

# Análise de viabilidade econômica da substituição de lâmpadas comuns por econômicas e tecnologia LED em residências

## Analysis of economic viability of the replacement of common lamps by economics and LED technology in residences

Fernando Godinho de SOUZA [1](#); Graciela Alessandra Dela ROCCA [2](#); Fernanda Cristina Silva FERREIRA [3](#); Stéfano Frizzo STEFENON [4](#); Petterson ARRUDA [5](#)

Recebido: 07/06/2017 • Aprovado: 10/07/2017

### Conteúdo

- [1. Introdução](#)
  - [2. Metodologia](#)
  - [3. Estudo de caso: Iluminação das residências](#)
  - [4. Considerações finais](#)
- [Referências bibliográficas](#)

#### RESUMO:

A pesquisa realizou a análise de viabilidade econômica e técnica na substituição de lâmpadas comuns por lâmpadas mais econômicas e de tecnologia LED. A coleta de dados foi realizada em dez locais escolhidos aleatoriamente no entorno do centro da cidade de Lages/SC. Foi utilizada uma tabela de valores de lâmpadas LED para analisar o investimento. Com esses dados foi possível formalizar uma proposta para a redução de custos com o consumo de energia verificando a viabilidade econômica da instalação das lâmpadas LED nos locais estudados.

**Palavras chave** LED. Fluxo Luminoso. Dispositivos de Iluminação

#### ABSTRACT:

This research presents the economic and technical viability analysis in the replacement of common lamps by more economical lamps and LED technology. Data were collected at ten randomly selected locations around the city center of Lages/SC. The use of a table of values of LED lamps was used to be able to match the values of the investment. With these data, it was possible to formalize a proposal for the reduction of costs with the energy consumption in each evaluated place. The economic viability of the installation of LED lamps in the studied areas was verified.

**Keywords** LED. Luminous flux. Illumination Devices.

## 1. Introdução

Na atual situação econômica do país, onde a população está com um poder aquisitivo cada vez

menor, as inovações no setor elétrico são fundamentais para economia das empresas e famílias.

A área de iluminação nos últimos dez anos, vem avançando muito com estudos e transformações frequentes, criando novos equipamentos, novos conceitos e alternativas para a economia de energia, não deixando de lado o conforto e a maior durabilidade dos equipamentos. O emprego de diodos emissores de luz, os LEDs, já é uma realidade nos sistemas de iluminação, e sua utilização em novas tecnologias de iluminação residencial e comercial, está cada vez mais frequente como uma alternativa aos altos valores que a energia elétrica vem apresentando em nosso país (FOLSTER, MADRUGA, FERREIRA, & STEFENON, 2016).

A utilização de materiais semicondutores para gerar luz apresenta-se como uma alternativa recente. Nestes materiais, a luz é emitida através da recombinação de elétrons e lacunas em excesso que são produzidos por injeção decorrente com pequenas perdas de energia (RIBEIRO, ROSA, CORREA, & SILVA, 2012).

O LED há muito tempo tem o seu uso em equipamentos eletroeletrônicos, como indicadores ou sinalizadores de estado (semáforos, lâmpadas liga/desliga entre outros). Mais recentemente esse tipo de alternativa vem sendo empregada na iluminação de ambientes internos e externos (AGOSTINHO, ROCCA, FERREIRA, & STEFENON, 2017). Dentro deste contexto o trabalho visa avaliar financeiramente a utilização de lâmpadas LED em substituição às convencionais.

## **1.1. Dispositivos de iluminação**

Segundo Lima (2013) vários estudos e comprovações científicas de fenômenos elétricos e magnéticos, consideram a luz como sendo formada por ondas eletromagnéticas que se propagam mesmo na ausência de matéria.

É importante lembrar que as ondas eletromagnéticas se diferenciam pela sua frequência e comprimento de ondas, e a interação dessas ondas com a matéria depende da frequência da onda e da estrutura atômico-molecular da matéria. A forma mais simples das ondas eletromagnéticas corresponde ao espectro eletromagnético que o nosso olho consegue enxergar. A luz é produzida por corpos que estão com alta temperatura (como o filamento de uma lâmpada) e pela reorganização dos elétrons em átomos e moléculas (SILVA, 2011).

## **1.2. Luminotécnica**

O termo é conhecido para descrever as propriedades luminosas, os efeitos causados por fontes luminosas, e seus benefícios ao ser humano. Podemos analisar que "a fonte luminosa irradiasse a luz uniformemente em todas as direções, o fluxo luminoso se distribuiria na forma de uma esfera, porém, é quase impossível de acontecer, razão pela qual é necessário medir o valor dos lúmens emitidos em cada direção" (LIMA, 2013).

### **1.2.1. Curva de distribuição luminosa**

Segundo Lima (2013) a representação da intensidade luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada num plano. Lima (2013) ainda destaca:

Considerando a fonte de luz reduzida a um ponto no centro de um diagrama e que todos os vetores que dela se originam tiverem suas extremidades ligadas por um traço, obtém-se a curva de distribuição luminosa (CDL). Para obter é preciso multiplicar o valor encontrado na CDL pelo fluxo luminoso da lâmpada e dividir o resultado por 1000 lm (LIMA, 2013).

### **1.2.2. Fluxo luminoso**

Ribeiro (2010, p.9) afirma que "O fluxo luminoso é a quantidade total de luz emitida por uma fonte luminosa e sua unidade lúmen. Uma radiação de 1 watt com comprimento de onda de 555 nm (watt luminoso) corresponde a um fluxo luminoso de 683 lúmen" o que seria o grau

máximo visível a olho humano.

### **1.2.3. Eficiência luminosa**

Lima (2013) compreende que eficiência luminosa é a relação entre o resultado do fluxo luminoso e a potência consumida. As lâmpadas se diferenciam não só pelos diferentes fluxos luminosos que elas irradiam, mas também pelas diferentes potências que consomem. Para poder compará-las, é necessário que se saiba quantos lumens são gerados por watt absorvido. "Símbolo (Nw). Unidade lúmen/watt (lm/W)".

