenção despendida para as lâmpadas existentes. Existem setores em que os pontos de trabalho dos servidores encontram-se com luminância abaixo do preconizado em normas de higiene e segurança no trabalho, uma vez que as lâmpadas estão queimadas há mais de dois anos, conforme relatos dos servidores da repartição, como o caso mostrado na Figura 2. Assim sendo, a troca das lâmpadas também servirá para a reposição de peças defeituosas como o caso comentado.



Figura 2 – Lâmpadas queimadas há mais de dois anos.
Fonte: O autor (2018)

A medida da substituição das lâmpadas dará suporte para a possibilidade da instalação de placas de captação de energia solar, abordado no plano de governo, e que completaria a eficiência energética da edificação. Na Figura 3 é possível observar o alto gasto mensal em energia elétrica do Paço Municipal, referente ao mês de julho de 2018.

COPEL Copel Distribuição S.A. Rua José Izidoro Biazzetto, 158 - Curitiba-PR - 81 209-240 CNPJ 04.368.898/0001-06 - IE: 90.233.073-99 IM: 423.992-4

MUNICIPIO DE CASCAVEL
PM CEL PAÇO MUNICIPAL
R PARANA, 5000 - PAÇO MUNICIPAL
CENTRO - CASCAVEL - PR - CEP: 85810-905
81776 01 824 243040
CNPJ 76.208.867/0001-07

Mês de referência: Julho/2018
Vencimento: 25/08/2018

Nº de Identificação: 48431389
VALOR: R\$ 29.322,13

Valores Faturados
NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 031.850.364 - SÉRIE B
Emitida em 24/07/2018

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	2356,00	1,931838	4.551,41	4.551,41	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	31898,00	0,504875	16.104,50	16.104,50	29,00
DEMANDA	kW	165,11	22,099388	3.648,83	3.648,83	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	134,89	15,353473	2.071,03	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA P2	kWh			2.595,01	2.595,01	29,00

SERV.TECNICOS ADMINISTRATIVOS 351,35

Figura 3 – Conta de luz do Paço Municipal de Cascavel.
Fonte: Arquivos internos da prefeitura de Cascavel (2018)

Devido ao fato dos órgãos públicos terem responsabilidade de gerir bem os recursos públicos arrecadados, sem prejudicar os serviços oferecidos, é importante que a Prefeitura se proponha a encontrar soluções para diminuir os gastos essenciais, como é o caso da conta de luz. Portanto, a implantação de sistema de produção de energia elétrica própria torna-se interessante.

5. APRESENTAÇÃO DO PROJETO DE INTERVENÇÃO

Para a substituição das lâmpadas convencionais por lâmpadas da tecnologia LED, é necessário que elas forneçam as mesmas luminâncias nos pontos de trabalho dos servidores municipais, de forma a atender os valores mínimos definidos pelas normas de higiene e segurança no trabalho. Tal quantidade já foi dimensionado para realizar a distribuição atual das lâmpadas e luminárias, logo há apenas a necessidade da simples substituição por lâmpadas equivalentes em termos de fluxo luminoso. Observando o projeto luminotécnico mais atual do Paço, é possível afirmar que existem 1573 pontos de lâmpadas tubulares, de 40W, e 317 pontos de lâmpadas compactas, de 26W.

As lâmpadas LED que apresentam as características luminosas equivalentes às convencionais citadas anteriormente, possuem potências que variam de acordo com o fornecedor selecionado para aquisição pelo poder público. Devido ao fato dos órgãos públicos não terem liberdade financeira para compras fora dos processos regidos por lei, isto é, regimes licitatórios, não é possível definir um fornecedor como padrão de aquisição. Porém, o corpo técnico pode definir as características técnicas mínimas exigidas para a compra. Assim sendo, o engenheiro eletricista do município, levando em consideração algumas referências de fabricantes, como o exemplo da Figura 4, definiu que as lâmpadas mais adequadas seriam LED tubular 18W e compacta 10W, para efeitos da análise de investimento.