Segundo Silva (2011), para gerar energia luminosa as fontes de luz artificial necessitam consumir energia. Atualmente, esta energia é fundamentalmente elétrica, no entanto, durante este processo, as fontes de luz também transformam a energia elétrica em outras formas de energia, como energia radiante e térmica. As porcentagens resultantes da transformação da energia elétrica em outras formas de energia são inerentes ao processo de funcionamento da luz artificial.

### **1.2.4. Iluminância**

Iluminância ou nível de iluminação é o fluxo luminoso irradiado por uma fonte luminosa, que incide sobre a área de uma superfície.

A sua unidade de medida é o (Lux) unidade de iluminamento [lx]. Definido como sendo a iluminância de plana, de área igual a 1 m<sup>2</sup>, que recebe, na direção perpendicular, um fluxo luminoso igual a 1 lm, uniformemente distribuído. A iluminância também pode ser determinada em função da intensidade luminosa incidente na superfície, constatando-se que a iluminância é inversamente proporcional ao quadrado da distância (VIANA, et al., 2012).

Pensando nisso, conclui-se que a iluminância é a razão entre a intensidade luminosa produzida, refletida ou transmitida por uma superfície e a área aparente dessa mesma superfície, sendo que a área aparente é a área projetada (aquela que é vista pelo observador) fazendo um ângulo de 90° com o eixo ocular deste. Já a iluminância descreve o brilho ou sensação de claridade produzida por uma superfície produtora/refletora. Ou seja, a iluminância é a quantidade de luz dirigida para os olhos através da envolvente (fontes de luz, paredes, chão, teto, móveis, etc.), sendo a única grandeza fotométrica que o olho humano interpreta (SILVA, 2011).

## **1.3. Equipamentos luminotécnicos**

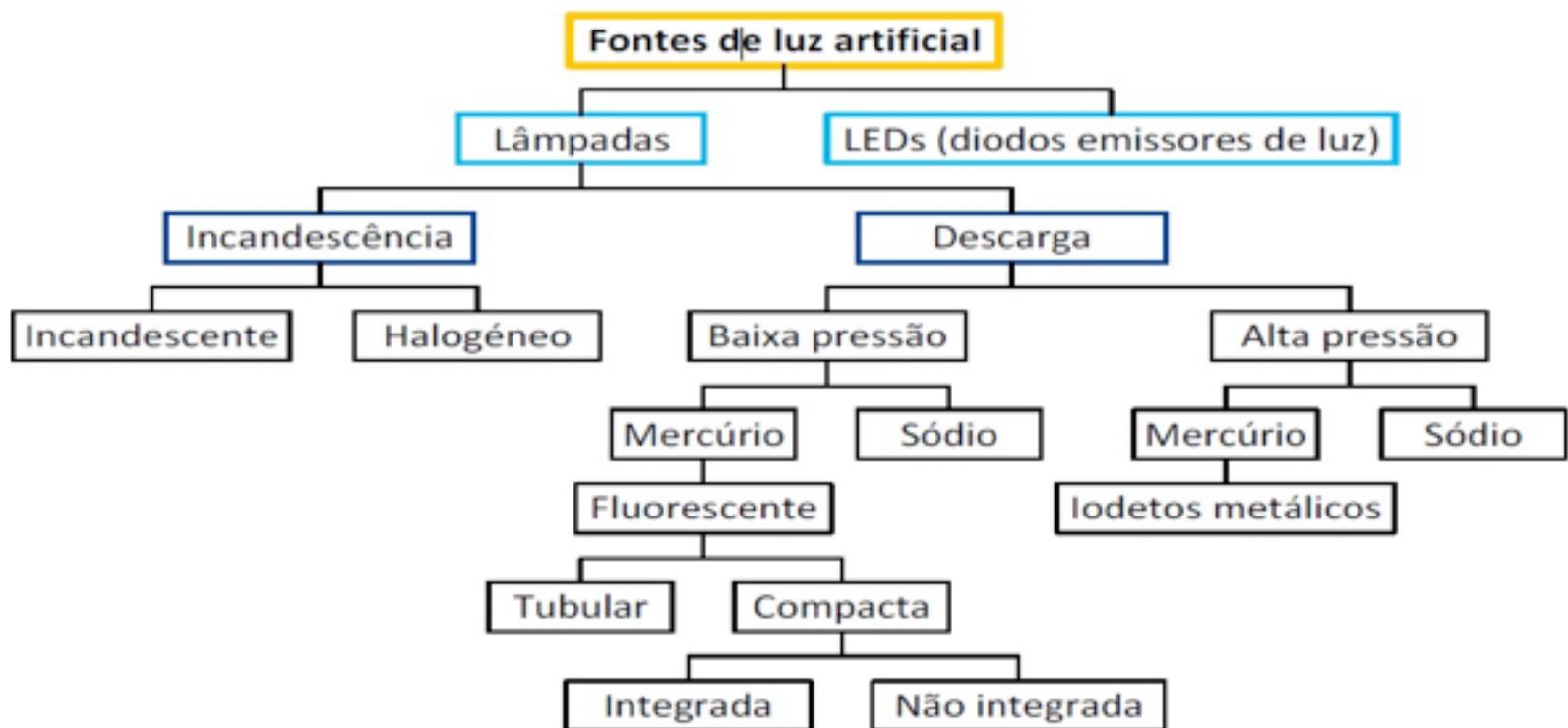
Para que um sistema de iluminação possa funcionar é preciso ter fontes de luz e equipamentos auxiliares (se necessário, armaduras e comandos elétricos para iluminação).

Segundo Silva (2011) as fontes de luz artificial são classificadas em função do processo tecnológico de geração de luz, distinguindo-se como: lâmpadas de incandescência (que produzem luz através do aquecimento de um filamento até atingir a incandescência); as lâmpadas de descarga (que geram luminosidade através da excitação de vapores metálicos) e LEDs (dispositivos semicondutores com uma junção P-N, que emitem luz quando é aplicada uma diferença de potencial elétrico).