EQUIVALENCIAS		BOMBILLA INCANDESCENTE	HALOGENAS HALOGENAS	HALOGENAS TIPO PAR	BOMBILLAS BAJO CONSUMO	TUBO FLUORESCENTE	FOCO HALOGENURO	VAPOR DE SODIO	LUMENES (lm)
POTENCIA LED	2 W		20 W		6 W				50 - 80
	3 W		35 W		8 W				180 - 270
	5 W		40 W		11 W				240 - 420
	6 W		50 W		13 W	12 W			390 - 550
	7 W		60 W		15 W	14 W			510 - 640
	9 W		70 W		18 W	18 W			600 - 830
	10 W		80 W		20 W	20 W	50 W		810 - 950
	12 W		100 W		25 W	25 W	60 W		900 - 1100
	13 W		110 W		30 W	28 W	70 W		955 - 1200
	15 W		120 W		40 W	32 W	75 W		1000 - 1400
	18 W		140 W		50 W	36 W	90 W		1100 - 1700
	20 W		150 W		60 W	44 W	120 W		1200 - 1900
	25 W		200 W		70 W	58 W	150 W		1250 - 2400
	30 W		250 W		80 W	70 W	170 W		1300 - 2500
	35 W		300 W		90 W		180 W		1350 - 2800
	50 W		350 W		100 W		200 W	100 W	2440 - 4500
	80 W		400 W		150 W		250 W	150 W	3600 - 7500
100 W		500 W		200 W		300 W	250 W	5100 - 9500	
120 W		550 W		250 W		350 W	300 W	6000 - 11000	
150 W		700 W		300 W		500 W	400 W	7500 - 14000	

Figura 4 – Equivalência de lâmpadas LED com demais tecnologias.
Fonte: Volani (2018)

Portanto, tais lâmpadas deverão ser adquiridas para substituição das lâmpadas defeituosas do Paço Municipal. As descrições técnicas são: Lâmpada tubular LED, potência 18~22W, T8, 120cm, translúcida, dissipador de calor base de alumínio, vida útil mínima 50.000 horas, fluxo luminoso mínimo no início da vida útil 1800lm, depreciação máxima de 30% do

fluxo luminoso inicial ao longo da vida útil, ângulo de abertura mínimo 160~180°, IRC≥72%, tensão de operação: bi-volt, temperatura de cor: 5500~6500K, fator de potência mínimo: 0,92; e Lâmpada bulbo LED, soquete E-27, potência 10~12W, vida útil mínima 50.000 horas, fluxo luminoso mínimo no início da vida útil: 1000lm, depreciação máxima de 30% do fluxo luminoso inicial ao longo da vida útil, ângulo de abertura mínimo: 150°, IRC≥80%, tensão de operação: bi-volt, temperatura de cor: 5500~6500K, fator de potência mínimo: 0,92.

Com relação ao sistema fotovoltaico, foi realizado uma consulta de viabilidade com o fornecedor local, a empresa Fusão Solar. Após análise da conta de luz da Figura 3, foi fornecida uma proposta de sistema de geração de energia fotovoltaico, com as especificações da Figura 5.

PROPOSTA DE SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICO

CLIENTE: Município de Cascavel Fusão Solar

ENDEREÇO: Rua Paraná, 5000 - Centro - Cascavel-PR

OBJETO: Microgeração UC 48431389

NÚMERO: 2018-874 Revisão: 00

ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA

Potência Instalada: 327,68 kWp

Geração Estimada: 42.965,40 kWh/mês

Estimativa de Compensação: 100% do consumo de energia apresentado

EQUIPAMENTOS:

1024	Unid.	Painel Solar Fotovoltaico	320	Wp
Painéis fotovoltaicos, 72 células, policristalina, certificado pelo INMETRO, garantia de até 25 anos.				
256	Unid.	Micro Inversor Apsystems YC1000		
Microinversores com eficiência nominal de MPPT de 99,9%, que permitem uma otimização superior da produção e monitorização por painel fotovoltaico e garantia de até 25 anos.				
3	Unid.	Unidade de Comunicação		
Unidade de Comunicação com Software de Monitoramento e Análise de Energia para computador e celular.				

Investimento:	R\$ 2.549.407,85
Estimativa de Viabilidade / Payback:	7 anos
Validade da proposta:	30 dias

(45) 3038 8884
 contato@fusaosolar.com.br
 www.fusaosolar.com.br
 Rua JK, 193 - 1º andar - Alto Alegre - CEP: 85.805-040 - Cascavel - PR

27/08/2018

Figura 5 – Proposta comercial de sistema fotovoltaico para Paço Municipal.