### **1.3.1. Análise da durabilidade das Lâmpadas**

Segundo Fabulart (2016), a vida útil de uma lâmpada está relacionada diretamente com quantas vezes esta é ligada ou desligada por dia. Uma lâmpada LED pode durar até 50000 horas, uma lâmpada halógena 3000 horas, uma lâmpada incandescente 1000 horas, uma lâmpada fluorescente compacta 6000horas e uma lâmpada fluorescente tubular 7000 horas. Na figura 1 apresenta-se uma ilustração de todos os tipos de lâmpadas, sendo que, algumas não são mais produzidas pela indústria, como as lâmpadas incandescentes, halógenas e halógenas dicróicas.

**Figura 1** – Tipos de fontes de luz artificial



Fonte: SILVA, 2011

### 1.3.2. Lâmpada de descarga

A luz de uma lâmpada de descarga não é produzida pelo aquecimento de um filamento, mas pela excitação de um gás (um vapor de metal ou uma mistura de diversos gases e vapores) dentro de um tubo de descarga, ou seja: "O fluxo luminoso é gerado direta ou indiretamente pela passagem da corrente elétrica através de um gás, mistura de gases ou vapores" (LIMA, 2013).

### 1.3.3. Lâmpada fluorescente

"Consistem de um bulbo cilíndrico de vidro, tendo em seu interior vapor de mercúrio ou argônio a baixa pressão e as paredes internas do tubo são recoberta por fósforo" (LIMA, 2013). Espirais de tungstênio, revestidas com uma substância emissora de elétrons, formam os eletrodos em cada uma das extremidades do tubo.

Segundo Lima (2013), quando uma diferença de potencial elétrico é aplicada, os elétrons passam de um eletrodo para o outro, criando um fluxo de corrente denominado de arco voltaico ou descarga elétrica. Esses elétrons chocam-se com os átomos de argônio, os quais, por sua vez, emitem mais elétrons e chocam-se com os átomos do vapor de mercúrio os energizando, causando a emissão de radiação ultravioleta (UV).

Quando os raios ultravioleta atingem a camada fosforosa, que reveste a parede do tubo, ocorre à fluorescência emitindo radiação eletromagnética na região do visível. Para esta lâmpada funcionar é necessário um equipamento auxiliar: os reatores. Eles servem para limitar a corrente e adequar as tensões para o perfeito funcionamento das lâmpadas. Os tipos de reatores encontrados no mercado são: eletromagnéticos e eletrônicos (LIMA, 2013).

### 1.3.4. Lâmpada de LED

A tecnologia LED oferece vantagens através de seu desenvolvimento tecnológico, e se apresenta como uma alternativa de substituição para as lâmpadas convencionais. Para Viana e colaboradores (2012), os diodos emissores de luz – LEDs são componentes semicondutores que convertem corrente elétrica em luz visível, criando um fluxo luminoso mais alto.

Os LEDs podem ter diferentes cores que vão depender exclusivamente do comprimento de onda no qual ocorre a emissão de luz. Estes diferentes comprimentos de onda são obtidos através da combinação de elementos químicos diferentes, sendo principalmente utilizados os fosfatos ou arsenietos. Para cada combinação dos fosfatos ou arsenietos com outros elementos químicos

têm-se diferentes quantidades de energia liberada e conseqüentemente, diferentes cores.

A eficiência luminosa do LED tem aumentado consideravelmente nos tempos atuais devido às melhorias no processo produtivo e ao avanço tecnológico. Lima (2013) avalia que a utilização do LED para iluminação está sendo possível graças ao desenvolvimento de díodos brancos de alta potência e elevada eficiência. Esta lâmpada é composta: por um bulbo de LED disposto em um dissipador de calor (pois a quantidade de luz emitida pelo LED diminui com o aumento da temperatura, por isso tem a necessidade deste dispositivo) e um driver.

A tecnologia LED está sendo produzida em larga escala, com custos cada vez menores e está sendo utilizada em iluminação para diversas aplicações, desde sinalização e orientação (como degraus e escadas) até letreiros luminosos, balizamento, automóveis, entre outros.

## **1.4. Viabilidade econômica**

A análise de viabilidade econômica é a área da engenharia econômica que busca identificar os benefícios alcançados a partir de um investimento realizado e compará-los com os investimentos totais e outros custos associados com o intuito de verificar a viabilidade da implementação do projeto. Conforme Hess, Marques, Paes & Puccini (1985, p.2) "Engenharia Econômica são os métodos e técnicas de decisões empregadas na escolha entre alternativas de investimentos tecnicamente viáveis, nas quais as diferenças futuras serão expressas em termos de dinheiro".

A avaliação de projetos de investimentos comumente envolve um conjunto de técnicas que buscam determinar sua viabilidade econômica e financeira, considerando uma determinada Taxa Mínima de Atratividade. Desta forma, Casarotto Filho & Kopittke (2000) relatam que normalmente esses parâmetros são medidos pelo Payback (prazo de retorno do investimento inicial), pela TIR (Taxa Interna de Retorno) e/ou pelo VPL (Valor Presente Líquido).

### **1.4.1. VPL (Valor presente líquido)**

Para analisarmos a viabilidade deste projeto utilizaremos o VPL que determina o valor presente de custos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial.

Ele representa o valor presente líquido no instante considerado inicial, de todas as variações de caixa. Se o VPL de uma alternativa de investimento der positivo, isso significa que é interessante tal investimento do ponto de vista econômico a taxa mínima de atratividade. Se der negativo, não compensa o investimento, uma vez que o somatório dos valores presentes dos recebimentos é menor que o somatório dos valores presentes de desembolsos (PANESI, 2006).

### **1.4.2. TIR (Taxa interna de retorno)**

O método utilizado será o TIR que é a taxa necessária para igualar o valor de um investimento com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa gerados em cada período. Segundo Panesi (2006, p.170) "é um método do fluxo de caixa descontado, ou seja, taxa que faz com que o valor atual das entradas seja igual ao valor atual das saídas".