Fonte: Elaborado pela empresa Fusão Solar (2018)

Na região do município de Cascavel existem diversas empresas que atuam na área de geração de energia solar, sendo necessária a obtenção de mais de três cotações de preços para comporem o preço de licitação, caso o município deseje adquirir este equipamento. A proposta da Figura 4 possui efeitos de análise acadêmica, para observar o tempo para ocorrer o retorno do investimento ao poder público.

6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES

De acordo com os valores da tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), referência julho de 2018, divulgada pela Caixa Econômica Federal, a lâmpada tubular fluorescente 40w e o reator possuem o custo que somam R\$ 21,88 (insumos 3753 e 1087), as lâmpadas fluorescentes compactas 26w possuem o custo unitário de R\$ 12,10 (insumo 38780), lâmpadas LED tipo tubular 18w custam R\$ 55,08 cada (insumo 39387) e lâmpadas LED compacta R\$ 31,06 por unidade (insumo 38194). Com base nesses custos e sabendo as quantidades de pontos de iluminação, bem como os tempos de vida das lâmpadas e o custo da energia elétrica, tem-se as estimativas de gastos das tabelas 3 e 4.

Estimativa de gastos com energia elétrica				
ano	led	convencionais	diferença	
2018	R\$ 41.964,08	R\$ 94.849,69	R\$ 52.885,62	
2019	R\$ 46.160,53	R\$ 104.334,76	R\$ 58.174,23	
2020	R\$ 50.776,56	R\$ 114.768,18	R\$ 63.991,62	
2021	R\$ 55.854,22	R\$ 126.245,01	R\$ 70.390,79	
2022	R\$ 61.439,57	R\$ 138.869,35	R\$ 77.429,78	

Tabela 3 – Estimativa de gastos com energia elétrica das lâmpadas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Estimativa de gastos com manutenção				
ano	led	convencionais	diferença	
2018	R\$ 5.094,51	R\$ 10.098,78	R\$ 5.004,27	
2019	R\$ 10.189,01	R\$ 20.197,55	R\$ 10.008,54	
2020	R\$ 15.283,52	R\$ 30.296,33	R\$ 15.012,81	
2021	R\$ 20.378,02	R\$ 40.395,10	R\$ 20.017,08	
2022	R\$ 25.472,53	R\$ 50.493,88	R\$ 25.021,35	

Tabela 4 – Estimativa de gastos com manutenção das lâmpadas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Observa-se que a diferença de gasto com energia se eleva com o tempo, uma vez que há aumento do custo de energia elétrica, como citado anteriormente. Levando em consideração essas evoluções de gastos, além de que o custo do investimento inicial de lâmpadas LED é de R\$ 96.486,86, pode-se encontrar o tempo para a ocorrência do payback conforme apresentado no Gráfico 1.

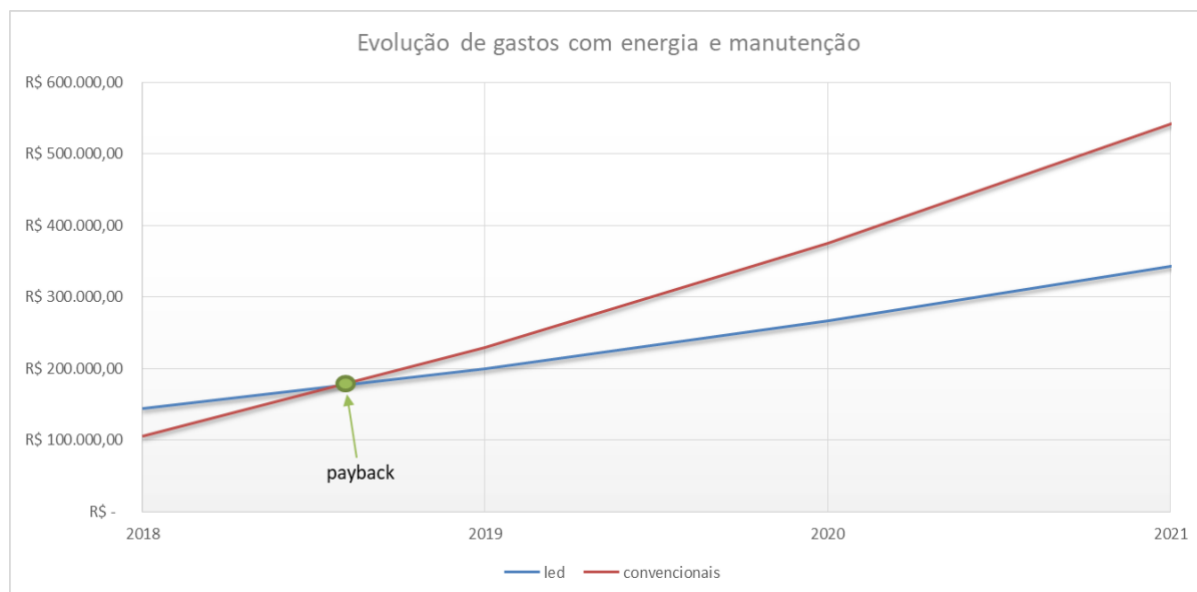


Gráfico 1 – Payback da instalação de lâmpadas LED.
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Portanto, é possível verificar que o payback da implantação do sistema de iluminação em LED ocorrem em aproximadamente 7 meses, um tempo bastante curto, justificando a viabilidade do projeto. Assim, a Administração Pública atinge o objetivo de economia com gastos essenciais e melhora a eficiência energética das instalações elétricas do Paço Municipal de Cascavel.

Ao analisar o retorno deste investimento com o Valor Presente Líquido, ferramenta de avaliação econômica, é possível notar que, em quatro anos, haverá um importante valor de economia quando considerado a inflação de 4,19% citado anteriormente, conforme Tabela 5.

VPL		
Investimento inicial	-R\$	96.486,86
2018	R\$	57.889,89
2019	R\$	68.182,77
2020	R\$	79.004,43
2021	R\$	90.407,87
	R\$	168.454,05

Tabela 5 – Valor presente líquido do investimento em lâmpadas LED.
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Isto posto, nota-se que após quatro anos de troca total das lâmpadas LED do Paço, o Município economizará R\$ 168.454,05 em termos de valores presentes. Ou seja, aproximadamente 1,75 (175%) vezes o valor do investimento inicial. Em valores brutos, o valor seria de R\$ 198.998,10, porém, este valor distribuído nos quatro anos equivale ao valor calculado acima quando trazido para o momento presente. Como o saldo é positivo, inclusive muito maior que o investimento inicial, pode-se afirmar que é muito vantajoso efetuar esta intervenção no Paço Municipal de Cascavel.

Com relação ao sistema de geração de energia fotovoltaica, a Aneel (2012) permitiu aos consumidores instalar geradores de pequeno porte em suas unidades consumidoras e utilizar o sistema elétrico da Copel para injetar o excedente de energia, que será convertido em crédito de energia válido por 60 meses. Assim sendo, o crédito de energia poderá ser utilizado nos

meses em que a geração não será suficiente para atender ao consumo. Levando isso em consideração, a empresa Fusão Solar encaminhou o cálculo do payback estimado pela empresa, conforme Figura 5.

PAYBACK DE INVESTIMENTO EM GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO

CLIENTE: Município de Cascavel

OBJETO: Microgeração UC 48431389

Ano	Geração Anual kWh	Custo kw/h sem imposto	Economia Anual	Valor Acumulado
1	515584,82	0,504875	R\$ 260.305,89	R\$ 260.305,89
2	514295,86	0,555363	R\$ 285.620,63	R\$ 545.926,52
3	513010,12	0,610899	R\$ 313.397,24	R\$ 859.323,76
4	511727,59	0,671989	R\$ 343.875,12	R\$ 1.203.198,88
5	510448,27	0,739187	R\$ 377.316,98	R\$ 1.580.515,86
6	509172,15	0,813106	R\$ 414.011,05	R\$ 1.994.526,91
7	507899,22	0,894417	R\$ 454.273,63	R\$ 2.448.800,54
8	506629,47	0,983859	R\$ 498.451,74	R\$ 2.947.252,27
9	505362,90	1,082244	R\$ 546.926,17	R\$ 3.494.178,44
10	504099,49	1,190469	R\$ 600.114,74	R\$ 4.094.293,18
11	502839,24	1,309516	R\$ 658.475,90	R\$ 4.752.769,08
12	501582,15	1,440467	R\$ 722.512,68	R\$ 5.475.281,76
13	500328,19	1,584514	R\$ 792.777,04	R\$ 6.268.058,79
14	499077,37	1,742965	R\$ 869.874,60	R\$ 7.137.933,40
15	497829,68	1,917262	R\$ 954.469,91	R\$ 8.092.403,31
16	496585,10	2,108988	R\$ 1.047.292,11	R\$ 9.139.695,41
17	495343,64	2,319887	R\$ 1.149.141,26	R\$ 10.288.836,68
18	494105,28	2,551876	R\$ 1.260.895,25	R\$ 11.549.731,93
19	492870,02	2,807063	R\$ 1.383.517,32	R\$ 12.933.249,25
20	491637,84	3,087770	R\$ 1.518.064,37	R\$ 14.451.313,62
21	490408,75	3,396547	R\$ 1.665.696,14	R\$ 16.117.009,76
22	489182,73	3,736201	R\$ 1.827.685,08	R\$ 17.944.694,84
23	487959,77	4,109821	R\$ 2.005.427,46	R\$ 19.950.122,30
24	486739,87	4,520803	R\$ 2.200.455,28	R\$ 22.150.577,58
25	485523,02	4,972884	R\$ 2.414.449,56	R\$ 24.565.027,13