Zago, Weise, & Hornburg (2009, p. 4, apud Oliveira, 1982) define taxa interna de retorno como "aquela que torna o valor dos lucros futuros equivalente ao valor dos gastos realizados com o projeto, assim, a Taxa Interna de Retorno caracteriza-se como a taxa de remuneração esperada para o capital investido".

### **1.4.3. Payback**

O tempo de retorno, ou ainda, Payback é o método mais usado para avaliar investimentos de eficiência energética. Consiste simplesmente na determinação do número de períodos necessários para recuperar o capital investido, ignorando as conseqüências além do período de recuperação e o valor do dinheiro no tempo. Normalmente é recomendado que este método

seja usado como critério de desempate, se for necessário após o emprego de um dos métodos exatos (NEWNAN & LAVELLE, 2000).

---

## **2. Metodologia**

O método utilizado nesta pesquisa é o descritivo-comparativo. Adotou-se um estudo de caso na forma de uma pesquisa em dez locais escolhidos aleatoriamente (residências), tendo como único critério de escolha os bairros de classe média baixa e alta, que ficam na periferia da cidade de Lages. Como será mostrado no estudo das 10 residências escolhidas aleatoriamente em Lages, a renovação das lâmpadas (que tem um consumo bem maior que as de tecnologia LED), são de suma importância para essas residências e estabelecimentos comerciais, porque além de agregar novas tecnologias, aumenta-se consideravelmente a sua eficiência energética

---

## **3. Estudo de caso: Iluminação das residências**

Escolheram-se aleatoriamente dez residências localizadas em bairros de Lages/SC, todas elas são residências unifamiliares contendo de 3 a 5 pessoas. Alguns proprietários não concordaram em participar dos estudos, porém a maioria assinou o TCLE (Termo de Consentimento de Livre Esclarecimento) e ainda fizeram várias perguntas sobre o tema. Na maioria das residências visitadas, existem várias combinações de lâmpadas: incandescentes, halógena, fluorescentes de vários tamanhos e outros tipos. Em 90% dos casos, os proprietários não sabem como fazer um controle adequado no uso, não fizeram um planejamento adequado quanto à iluminação destas e a energia é ligada em situações de necessidade momentânea.

Conforme dados da literatura, avalia-se que são muito mais vantajosas as lâmpadas LED, não só pela sua economia em kilowatt, mas também pelo seu custo por troca. Por se tratar de uma lâmpada que apresenta uma durabilidade maior, o seu custo nas trocas acaba sendo menor que a troca de suas concorrentes com menor eficiência (FOLSTER, MADRUGA, FERREIRA, & STEFENON, 2016).

Em alguns locais há lâmpadas externas que ficam ligadas a noite toda (com o auxílio de uma foto célula), em outros locais elas são ligadas e desligadas à medida que entra e sai pessoas do ambiente. Se em situações como estas, existirem lâmpadas fluorescentes seria mais viável que elas ficassem ligadas direto (aumentando assim sua vida útil), isso devido a necessidade de acesso a estes locais e à liga/desliga da lâmpada.

A área onde foi realizado o levantamento dos dados corresponde a toda a área interna e externa das residências. As mais diversas situações foram encontradas, desde lâmpadas fluorescentes, incandescentes, halógena e outras, porém em nenhuma das residências visitadas foi encontrada um padrão estabelecido. Pode-se afirmar que a população, de modo geral, por não ter o conhecimento técnico sobre o assunto, faz uso indevido da iluminação, há medida que uma lâmpada queima o proprietário da residência compra outra, sem distinção de marca, potência, modelo, ou até mesmo incidência de emissão de luz. O que interessa para os proprietários de modo geral, é o preço final. A mais barata é a melhor, esse foi um padrão encontrado nas respostas da pesquisa.

Após essas avaliações, os dados coletados foram colocados na Planilha de Consumo por Aparelho da Celesc, para formalizar o projeto, precisou-se fazer uso de uma tabela de equivalência de lâmpadas de todos os tipos, com as lâmpadas LED equivalentes a partir dos Watts e Lumens. Essa tabela é fornecida por vários fabricantes, porém nesse projeto usamos a tabela em que os dados se equivalem, ou seja, que os próprios fabricantes de lâmpadas usam para publicar seus dados.

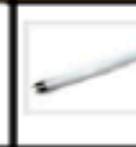
### **3.1. Tabela de equivalência**

Para se ter uma ideia exata de como substituir a lâmpada, observa-se tanto o valor de lúmens quanto o de watts e opta-se por aquela que consuma menos energia (menor valor de watts),

mas que tenha uma quantidade de lúmens adequado ao que se precisa. As lâmpadas que geram mais lúmens consumirão uma quantidade maior de energia, sempre se deve orientar pelo seu fluxo luminoso e não só pelo consumo (que sempre será baixo nas lâmpadas).

Comprar lâmpadas pela potência em watts, como no caso das lâmpadas incandescentes, não é a melhor solução, deve-se verificar também a emissão de lúmens, essas informações são apresentadas na Figura 2.

Figura 2 - Equivalência de Lâmpadas

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				

Fonte: Volani, 2015.

Cada fabricante de iluminação apresenta uma tabela a partir de testes feitos com a sua linha de produto, testes e medições são realizados para comparar a equivalência entre as lâmpadas antigas e de consumo maior, com as lâmpadas LED. A tabela de equivalência foi montada através de uma comparação com várias outras e assim estabeleceu-se uma média e tornou-se possível a comparação com as medidas feitas em campo.

### 3.2. Diagnósticos das residências

Na segunda parte, para análise comparativa da substituição das lâmpadas antigas por LED, se faz uso da tabela de valores individuais de cada lâmpada, que são vendidas no comércio da cidade de Lages. Na pesquisa de valores das lâmpadas LED, mais de 90% dos vendedores das lojas visitadas, afirmaram que a marca Taschibra é a marca mais encontrada e a mais vendida em nossa região, pois isso, será a marca alvo da pesquisa, por ser uma marca popular e encontrada em todas as lojas existentes no mercado, além disso, esta marca dispõe de todos os dados de identificação detalhados no produto vendido (AGOSTINHO, ROCCA, FERREIRA, & STEFENON, 2017).

Foi feita uma pesquisa de preços, com orçamento em três lojas de Lages, depois disso, foi feita

as médias de preços, os valores encontrados são apresentados Tabela 1.

**Tabela 1** - Valores Médios de Lâmpadas LED Taschibra no Comércio de Lages.

<b>Potência da lâmpada LED</b>	<b>Preço médio no comércio de Lages</b>
2W	R\$ 05,49
3W	R\$ 05,89
5W	R\$ 12,90
6W	R\$ 14,90
7W	R\$ 17,90
9W	R\$ 19,90
10W	R\$ 28,90
12W	R\$ 22,90
13W	R\$ 22,90
15W	R\$ 32,90
18W	R\$ 32,90
20W	R\$ 79,90
25W	R\$ 68,00

Fonte: Elaborado pelo Autores, 2016

Devido à individualidade de cada casa, a partir da necessidade de uso de cada lâmpada em ambientes diversos, com o uso da planilha de consumo de energia fornecido pela concessionária (CELESC), seguiram-se alguns passos para preencher todos os dados corretamente:

- Configurar o fator multiplicador do programa, com o valor real do Kilowatt estipulado pela concessionária Celesc, valor de R\$ 0,44 /kW;
- Lançar por cômodos da residência o tipo de lâmpada instalada (incandescente, econômica, dicroica ou fluorescente);
- Lançar a quantidade de lâmpadas que instaladas em cada cômodo;
- Lançar o tempo que cada uma fica ligada no ambiente por dia;
- Verificar os valores em Kilowatt e em reais que o programa mostra no total da tabela.

Por simplificação e na inviabilidade de colocar nesse artigo todas as dez residências estudadas, irá se apresentar os dados referentes a análise de 3 casas. Na tabela 2 referente à casa 3, o proprietário antes tinha um gasto de 131,9 kW e R\$ 58,04 reais ao mês, somente com a iluminação da sua casa. Com o novo projeto feito com o uso da planilha de simulação de consumo de energia fornecido pela Celesc, notamos que se houver a substituição das lâmpadas antigas pelas de LED, o consumo cairá para 15,81 kW, o que equivale a R\$ 6,95 por mês

(Tabela 2).

**Tabela 2 – Análise na Casa 3**

Iluminação antiga (Casa 3)								LED	
Cômodo	Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês	Custo	kWh/mês	Custo
				Horas	Minutos				
Cozinha	Iluminação	60	2	4		14,4	R\$ 6,34	1,68	R\$ 0,74
Sala	Iluminação	60	3	2		10,8	R\$ 4,75	1,26	R\$ 0,55
Quarto Casal	Iluminação	60	2	1		3,6	R\$ 1,58	0,42	R\$ 0,18
Quarto Filho	Iluminação	15	1	1		0,45	R\$ 0,20	0,21	R\$ 0,09
Quarto Filha	Iluminação	60	1	1		1,8	R\$ 0,79	0,21	R\$ 0,09
Quarto 3	Iluminação	15	1	1		0,45	R\$ 0,20	0,21	R\$ 0,09
Lavanderia	Iluminação	40	1	1		1,2	R\$ 0,53	0,15	R\$ 0,07
Banheiro	Iluminação	120	2	1	30	10,8	R\$ 4,75	1,35	R\$ 0,59
Garagem	Iluminação	60	2		30	1,8	R\$ 0,79	0,21	R\$ 0,09
Área externa	Iluminação	60	4	12		86,4	R\$ 38,02	10,08	R\$ 4,44
Corredores	Iluminação	40	1		10	0,2	0,09	0,025	R\$ 0,01
<b>Total</b>						<b>131,9</b>	<b>R\$ 58,04</b>	<b>15,81</b>	<b>R\$ 6,95</b>

Fonte: Planilha gerada pelo simulador de Consumo da CELESC.

Nas Tabelas 3 e 4 (Casa 3), a partir da análise de lâmpadas antigas instaladas na residência, foram buscadas alternativas de lâmpadas LED equivalentes as antigas instaladas. Na coluna lâmpadas LED, é feito a multiplicação da potência em (kW) pelo valor em reais encontrado no

Comércio lageano, e pela média de cada lâmpada em termos de potência. O valor final dessa multiplicação será o valor de investimento que o proprietário terá que realizar para a troca das lâmpadas da sua residência. Considerando-se somente o procedimento de troca das lâmpadas, em algumas casas seria necessário mudar a fiação e adotar outros procedimentos técnicos, porém não seria algo obrigatório para a realização deste projeto. O valor de investimento da casa 3 será: R\$ 378,00.

**Tabela 3** - Especificações Técnicas da Casa 3.

Especificações Técnicas (Casa 3)	Lâmpadas Antigas				Lâmpadas LED
	Lâmpadas Incandescente	Lâmpadas Halógena	Baixo Consumo	Fluorescente	
Potência (W)	2x40w 14x60w 2x120		2x15w		2x5w 14x7w 2x15w 2x7w
Fluxo Luminoso (Im)	50-2400	50-2400	50-2400	50-2400	
Vida mediana (H)	1000	3000	6000	7000	25000
Troca de Lâmpadas	25xR\$2,50	8xR\$5,00	4xR\$10,00	4xR\$9,00	
<b>Total de Investimento R\$</b>	378				

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Na análise da tabela 4, constata-se que o investimento é viável economicamente falando. Os resultados encontrados são excelentes, o payback acontece em 7 meses e 11 dias, temos o VPL de 1073,04 e a TIR de 152%. Se levarmos em conta, aumentos na conta de energia elétrica o resultado ficará melhor ainda. Utiliza-se para o cálculo uma taxa de juros de 13% e desconsidera-se os efeitos da inflação

**Tabela 4** - Investimento e Retorno da Casa 3.

	0	Ano 1	Ano 2	Ano 3
<b>Fluxo de caixa final</b>	-378	613,08	613,08	613,08
<b>Fluxo de caixa acumulado</b>	-378	235,08	848,16	1461,24
<b>VPL</b>	1073,04			
<b>TIR</b>	152%			
<b>Payback simples</b>	<b>Ano: 0</b>	<b>Mês:7</b>	<b>Dia:11</b>	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Na tabela 5 referente à casa 4, o proprietário antes tinha um gasto de 45,82 kW e R\$ 20,16 ao mês, somente com a iluminação da sua casa. Com o novo projeto feito com o uso da planilha de simulação de consumo de energia fornecido pela Celesc, notamos que com a substituição das lâmpadas antigas pelas de LED, o consumo caiu para 14,73 kW e R\$ 6,48 **por mês**.