Figura 6 – Estimativa do payback pela empresa Fusão Solar.

Fonte: Elaborado pela empresa Fusão Solar (2018)

Porém, o cálculo da empresa leva em conta apenas a evolução do custo da energia elétrica e não realiza uma análise do VPL. Conforme informações da Figura 4, o equipamento possui um tempo de garantia de 25 anos, portanto a economia gerada em 25 anos, trazida para valores presentes, com inflação de 4,19%, pode ser observada na tabela 6.

VPL		
Investimento inicial	-R\$	2.549.407,85
2018	R\$	260.305,89
2019	R\$	285.620,63
2020	R\$	313.397,24
2021	R\$	343.875,12
2022	R\$	377.316,98
2023	R\$	414.011,05
2024	R\$	454.273,63
2025	R\$	498.451,74
2026	R\$	546.926,17
2027	R\$	600.114,74
2028	R\$	658.475,90
2029	R\$	722.512,68
2030	R\$	792.777,04
2031	R\$	869.874,60
2032	R\$	954.469,91
2033	R\$	1.047.292,11
2034	R\$	1.149.141,26
2035	R\$	1.260.895,25
2036	R\$	1.383.517,32
2037	R\$	1.518.064,37
2038	R\$	1.665.696,14
2039	R\$	1.827.685,08
2040	R\$	2.005.427,46
2041	R\$	2.200.455,28
2042	R\$	2.414.449,56
	R\$	9.901.280,37

Tabela 6 – Valor presente líquido do investimento em placa solar.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Assim sendo, o município trará economia de R\$ 9.901.280,37, em valores presentes, com este investimento, segundo dados fornecidos pela empresa. Este valor representa 3,88 vezes o investimento inicial, mas demora 25 anos para acontecer. Devido ao alto investimento inicial e longo período para retorno financeiro, caberá ao gestor do município angariar recursos para atender a esta demanda, visto que existe o interesse do gestor para implementação deste sistema, segundo o Plano de Governo 2017-2020.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Paço Municipal de Cascavel é um prédio público com instalações e equipamentos elétricos antigos. Mesmo que tais equipamentos estejam em pleno funcionamento, devido a tecnologia ser antiga, eles gastam mais energia elétrica do que as novas tendências. Assim sendo, existe uma preocupação da Administração de diminuir o consumo de energia afim de resguardar os cofres públicos para destinar mais investimentos voltados para a população. Portanto, duas maneiras pertinentes para atingir este objetivo são: substituição das lâmpadas convencionais fluorescentes e incandescentes por lâmpadas LED, e implantação de sistema de geração de energia fotovoltaica.

A substituição de lâmpadas existentes por lâmpadas LED é um investimento com menor despendimento inicial de recursos, sendo que em menos de um ano já ocorrerá o payback e, em quatro anos (tempo de vida útil estimado para lâmpadas existentes) trará economia de mais de 168 mil reais, em valores presentes, ao cofre público. Este resultado vai ao encontro à pesquisa de Souza et al. (2017), que encontrou payback de aproximadamente 5 meses em um estudo de caso, quando substituiu as lâmpadas em uma residência por lâmpadas LED.

Já a implantação do sistema de geração de energia fotovoltaica requer um alto investimento inicial e demora mais tempo para ocorrer o payback, pois apenas a partir do oitavo ano é que o sistema se paga. Porém, devido ao extenso prazo de garantia do fornecedor, após 25 anos, o município terá economizado mais de 9 milhões de reais em valores presentes. O resultado, mesmo sendo uma estimativa apresentada pela empresa Fusão Solar, coincide com os resultados obtidos por Dassi et al. (2015), que encontrou um tempo de aproximadamente 7,5 anos para payback de um sistema a ser implantado em uma instituição de ensino superior do Sul do Brasil.

Portanto, verifica-se que tanto o projeto para substituição das lâmpadas, bem como o da instalação de sistema fotovoltaico apresentam viabilidade econômica, podendo trazer a diminuição na conta de luz do Paço Municipal de Cascavel. Tais medidas também contribuem para a preservação ambiental, visto que promovem a diminuição do consumo de energia elétrica e da geração de resíduos, além de utilizar fonte de energia renovável.

REFERÊNCIAS

ANEEL, Agência nacional de energia elétrica. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.

COPEL. Companhia Paranaense de Energia. **Alterações tarifárias**. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F04afb43850ca33c503257488005939b7>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

DASSI, J. A. et al. In: XXII Congresso Brasileiro de Custos, 2015, Foz do Iguaçu, PR. **Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil ...** São Leopoldo - RS: Associação Brasileira de Custos, 2015. Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3924>>. Acesso em: 07 set. 2018.

FEBRAS, F. S. **Módulos fotovoltaicos com células solares bifaciais: fabricação, caracterização e aplicação em sistema fotovoltaico isolado**. 2012. 126 p. Tese (Doutor em Engenharia e Tecnologia de Materiais)- Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<http://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/3221>>. Acesso em: 08 set. 2018.

FERREIRA, J. Z. **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes tubulares t8 e tubulares de led**. 2014. 59 p. Monografia (Especialista em Construções Sustentáveis)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3428>>. Acesso em: 09 set. 2018.

FRANCISCHETTI, C. E. et al. Modelos financeiros para decisão de investimentos na gestão estratégica de marketing. **Caderno Profissional de Marketing - UNIMEP**, v. 1, n. 2, p. 23-36, 2013.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Lâmpada Fluorescente Compacta**. Disponível em:

<<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/fluorescentes.asp>>. Acesso em: 29 ago. 2018

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema nacional de Índices de Preços ao Consumidor: IPCA e INPC**. Disponível em: <

ftp://ftp.ibge.gov.br/Precos_Indices_de_Precos_ao_Consumidor/IPCA/Fasciculo_Indicadores_IBGE/ipca-inpc_201807caderno.pdf>. Acesso em: 01 set. 2018

ITAMARATY. Governo Federal. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**.

Disponível em: <<http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/134-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

LEAL, G. C. S. de G.; FARIAS, S. S.; ARAUJO, A de F. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. **R. Qualit@s.**, v. 7, n. 1, 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Governo Federal. **Pesquisa mostra crescimento da consciência ambiental no Brasil**. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/informma/item/3318-pesquisa-mostra-crescimento-da-consciencia-ambiental-no-brasil>>. Acesso em: 09 nov. 2018.

ONUBR. Organização das Nações Unidas no Brasil. **Objetivo 7. Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos**.

Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods7/>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

PUCCINI, E. C. **Matemática Financeira e Análise de Investimentos**. Florianópolis: [s.n.], 2011. 204 p. Disponível em:

<http://www.ead.uepb.edu.br/arquivos/Livros_UEPB_053_2012/14-matem%20etica%20financeira%20e%20an%20alise%20de%20investimentos/livro%20matem%20etica%20financeira%20e%20an%20alise%20de%20investimentos.pdf>. Acesso em: 13 set. 2018.

SANTOS, T. S. et al. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 20, n. 4, p. 595-602, 2015.

SHAYANI, R. A.; DE OLIVEIRA, M. A. G.; CAMARGO, I. M. de T. In: V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2015, Brasília, DF. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais ...** Disponível em:

<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3427159/mod_resource/content/1/solar.pdf>. Acesso em: 07 set. 2018.

SILVA, M. L.; FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (vpl), valor anual equivalente (vae) e valor esperado da terra (vet). **R. Árvore.**, v. 29, n. 6, p. 931-936, 2005.

SOUZA, F. G. et al. Análise de viabilidade econômica da substituição de lâmpadas comuns por econômicas e tecnologia LED em residências. **Revista Espacios**, v. 38, n. 51, 17 p., 2017.

VOLANI, A. **Equivalência entre Watts e Lumens em produtos LED**. Disponível em: <<http://www.volani-designs.com/produtos-led/>>. Acesso em: 06 set. 2018.