**Tabela 5 - Análise na Casa 4**

Iluminação antiga (Casa 4)							LED		
Cômodo	Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês	Custo	kWh/mês	Custo
				Horas	Minutos				
Cozinha	Iluminação	40	1	4		4,8	R\$ 2,11	2,4	R\$ 1,06
Sala	Iluminação	60	3	2		10,8	R\$ 4,75	1,26	R\$ 0,55
Quarto Casal	Iluminação	25	2	1		1,5	R\$ 0,66	0,72	R\$ 0,32
Quarto Filho	Iluminação	25	1	1		0,75	R\$ 0,33	0,36	R\$ 0,16
Quarto Filha	Iluminação	15	1	1		0,45	R\$ 0,20	0,21	R\$ 0,09
Quarto 3	Iluminação	15	1	1		0,45	R\$ 0,20	0,21	R\$ 0,09
Lavanderia	Iluminação	40	1	1		1,2	R\$ 0,53	0,60	R\$ 0,26
Banheiro	Iluminação	100	2	1	30	9	R\$ 3,96	1,08	R\$ 0,48
Garagem	Iluminação	40	1		30	0,6	R\$ 0,26	0,3	R\$ 0,13
Área externa	Iluminação	15	3	12		16,2	R\$ 7,13	7,56	R\$ 3,33
Corredores	Iluminação	15	1		10	0,075	0,03	0,035	R\$ 0,02
<b>Total</b>						<b>45,82</b>	<b>R\$20,18</b>	<b>14,73</b>	<b>R\$ 6,48</b>

Fonte: Planilha gerada pelo simulador de Consumo da CELESC.

Nas Tabelas 6 e 7 referentes à casa 4, a partir da análise de lâmpadas antigas instaladas na residência, foram buscadas alternativas de lâmpadas LED equivalentes as antigas instaladas. O procedimento foi o mesmo realizado para a residência 3, com isso, o valor de investimento da casa 4 será: R\$ 314,30.

**Tabela 6** - Especificações Técnicas da Casa 4.

Especificações Técnicas (Casa 3)	Lâmpadas Antigas				Lâmpadas LED
	Lâmpadas Incandescente	Lâmpadas Halógena	Baixo Consumo	Fluorescente	
Potência (W)	3x40w 3x60w 2x100w		6x15w 3x25w		3x5w 3x7w 2x12w 6x7w 3x12w
Fluxo Luminoso (Im)	50-2400	50-2400	50-2400	50-2400	
Vida mediana (H)	1000	3000	6000	7000	25000
Troca de Lâmpadas	25xR\$2,50	8xR\$5,00	4xR\$10,00	4xR\$9,00	
<b>Total de Investimento R\$</b>	314,3				

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Na análise da tabela 7, constata-se que o investimento é viável economicamente. Os resultados encontrados são excelentes, o payback acontece em 1 ano, 10 meses e 29 dias, temos o VPL de 73,31 e a TIR de 26,31%. Se levamos em conta, aumentos na conta de energia elétrica o resultado ficará melhor ainda. Utiliza-se para o cálculo uma taxa de juros de 13% e desconsidera-se os efeitos da inflação.

**Tabela 7** - Investimento e Retorno da Casa 4.

	<b>0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>
<b>Fluxo de caixa final</b>	-314,3	164,16	164,16	164,16
<b>Fluxo de caixa acumulado</b>	-314,3	(150,14)	14,02	178,18
<b>VPL</b>	73,31			
<b>TIR</b>	26,31%			
<b>Payback simples</b>	<b>Ano: 1</b>	<b>Mês:10</b>	<b>Dia:29</b>	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Na tabela 8 referente à casa 5, o proprietário antes tinha um gasto de 35,4 kW e R\$ 15,58 reais ao mês, somente com a iluminação da sua casa. Com o novo projeto feito com o uso da planilha de simulação de consumo de energia fornecido pela Celesc, notamos que com a substituição das lâmpadas antigas pelas de LED, o consumo caiu para 4,14 kW e R\$ 1,82 por mês.

**Tabela 8 - Análise na Casa 5**

Iluminação antiga (Casa 5)								LED	
Cômodo	Categoria	Potência (W)	Quantidade	Tempo		kWh/mês	Custo	kWh/mês	Custo
				Horas	Minutos				
Cozinha	Iluminação	100	1	1		3	R\$ 1,32	0,36	R\$ 0,16
Sala	Iluminação	60	1	10		18	R\$ 7,92	2,1	R\$ 0,92
Quarto Casal	Iluminação	60	1		30	0,9	R\$ 0,40	0,105	R\$ 0,05
Quarto Filho	Iluminação	60	1		30	0,9	R\$ 0,40	0,105	R\$ 0,05
Quarto Filha	Iluminação	60	2	1		3,6	R\$ 1,58	0,42	R\$ 0,18
Quarto 3	Iluminação								
Lavanderia	Iluminação	60	1	1		1,8	R\$ 0,79	0,21	R\$ 0,09
Banheiro	Iluminação	60	2	2		7,2	R\$ 3,17	0,84	R\$ 0,37
Garagem	Iluminação								
Área externa	Iluminação								
Corredores	Iluminação								
<b>Total</b>						<b>35,4</b>	<b>R\$15,58</b>	<b>4,14</b>	<b>R\$ 1,82</b>

Fonte: Planilha gerada pelo simulador de Consumo da CELESC.

Nas Tabela 9 e 10 referentes à casa 5, assim como nos dois casos anteriores, foram buscadas alternativas de lâmpadas LED equivalentes as antigas instaladas, sendo que o valor de

investimento da casa 5 será de R\$ 166,1.

**Tabela 9** - Especificações Técnicas da Casa 5.

Especificações Técnicas (Casa 3)	Lâmpadas Antigas				Lâmpadas LED
	Lâmpadas Incandescente	Lâmpadas Halógena	Baixo Consumo	Fluorescente	
Potência (W)	8x60w 1x100w				8x7w 1x12w
Fluxo Luminoso (Im)	50-2400	50-2400	50-2400	50-2400	
Vida mediana (H)	1000	3000	6000	7000	25000
Troca de Lâmpadas	25xR\$2,50	8xR\$5,00	4xR\$10,00	4xR\$9,00	
<b>Total de Investimento R\$</b>	166,1				

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Na análise da tabela 10, constata-se que o investimento é viável economicamente. Observa-se excelentes resultados também para esta residência. O payback acontece em 1 ano, temos o VPL de 223,77 e a TIR de 83,26%. Se levarmos em conta, aumentos na conta de energia elétrica o resultado ficará melhor ainda. Utiliza-se para o cálculo uma taxa de juros de 13% e desconsideram-se os efeitos da inflação.

**Tabela 10** - Investimento e Retorno da Casa 5.

	0	Ano 1	Ano 2	Ano 3
<b>Fluxo de caixa final</b>	-166,1	165,12	165,12	165,12
<b>Fluxo de caixa acumulado</b>	-166,1	(0,98)	164,14	329,26
<b>VPL</b>	223,77			
<b>TIR</b>	83,26%			
<b>Payback simples</b>	<b>Ano: 1</b>	<b>Mês:0</b>	<b>Dia:0</b>	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Foram realizados os mesmos estudos aqui apresentados para todas as 10 residências e a Tabela 11, apresenta um resumo dos resultados obtidos no estudo. Nota-se que em 9 residências a economia mensal em energia (em R\$) é grande, o que torna o investimento muito rentável. Em média os valores de retornos estão entre 200 a 400 reais, não se obteria um retorno tão rápido em outro tipo de aplicação financeira. Se avaliarmos somente o retorno financeiro já seria atrativo os investimentos, todavia não podemos nos esquecer de que a diminuição nas trocas de lâmpadas, é algo fundamental, pois como visto na Figura 6, a vida útil de uma lâmpada de

LED é de 25000hs, ou seja, ela dura muito mais que as lâmpadas incandescentes, econômicas ou fluorescentes.

A única exceção foi observada para a casa 1 na qual a economia mensal com energia elétrica seria de R\$: 8,18 tendo assim um tempo de retorno do investimento com a troca das lâmpadas antigas por LED, maior de 3 anos.

**Tabela 11** - Investimento e retorno das 10 residências.

<b>CASA</b>	<b>Economia Mensal R\$</b>	<b>Economia Anual R\$</b>	<b>Investimento na Troca R\$</b>	<b>Tempo de Retorno</b>
Casa 1	R\$ 8,18	R\$ 98,16	R\$ 549,50	Mais de 3 anos
Casa 2	R\$ 33,59	R\$ 403,08	R\$ 266,40	7 meses e 27 dias
Casa 3	R\$ 51,09	R\$ 613,08	R\$ 378,00	7 meses e 11 dias
Casa 4	R\$ 13,68	R\$ 164,16	R\$ 314,30	1 ano 10 meses e 29 dias
Casa 5	R\$ 13,76	R\$ 165,12	R\$ 166,10	1 ano
Casa 6	R\$ 21,45	R\$ 257,40	R\$ 396,40	1 ano 6 meses e 14 dias
Casa 7	R\$ 27,29	R\$ 327,48	R\$ 308,40	11 meses e 9 dias
Casa 8	R\$ 52,07	R\$ 624,48	R\$ 336,30	5 meses e 16 dias
Casa 9	R\$ 12,60	R\$ 151,20	R\$ 337,40	2 anos 2 meses e 9 dias
Casa 10	R\$ 11,85	R\$ 142,20	R\$ 225,35	1 ano e 7 meses

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Sendo assim pode-se afirmar que falta um planejamento adequado da parte elétrica nas residências. Muitos dos proprietários por desconhecerem o assunto, ou não saberem como funciona um projeto de eletricidade, e pelo fator econômico de quererem reduzir custos, acabam não dando a atenção adequada ao assunto, não se dão conta da importância da iluminação correta. Constata-se na pesquisa, que os proprietários não têm fidelidade a marcas, a qualidade e nem acham importante a contratação de um bom profissional, o que interessa para as famílias são os preços finais das lâmpadas, o falso menor-custo. Nem sempre o que parece mais barato, será realmente o mais barato, economicamente falando.

## **4. Considerações finais**

Este trabalho apresenta, em caráter multidisciplinar, um estudo sobre análise de viabilidade econômica e técnica da substituição de lâmpadas comuns por econômicas e de tecnologia LED, através de cálculos e do uso de planilhas em 10 residências na cidade de Lages. O estudo constata que se pode alcançar uma economia de energia elétrica, somente com a substituição da iluminação em suas residências.

As condições individuais de cada casa demandaram a necessidade de 10 projetos diferentes para cada tipoda residência analisada, o interesse na execução de cada projeto será do proprietário, os custos de modo geral serão somente na compra de lâmpadas LED. Sabe-se que

quatro proprietários já realizaram o projeto de substituição e acredita-se que os demais seguirão o mesmo caminho. O projeto teve sua finalidade alcançada, não só em termos do estudo de economia de energia elétrica, mas também, em termos de durabilidade (essas lâmpadas duram em torno de 25000hs), diminuindo a necessidade excessiva de trocas das lâmpadas queimadas ou defeituosas, ajudando assim na diminuição de material impróprio descartado no meio ambiente.

Os resultados econômicos foram muito atrativos, se analisarmos a VPL de todas as casas, excetuando o resultado obtido na casa 1, que apresentou um valor negativo, que indica que no momento não seria um investimento viável. As demais residências tiveram resultando bastante satisfatórios em termos de VPL. A taxa de VPL sendo positiva nas 9 casas, mostra que é um investimento interessante e viável.

Relacionado à TIR, também tivemos muito êxito, pois em 9 casas a taxa de retorno do investimento foi positiva, isso nos diz que cada proprietário terá um retorno do seu investimento rapidamente.

Em relação ao Payback, o tempo necessário para retorno do investimento em cada residência foi bem curto como no caso da casa 8 que em apenas 5 meses e 16 dias o retorno será alcançado. Salienta-se que em todas as residências o tempo de retorno do investimento será de curto prazo, mostrando que o investimento em lâmpadas LED é excelente.

A questão ecológica serve de complemento a este projeto, sendo que ambientes que tem lâmpadas incandescentes ou halógena instaladas, pode-se ter a temperatura elevada em até 2°C. Por se tratar de um produto com pouca eficiência energética, transforma parte da energia consumida em luz, e a maior parte em calor, locais que tem instalado aparelhos de ar condicionado, gastam mais energia, pois precisam estar mais tempo refrigerando o ambiente. Por estes e outros fatores, a substituição de lâmpadas menos eficientes por LED estão aos poucos se tornando uma solução real e valorosa para a economia de energia elétrica e principalmente para o bem-estar financeiro das famílias brasileiras.

---

## Referências bibliográficas

AGOSTINHO, F. R., ROCCA, G. A., FERREIRA, F. S., & STEFENON, S. F. (2017). Estudo sobre a viabilidade financeira na atualização tecnológica de uma planta fabril: Utilização de motores elétricos de alta eficiência e iluminação LED. *Revista Espacios*, Vol. 38, Ano 2017, número 12. 5-17. Obtido em: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n12/17381205.html>

CASAROTTO FILHO, N., & KOPITTKKE, B. (2000). *Análise de investimentos*. São Paulo: Editora Atlas.

FABULART. (21 de 03 de 2016). *Como reduzir o consumo de energia com iluminação eficiente: Lâmpadas de LED*. Acesso em 20 de 08 de 2016, disponível em ENEL SOLUÇÕES: <http://www.enelsolucoes.com.br/blog/2016/03/como-reduzir-o-consumo-de-energia-com-iluminacao-eficiente-lampada-de-led/>

FOLSTER, L. P., MADRUGA, G. G., FERREIRA, F. C., & STEFENON, S. F. Estudo Sobre a Eficiência no Sistema de Iluminação em Salas de Aula (UNIPLAC). *Revista Espacios*. Vol. 37, Ano 2016, número 21. Obtido em: <http://www.revistaespacios.com/a16v37n21/16372124.html>.

HESS, G., MARQUES, J., PAES, L., & PUCCINI, A. (1985). *Engenharia Econômica*. São Paulo: Editora Forum.

LIMA, V. A. (2013). *ESTUDO COMPARATIVO ENTRE LÂMPADA COM LED DE ALTA POTÊNCIA E LÂMPADAS COMUNS, CONSIDERANDO A VIABILIDADE ECONÔMICA*. Curitiba: Curso Superior de Tecnologia em Eletrotécnica. Obtido em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2067/1/CT\\_COALT\\_2013\\_1\\_02.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2067/1/CT_COALT_2013_1_02.pdf)

NEWNAN, D., & LAVELLE, J. (2000). *Fundamentos de Engenharia Econômica*. São Paulo: LTC.

PANESI, A. (2006). *Fundamentos de eficiência energética: industrial, comercial e residencial*.

Rio de Janeiro: Saraiva.

RIBEIRO, A. C., ROSA, H. P., CORREA, J. D., & SILVA, A. V. (2012). O emprego da tecnologia LED na iluminação pública. *e-xacta*, Vol. 5, Ano 2012, número 1, 111-132. Obtido em: <http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/view/725/450>

RIBEIRO, T. (2010). *Luminotecnia: Métodos de avaliação*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto: FEUP.

SILVA, N. G. M. M. (2011). *Análise da viabilidade de mudança dos sistemas de iluminação de um estabelecimento de ensino superior para outros mais eficientes*. Coimbra: Mestrado em Engenharia Mecânica. Obtido em: [http://ploran.com/artigos/tese\\_nuno\\_silva.pdf](http://ploran.com/artigos/tese_nuno_silva.pdf)

VIANA, A., BORTONI, E., NOGUEIRA, F., HADDAD, J., NOGUEIRA, L., VENTURINI, O., et al. (2012). *EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES*. Campinas: Elektro.

VOLANI, A. (28 de 03 de 2015). *Equivalência entre Watts e Lumens em produtos LED*. Fonte: Volani - Lighting Designs. Obtido em: <http://www.volani-designs.com/produtos-led/>

---

1. Estudante de Engenharia Elétrica da Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC). E-mail: [fernandgodinhodesouza@hotmail.com](mailto:fernandgodinhodesouza@hotmail.com)

2. Mestre em Economia Industrial pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e professora do curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC). E-mail: [gadrocca@uniplaclages.edu.br](mailto:gadrocca@uniplaclages.edu.br)

3. Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e professora do curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC). E-mail: [prof.fernanda@uniplaclages.edu.br](mailto:prof.fernanda@uniplaclages.edu.br)

4. Mestre em Engenharia Elétrica (FURB), professor e coordenador do curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC). E-mail: [stefanostefenon@gmail.com](mailto:stefanostefenon@gmail.com)

5. Especialista em Economia e Gestão de Empresas pela UNIPLAC e professor no curso de Engenharia Elétrica da UNIPLAC. E-mail: [prof.pettersonarruda@uniplaclages.edu.br](mailto:prof.pettersonarruda@uniplaclages.edu.br)

---

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 51) Año 2017

[Índice]

[No caso de você encontrar quaisquer erros neste site, por favor envie e-mail para [webmaster](mailto:webmaster)]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados