

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

WAGNER DECONTO

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA CONSTRUÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS NO
SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL**

CURITIBA

2010

WAGNER DECONTO



**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA CONSTRUÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS NO
SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL**

Monografia apresentada para a obtenção do Título de Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso de Pós Graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná, vinculado ao Programa Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas/SEOP.

Orientador: Prof^o. M.Sc. José Remigio Soto Quevedo

CURITIBA

2010

TERMO DE APROVAÇÃO

WAGNER DECONTO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA CONSTRUÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso de Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR), vinculado ao Programa de Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas (SEOP), pela Comissão formada pelos Professores:

Profº. M.Sc. José Remigio Soto Quevedo
Profº. ORIENTADOR

Profº. M.Sc. José Remigio Soto Quevedo
Profº. TUTOR

Profº Dr. Hamilton Costa Junior
Coordenador Curso Especialização em Construção de Obras Públicas

Curitiba, 16 de Dezembro de 2010

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE ANEXOS	iii
RESUMO	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 FONTES DE ENERGIA	8
2.2 FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA	9
2.2.1 Energia Hidrelétrica	9
2.2.2 Energia Solar	11
2.2.3 Energia Eólica	11
2.3 FONTES NÃO RENOVÁVEIS DE ENERGIA	12
2.3.1 Recursos Energéticos Fósseis	12
2.3.2 Energia Nuclear	14
2.4 RESUMO COMPARATIVO	15
2.5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	16
3.2.1 Lei da Eficiência Energética	17
2.5.2 PROCEL	18
2.6 SISTEMA DE ILIMINAÇÃO ARTIFICIAL	19
3. METODOLOGIA	20
3.1 OBJETO DE ESTUDO	20
3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS	20
3.2.1 Lumisoft®	20
3.2.2 DIALux	20
3.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE	21
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	22
4.1 APRESENTAÇÃO DA EDIFICAÇÃO	22
4.2 APRESENTAÇÃO DE LUMINÁRIAS E CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS	25
4.2.1 Luminárias Utilizadas pela SEOP	25
4.2.2 Luminárias Eficientes não Utilizadas pela SEOP	40
4.2.3 Comparação de Resultados:	43
5 CONCLUSÃO	45
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	48

LISTA DE FIGURAS

Ilustração 1: Matriz energética brasileira	8
Ilustração 2: Esquema de funcionamento de uma hidrelétrica	9
Ilustração 3: Itaipu, a maior hidrelétrica do mundo	10
Ilustração 4: Painéis de captação de luz solar	11
Ilustração 5: Parque eólico	12
Ilustração 6: Área de extração de petróleo	13
Ilustração 7: Níveis mundiais de emissões de gás carbônico	14
Ilustração 8: Usina nuclear Angra I	15
Ilustração 9: Triângulo de vitrúvio adaptado	17
Ilustração 10: Planta do pavimento térreo	22
Ilustração 11: Planta do pavimento superior	23
Ilustração 12: Planta de cobertura	23
Ilustração 13: Corte	24
Ilustração 14: Elevação	24
Ilustração 15: Luminária Fluorescente de Sobrepor 2x32W Tipo SP1	25
Ilustração 16: Tomografia Simples – SP1	26
Ilustração 17: Tomografia 3 dimensões – SP1	26
Ilustração 18: Esquema de montagem – SP1	27
Ilustração 19: Luminária Fluorescente de Embutir 2x32W Tipo EB1	28
Ilustração 20: Tomografia simples – EB1	28
Ilustração 21: Tomografia 3 dimensões – EB1	29
Ilustração 22: Esquema de montagem – EB1	29
Ilustração 23: Luminária Fluorescente de Embutir 2x32W Tipo EB2	30
Ilustração 24: Tomografia simples – EB2	31
Ilustração 25: Tomografia 3 dimensões – EB2	31
Ilustração 26: Esquema de montagem – EB2	32
Ilustração 27: Luminária Fluorescente de Sobrepor 2x32W Tipo SP2	33
Ilustração 28: Tomografia simples – SP2	33
Ilustração 29: Tomografia 3 dimensões – SP2	34
Ilustração 30: Esquema de montagem – SP2	34
Ilustração 31: Luminária Fluorescente de Embutir 2x32W Tipo EB3	35
Ilustração 32: Tomografia simples – EB3	36
Ilustração 33: Tomografia 3 dimensões – EB3	37
Ilustração 34: Esquema de montagem – EB3	37
Ilustração 35: Luminária Fluorescente de Sobrepor 2x32W Tipo SP3	38
Ilustração 36: Tomografia simples – SP3	39
Ilustração 37: Tomografia 3 dimensões – SP3	39
Ilustração 38: Esquema de montagem – SP3	40
Ilustração 39: Esquema de montagem - Blan2x28W	41
Ilustração 40: Esquema de montagem – Blan2x54	42

LISTA DE ANEXOS

1. Planta Pavimento Térreo – Projeto Padrão 023 – Módulo 09/8 Salas de Aula	49
2. Planta Pavimento Superior – Projeto Padrão 023 – Módulo 09/8 Salas de Aula	50
3. Cortes – Projeto Padrão 023 – Módulo 09/8 Salas de Aula	51
4. Elevações e Planta de Cobertura – Projeto Padrão 023 – Módulo 09/8 Salas de Aula	52

RESUMO

Com o aumento da renda e o crescimento contínuo na qualidade de vida da população, a sociedade está consumindo mais. Para prover este aumento no consumo é necessário produzir mais energia. Produção energética é um assunto muito complicado nos dias atuais por ser totalmente inversa às preocupações ambientais. Mesmo limpa, a energia hidrelétrica danifica o meio ambiente com enormes áreas alagadas e modifica o habitat natural dos seres vivos. Eficiência energética é o foco do presente trabalho. A utilização de equipamentos mais eficientes significa uma redução considerável no consumo energético e a conseqüente redução no preço pago pela energia. Fizemos um estudo comparativo entre o consumo atual de energia causado pela iluminação de uma sala de aula (padrão Fundepar) e uma real redução neste consumo, ao utilizarmos luminárias mais eficazes. Através de um software específico, foram realizadas simulações de consumo e eficiência energética de diversas luminárias encontradas no mercado, utilizadas com maior frequência nas construções de obras públicas fiscalizadas pela SEOP. Nosso objetivo é propiciar às futuras construções, padrões de eficiência, baixando o consumo energético e diminuindo o custo global destes empreendimentos, que engloba além do custo da construção, os custos de manutenção e operação das edificações.

Palavras-chave: Eficiência energética, iluminação de salas de aula, economia de recursos públicos.

ABSTRACT

With increasing income and continued growth in quality of life, society is consuming more. To provide this increase in consumption is needed to produce more energy. Energy production is a very complicated subject these days to be totally opposite to environmental concerns. Even clean, hydroelectric power harms the environment with large areas flooded and modifies the natural habitat of living beings. Energy efficiency is the focus of this work. The use of more efficient equipment means a considerable reduction in energy consumption and consequent reduction in the price paid for energy. We made a comparative study between the current energy consumption caused by the lighting of a classroom (Fundepar standard) and a real reduction in consumption, by using more efficient lighting. Through a specific software, simulations were carried out consumption and energy efficiency of various lamps found in the market, most frequently used in construction of public works supervised by SEOP. Our goal is to provide for future buildings, efficiency standards, reducing energy consumption and reducing the overall cost of these businesses, which includes beyond the cost of construction, maintenance and operation of buildings.

Keywords: Energy efficiency, lighting classrooms, saving public resources.

1. INTRODUÇÃO

O mundo está cada vez mais preocupado com as questões ambientais e com o uso racional dos recursos naturais. O homem e os demais seres vivos estão sofrendo com a reação da natureza. Por séculos achamos que os recursos que ela nos proporciona eram abundantes e inesgotáveis. Hoje, a natureza está se defendendo e se não aprendermos o mais rápido possível a respeitá-la e convivermos de forma harmoniosa, a vida na terra correrá grande perigo. Desastres ambientais em algumas regiões do mundo até então inéditos, estão ocorrendo com frequência, principalmente neste século. Tufões e furacões que eram nossos desconhecidos estão se tornando constantes no Estado de Santa Catarina, nosso vizinho. Os fenômenos El Niño e La Niña se revezam ano a ano e comprometem nossa agricultura por interferirem na temperatura e nas precipitações. Chuvas intensas destroem cidades inteiras, famílias e vidas. Até quando o homem irá destruir e julgar-se o mocinho da história e a personagem de vilã que a natureza encene. Para dar uma pequena contribuição é que realizei o presente trabalho. Pretendo mostrar que com pequenas realizações é possível diminuir os gastos públicos, poupar a natureza e emitir menos gases de efeito estufa.

Conceitos de eficiência energética nas construções de prédios públicos, especialmente nas salas de aula serão abordados. Projetos luminotécnicos serão realizados e reduções no consumo serão apresentadas para justificar o uso racional de energia. Alguns podem pensar que uma pequena redução no consumo energético não representa nada ao Estado. Concordo que não representa nada ao Estado, porém representa muito para toda uma sociedade. Se consumirmos os recursos naturais de forma racional, os reflexos e benefícios recaem também sobre os recursos públicos.

Os investimentos em construção de novas usinas são enormes. Para levar a energia até os centros consumidores são necessários quilômetros de linhas transmissão e milhares de torres. São necessárias toneladas de concreto e aço. Quanto isso gera de emissão de CO₂? E consumo excessivo de energia elétrica contribui quanto para o aquecimento global?

Além dos gases nocivos à atmosfera, para gerarmos energia hidrelétrica, a mais comum no Brasil, são necessários quilômetros quadrados de áreas alagadas, muitas famílias e animais são re-locados e perdem seu habitat natural, milhares de peixes são afetados nas fases de reprodução, quando estes precisam se deslocar no sentido das nascentes dos rios e transpor as barragens, entre outros malefícios.

São essas as dúvidas que pretendo responder e provar que a aplicação de recursos em eficiência energética é viável e o retorno é rápido. Não é ampliação de despesas, é investimento hoje e economia em longo prazo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FONTES DE ENERGIA

Atualmente contamos com uma infinidade de formas de produção de energia. Podemos subdividir estas formas de produção de energia em dois grupos: fontes renováveis e fontes não renováveis. Entre fontes de produção de energia renováveis podemos citar a energia hidráulica, ou hidrelétrica, biomassa, solar, eólica, geotérmica entre outras, e, entre as fontes não renováveis principalmente a utilização de combustíveis fósseis e a energia nuclear.

“A crise do petróleo de 1973 incentivou mudanças significativas no tipo de energia gerada no país. Em 1975, foi implantado o Proálcool com objetivo substituir parte da gasolina nos veículos de passageiros e como aditivo à gasolina. No entanto com a queda do preço do petróleo, na década de 1990, o projeto estava praticamente encerrado. No início deste século surgiu um Novo Proálcool com o objetivo de estimular a produção e o consumo do combustível.”¹

Com a proteção ao meio ambiente cada vez mais eficaz, e reservas de combustíveis fósseis se extinguindo, a utilização de fontes de energia renovável está se ampliando, apesar de ainda consumirmos muita energia não renovável.

Sob o domínio dos rios

De onde vem a energia consumida no Brasil, em %

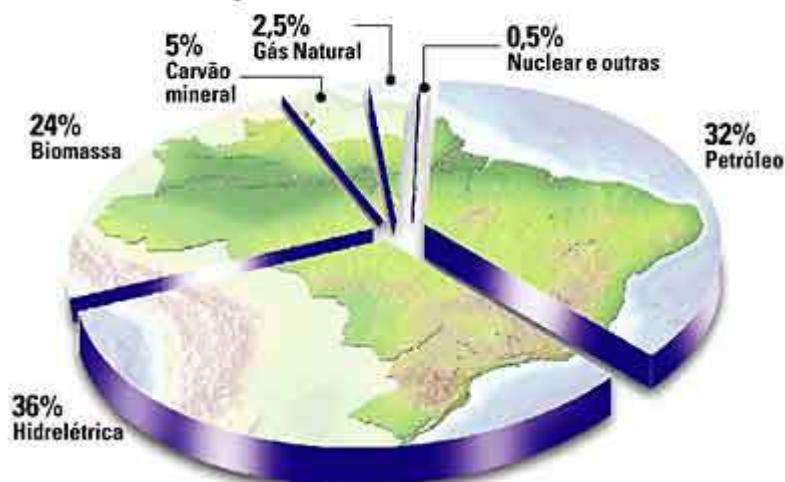


Ilustração 1: Matriz energética brasileira²

¹ Site: <http://educacao.uol.com.br/geografia/ult1701u62.jhtm>

² Site: <http://galileu.globo.com/edic/127/renergia5.htm>

Pelo gráfico acima notamos que 60,0% da energia consumida no Brasil provem de fontes de energia renováveis, e 40,0% de fontes não renováveis.

2.2 FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

2.2.1 Energia Hidrelétrica

Segundo Cerqueira, a energia hidrelétrica é a obtenção de energia elétrica através do aproveitamento do potencial hidráulico de um rio. Para que esse processo seja realizado é necessária a construção de usinas em rios que possuam elevado volume de água e que apresentem desníveis em seu curso.

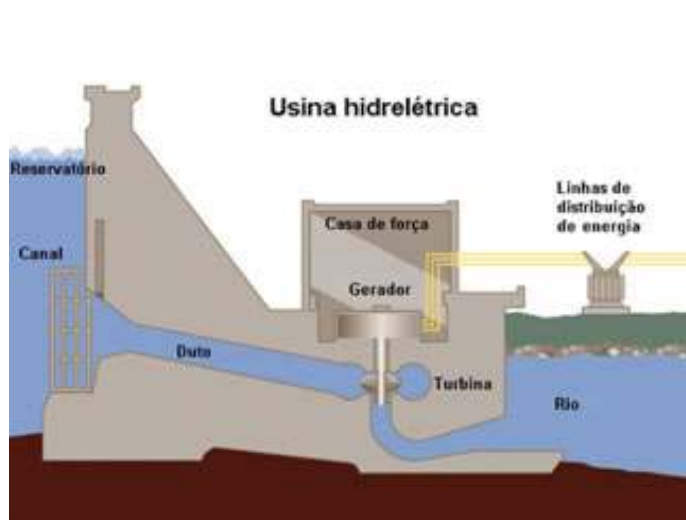


Ilustração 2: Esquema de funcionamento de uma hidrelétrica³

A energia potencial gerada pelo desnível entre o montante e a jusante da barragem é responsável pela rotação das turbinas, transformando energia potencial em energia mecânica. Esta energia é transformada em energia elétrica com a utilização de geradores.

“Atualmente, as usinas hidrelétricas são responsáveis por aproximadamente 18% da produção de energia elétrica no mundo. Esses dados só não são maiores pelo fato de poucos países apresentarem as condições naturais para a instalação de usinas hidrelétricas. As nações que possuem grande potencial hidráulico são os Estados Unidos, Canadá, Brasil, Rússia e China. No Brasil, mais de 95% da energia elétrica produzida é proveniente de usinas hidrelétricas.”⁴

³ Site: <http://www.brasilecola.com/geografia/energia-hidreletrica.htm>

⁴ Cerqueira e Francisco site: <http://www.brasilecola.com/geografia/energia-hidreletrica.htm>

Por apresentarem algumas características específicas como grandes áreas alagadas, desníveis acentuados e vazões de rios suficientes, as usinas hidrelétricas geralmente são construídas distantes dos centros urbanos, que são os maiores consumidores desta energia. Portanto, além dos pesados investimentos na construção das barragens, é necessário grande investimento na transmissão da energia elétrica, porém o custo do combustível (água) é nulo.

A energia elétrica produzida pelas usinas hidrelétricas é eficaz. Apresentam um grau de eficiência de aproximadamente 95%. Muito superior a outras formas de produção de energia.



Ilustração 3: Itaipu, a maior hidrelétrica do mundo.⁵

“Apesar de ser uma fonte de energia renovável e não emitir poluentes, a energia hidrelétrica não está isenta de impactos ambientais e sociais. A inundação de áreas para a construção de barragens gera problemas de realocação das populações ribeirinhas, comunidades indígenas e pequenos agricultores. Os principais impactos ambientais ocasionados pelo represamento da água para a formação de imensos lagos artificiais são: destruição de extensas áreas de vegetação natural, matas ciliares, o desmoronamento das margens, o assoreamento do leito dos rios, prejuízos à fauna e à flora locais, alterações no regime hidráulico dos rios, possibilidades da transmissão de doenças, como esquistossomose e malária, extinção de algumas espécies de peixes.”⁶

⁵ Site: <http://parazinet.wordpress.com/2009/07/25/brasil-triplicara-valor-pago-por-energia-de-itaipu/>

⁶ Cerqueira e Francisco site: <http://www.brasilecola.com/geografia/energia-hidreletrica.htm>

2.2.2 Energia Solar

Também considerada uma fonte de energia renovável, a energia solar é muito limpa (não emite poluente). Nesta forma de produção de energia, os raios solares atingem células fotovoltaicas que os convertem em eletricidade.



Ilustração 4: Painéis de captação de luz solar.⁷

Segundo Cerqueira, o efeito fotovoltaico ocorre quando fótons (energia que o sol carrega) incidem sobre os átomos, proporcionando a emissão de elétrons, que gera corrente elétrica.

“Normalmente, a energia solar é utilizada em locais mais isolados, secos e ensolarados. Em Israel, aproximadamente 70% das residências possuem coletores solares, outros países com destaque na utilização da energia solar são Estados Unidos, Alemanha, Japão e Indonésia. No Brasil, a utilização de energia solar está aumentando de forma significativa, principalmente o coletor solar destinado para aquecimento de água”⁸

2.2.3 Energia Eólica

Há muito tempo o homem utiliza a força dos ventos. Não só como combustível, mas também para realizar trabalho. Os moinhos de vento são nossos velhos conhecidos. Além destes, as caravelas e naus responsáveis pelos “descobrimientos” também eram impulsionadas pelo ar em movimento.

Atualmente utilizamos a força dos ventos para girar grandes turbinas (aerogeradores) que são colocadas em locais com muito vento e posicionadas de forma a aproveitá-lo ao máximo. Estes aerogeradores transformam a energia

⁷ Site: <http://www.brasilecola.com/geografia/energia-solar.htm>

⁸ Cerqueira e Francisco site: <http://www.brasilecola.com/geografia/energia-solar.htm>

cinética em energia eólica através de geradores elétricos acoplados ao eixo das turbinas. A turbina eólica é formada por um conjunto de duas ou três pás com perfis aerodinâmicos eficientes.



Ilustração 5: Parque eólico⁹

No Brasil ainda é muito pouco utilizada esta forma de produção de energia. Temos as usinas da Prainha (10MW) e Mucuripe (1,2MW) ambas no Ceará, Carmelinho em Minas Gerais (1MW), além da usina de Fernando de Noronha em Pernambuco.

Capacidade instalada de produção de energia eólica no final de 2009										
País	EUA	Alemanha	China	Espanha	Índia	Itália	França	Reino Unido	Portugal	Brasil
MW	35.159	25.777	25.104	19.149	10.926	4.850	4.492	4.051	3.535	744
%	22,3	16,3	15,9	12,1	6,9	3,1	2,8	2,6	2,2	0,7

Capacidade instalada de produção de energia eólica no final de 2009¹⁰

2.3 FONTES NÃO RENOVÁVEIS DE ENERGIA

2.3.1 Recursos Energéticos Fósseis

Após a Revolução Industrial iniciada na Inglaterra em meados do século XVIII, expandiu-se de forma muito intensa a extração de recursos minerais. Para o

⁹ Site: http://www.grupoescolar.com/materia/fonte_de_energia_eolica.html

¹⁰ Site: http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_e%C3%B3lica

funcionamento das indústrias era necessário ter abundância de matéria-prima e energia. Com a invenção das máquinas a vapor, difundiu-se a utilização de minerais fósseis de origem orgânica. Estas novas máquinas eram movidas pelo vapor gerado pela queima de carvão mineral.

Já no século XX, o petróleo e seus derivados se tornaram as fontes de energia mais exploradas. Pela sua posse, diversas guerras foram declaradas desde a sua descoberta até os dias atuais. Após sua extração, este recurso mineral é transportado às refinarias onde é beneficiado e transformado em gasolina, óleo diesel e querosene entre outros subprodutos.



Ilustração 6: Área de extração de petróleo.¹¹

A utilização do petróleo como a principal fonte energética mundial está cada vez mais ameaçada. Uma das questões mais relevantes é o fato desta riqueza estar se esgotando. Outro fato que poderá contribuir para uma possível diminuição na utilização deste mineral são as questões ambientais, cada vez mais importantes e destacadas no cenário internacional.

¹¹ Site: <http://www.brasilecola.com/geografia/recursos-energeticos-fosseis.htm>

Os poluidores

Europa e EUA emitem 35% do CO₂ total



Ilustração 7: Níveis mundiais de emissões de gás carbônico¹²

2.3.2 Energia Nuclear

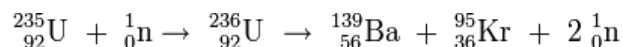
Energia nuclear também denominada energia atômica é a energia liberada numa reação nuclear. Geralmente é obtida a partir da fissão do núcleo do átomo de urânio enriquecido. Esta operação libera grande quantidade de energia.

O Brasil possui duas usinas nucleares em operação: Angra I e Angra II. As duas usinas juntas possuem uma potência líquida de 1901MW e bruta de 2007MW em pleno funcionamento. A produção de energia nuclear no ano de 2006 foi de 13,8TWh.

Exemplo:

“Apenas um exemplo das mais de 1000 possíveis fissões de urânio-235:

Urânio captura um nêutron, torna-se instável e fraciona em bário e criptônio com emissão de dois nêutrons.



Com esta reação Hahn e Strassmann demonstraram a fissão em 1938 através da presença de bário na amostra, usando espectroscopia de massa.”¹³

¹² Site: <http://galileu.globo.com/edic/127/renergia2.htm>

¹³ site: http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_nuclear



Ilustração 8: Usina nuclear Angra I ¹⁴

2.4 RESUMO COMPARATIVO

Todas as formas de produção e geração de energia apresentam vantagens de desvantagens. Algumas são mais baratas mais apresentam grande impacto ambiental, outras apresentam impactos menores ao meio ambiente, porém são mais caras, e outras não apresentam nenhum impacto, porém possuem custo muito elevado.

Comparação das fontes de energia
Hidrelétrica Vantagens: É barata e relativamente farta no Brasil Desvantagens: A construção da usina tem alto impacto ambiental
Gás Natural Vantagens: Não contribui tanto para o aquecimento da Terra comparado ao petróleo Desvantagens: Usina e preço da energia são ainda mais caras que a hidrelétrica
Nuclear

¹⁴ <http://blogenergianuclear2010.blogspot.com/p/energia-nuclear-brasileira.html>

Vantagens: Baixíssimo impacto ambiental (se não houver acidente)

Desvantagens: É a energia mais cara de todas; traz risco de acidentes graves e de efeitos prolongados

Eólica

Vantagens: Não causa impacto no ambiente; custo ligeiramente maior que o da hidrelétrica

Desvantagens: Só pode ser instalada onde há vento forte e constante

Solar

Vantagens: Inofensiva ao ambiente e inesgotável

Desvantagens: É ainda mais cara que a eólica e exige insolação intensa

Vantagens e desvantagens entre os modais de geração de energia¹⁵

Nós como técnicos devemos escolher a melhor forma de produção e fazer a opção: um ambiente saudável e menos dinheiro no bolso, ou muito dinheiro e um meio ambiente devastado? Qual seria sua escolha?

2.5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Em consequência do crescimento populacional, redução da pobreza, e o grau de urbanização entre outras questões, o mundo está consumindo cada vez mais energia. Para suprir a demanda necessária, investimentos pesados do Estado em geração de energia devem ser realizados. Porém os recursos naturais estão cada vez mais escassos e a produção de energia renovável, como é o caso da energia hidrelétrica, esbarra cada vez mais nas questões ambientais. Para resolver este paradoxo, o tema eficiência energética está cada vez mais em pauta nas discussões sobre a geração e o consumo de energia. Se o mundo precisa consumir energia, então que consuma de forma eficiente como instrumento de combate ao desperdício.

“A eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo desperdício de energia¹⁶”.

¹⁵ Site: <http://galileu.globo.com/edic/127/renergia5.htm>

¹⁶ Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F. O. R.; [2004]. Eficiência Energética na Arquitetura. Editora Prolivros. São Paulo.

Exportando este conceito para as áreas de engenharia e arquitetura, podemos denominar como edifícios eficientes energeticamente aqueles que nos proporcionam ambientes iluminados, ventilados e climatizados adequadamente, apresentando reduzido consumo de energia.

“Desta forma, o triângulo conceitual clássico de vitrúvio pode ser acrescido de um vértice (o da eficiência energética), transformando-se no conceito ideal para a arquitetura contemporânea¹⁷”.



Ilustração 9: Triângulo de vitrúvio adaptado¹⁷

“A eficiência energética, como instrumento de combate ao desperdício de energia, cada vez mais se aproxima das necessidades do cidadão técnico brasileiro. É preciso que a tecnologia adequada a esse ferramental seja conhecida pelos técnicos que estarão direta ou indiretamente ligados a este setor. Economizando energia, estamos adiando a necessidade de construção de novas usinas geradoras, disponibilizando recursos para outras áreas e contribuindo para preservação da natureza¹⁸”.

3.2.1 Lei da Eficiência Energética

Em 17 de Outubro de 2001, o então presidente da república, Fernando Henrique Cardoso sancionou a Lei N°10.295 que dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia. Esta lei estabelece níveis mínimos de

¹⁷ Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F. O. R.; [2004]. Eficiência Energética na Arquitetura. Editora Prolivros. São Paulo.

¹⁸ Guerreiro, A.; [2001]. Conservação de Energia – Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos. Editora da Escola Federal de Engenharia de Itajubá.

eficiência energética ou máximo de consumo para equipamentos e máquinas visando a preservação do meio ambiente e o uso consciente dos recursos energéticos no Brasil.

Fabricantes e importadores de aparelhos consumidores de energia elétrica deverão adotar medidas de redução no consumo e maximização da eficiência energética de seus equipamentos para se enquadrarem na progressiva evolução do Programa de Metas.

Segundo o artigo 4º desta lei, o poder executivo desenvolverá mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no País. Nós como Secretaria de Estado de Obras Públicas, devemos realizar ações que promovam o cumprimento da lei, e a conseqüente eficiência energética, já que somos pertencentes a tal poder.

2.5.2 PROCEL

PROCEL é o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Para eliminar os desperdícios e reduzir os custos e investimentos no setor elétrico, o programa tem por objetivo promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica.

Criado pelo Ministério de Minas e Energia e da Indústria e Comércio em dezembro de 1985 e transformado em Programa de Governo em 18 de julho de 1991, o PROCEL é gerido por uma Secretaria Executiva subordinada à Eletrobrás, que é uma sociedade de economia mista e de capital aberto sob controle acionário do Governo Federal Brasileiro e atua como uma *holding*, dividida em geração, transmissão e distribuição.

“A conservação da energia elétrica leva à exploração racional dos recursos naturais. Isso significa que, conservar energia elétrica ou combater seu desperdício é a fonte de produção mais barata e mais limpa que existe, pois não agride o meio ambiente. Desta forma, a energia conservada, por exemplo, na iluminação eficiente ou no motor bem dimensionado, pode ser utilizada para iluminar uma escola ou atender um hospital, sem ser jogada fora.”¹⁹

Resultados e Investimentos Anuais Obtidos pelo PROCEL

¹⁹ Site: http://www.eletrobras.gov.br/EM_Programas_Procel/default.asp

	1986/ 2003	2004	2005	2006	2007
Investimentos Eletrobrás/PROCEL(R\$ milhões)	252,01	27,18	37,17	29,24	13,62
Investimentos RGR (R\$ milhões)	412,00	54,00	44,60	77,80	39,16
Investimentos do Projeto de Eficiência Energética para o Brasil (R\$ milhões)	2,09	12,97	16,23	6,20	-
Investimentos Totais Realizados (R\$ milhões)	666,08	94,15	98,02	113,24	52,78
Energia Economizada (bilhões de kWh/ano)	17,22	2,373	2,158	2,845	3,930
Redução de Demanda na Ponta (MW)	4.633	622	585	772	1.357
Usina Equivalente (MW)	4.033	569	518	682	942
Investimentos Postergados (R\$ bilhões)	10,65	2,50	1,77	2,23	2,76
Resultados e Investimentos Anuais Obtidos pelo PROCEL ²⁰					

2.6 SISTEMA DE ILIMINAÇÃO ARTIFICIAL

Após a descoberta da eletricidade e a invenção da lâmpada incandescente por Thomas Edison em 1879, a iluminação artificial tornou-se um sistema cada vez mais inseparável das edificações.

“A luz artificial permite ao homem utilizar as edificações à noite para dar continuidade a suas atividades ou se divertir, indo a bares, shopping centers ou mesmo lendo um livro. É importante salientar que não é tão simples empregar a luz artificial de forma eficiente. Um bom projeto de iluminação deve garantir às pessoas a possibilidade de executar atividades visuais com o máximo de precisão e segurança e com o menor esforço.”²¹

Um projeto arquitetônico com eficiência energética deve unir de forma harmoniosa a luz natural com a artificial sendo que a segunda só entre em funcionamento de forma a complementar a primeira, quando esta proporcionar uma iluminação insuficiente.

²⁰ Site: <http://www.eletronbras.com/elb/procel/main.asp?ViewID={974CF275-82FE-4483-8551-855F9A98A370}>

²¹ Adaptado de Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F. O. R.; [2004]. Eficiência Energética na Arquitetura. Editora Prolivros. São Paulo.

3. METODOLOGIA

3.1 OBJETO DE ESTUDO

A iluminação em edifícios públicos representa grande parte nos gastos com energia elétrica. Em escolas, a iluminação tem um impacto ainda maior pelo fato destas apresentarem poucos equipamentos. Somente setores administrativos e salas de informática apresentam consumo maior pela utilização de computadores e aparelhos de ar-condicionado, por exemplo. As salas de aula consomem muito pouca energia com equipamentos. Geralmente possuem apenas um aparelho de televisão, que na maior parte do tempo apresenta-se desligado. Nesses locais, a iluminação representa grande parte do consumo e a iluminação destas salas será nosso objeto de estudo.

3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Os dados serão obtidos através de simulações em dois softwares que calculam a quantidade mínima de luminárias necessárias para se obter um nível de iluminação pré-estabelecido. A Associação Brasileira de Normas Técnicas define este nível de iluminação para diversos ambientes em sua NBR 5413 - Iluminância de Interiores.

Os softwares utilizados serão o Lumisoft® e o DIALux.

3.2.1 Lumisoft®

O Lumisoft® é um programa especialmente desenvolvido pela Lumicenter, com o objetivo de automatizar o processo de dimensionamento de sistemas de iluminação, proporcionando maior eficiência na execução dos cálculos luminotécnicos.

Com Lumisoft®, todos os cálculos são executados automaticamente, bastando apenas informar ao programa alguns dados como: dimensões do ambiente, fluxo luminoso da lâmpada, índice de depreciação, modelo de luminária, etc...

3.2.2 DIALux

O DIALux é um software destinado ao cálculo de iluminação. É completamente gratuito e utilizado atualmente por mais de 300.000 profissionais em todo o mundo. Está disponível em mais de 26 idiomas diferentes, inclusive o português.

O software apresenta visualização 3D fotográfica realística do ambiente, com a possibilidade de criação de filmes para apresentação do trabalho. Importa e exporta arquivos em DXF e DWG de todos os softwares CAD disponíveis no mercado.

3.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE

Através dos cálculos realizados com diversas luminárias utilizadas pela SEOP e as novas luminária eficientes existentes no mercado, veremos a quantidade mínima necessária e o consumo de cada uma delas. Compararemos os dados e calcularemos o tempo de retorno do investimento realizado. Esta comparação incluirá os custos de aquisição e instalação, além do consumo operacional mensal. Sabemos que as luminárias eficientes apresentam valor maior em comparação com as convencionais, porém um consumo energético muito menor.

Apresentaremos um gráfico em que constará o valor inicial de instalação que inclui além do material, a mão-de-obra, acrescido do consumo mês a mês para verificarmos quando os valores investidos se igualam e a partir de quando as luminárias eficientes se tornam mais vantajosas.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 APRESENTAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A edificação escolhida para este estudo de caso é o módulo salas de aula (módulo 08/09) integrante do Projeto Padrão 023 da Fundepar. Na construção de uma escola, este projeto é repetido até que a escola apresente as dimensões necessárias para atender à demanda de alunos. Por tanto, em todo o Estado do Paraná temos a repetição deste módulo diversas vezes.

Este bloco é composto de 8 (oito) salas de aula de 51,12 metros quadrados cada uma. Estas salas possuem uma altura (pé direito) de 3,05 metros e são construídas em alvenaria de tijolos cerâmicos, possuem piso cerâmico e lajes:

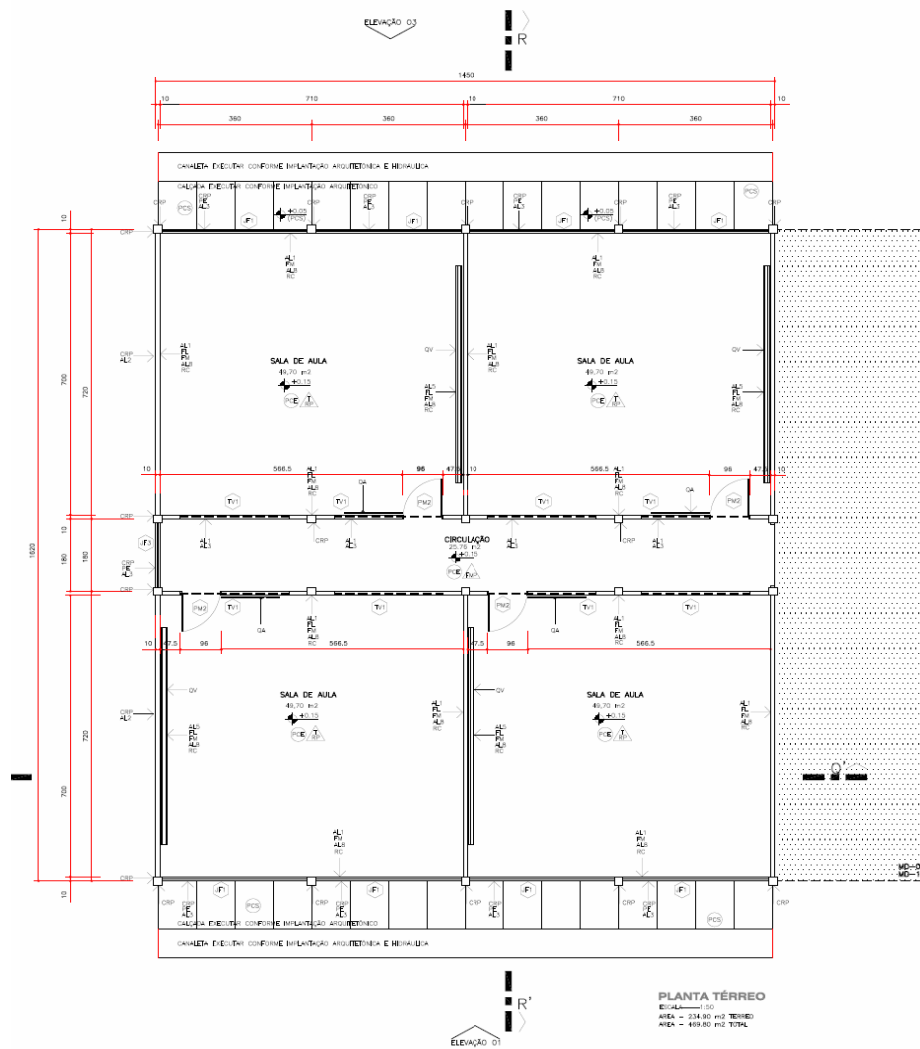


Ilustração 10: Planta do pavimento térreo

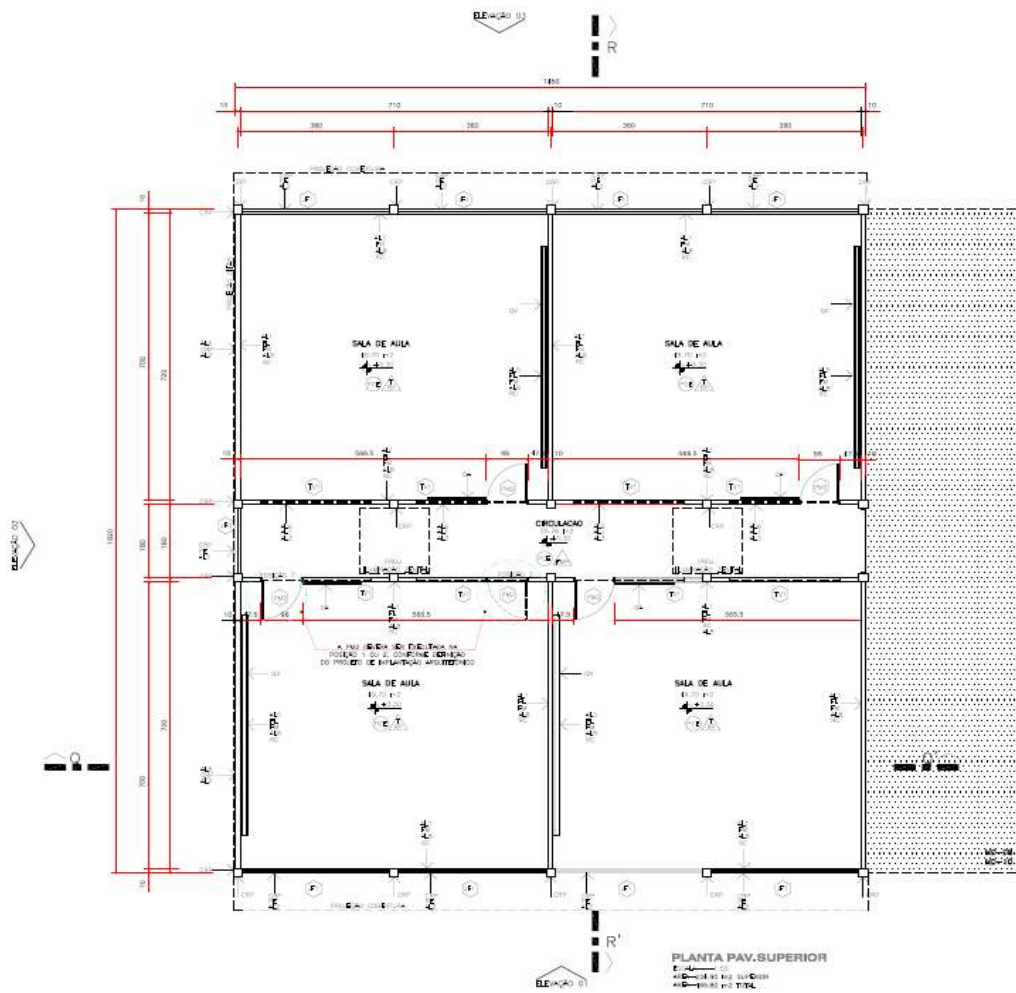


Ilustração 11: Planta do pavimento superior

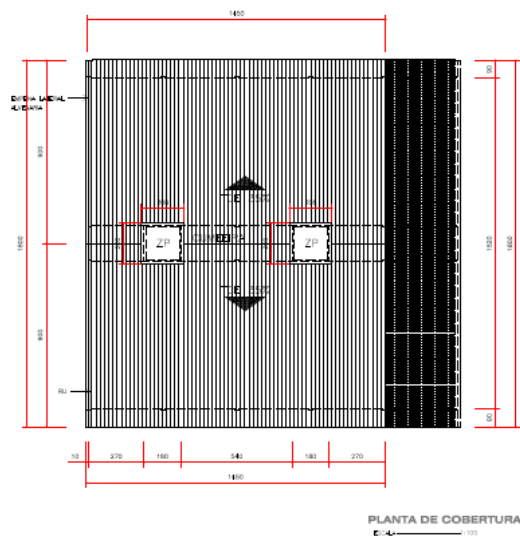


Ilustração 12: Planta de cobertura

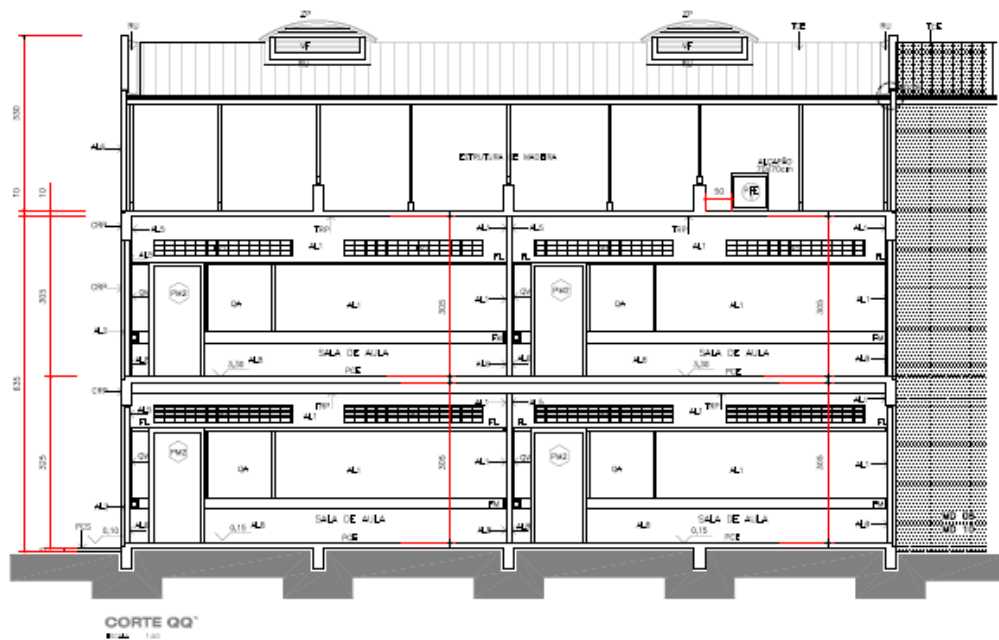


Ilustração 13: Corte

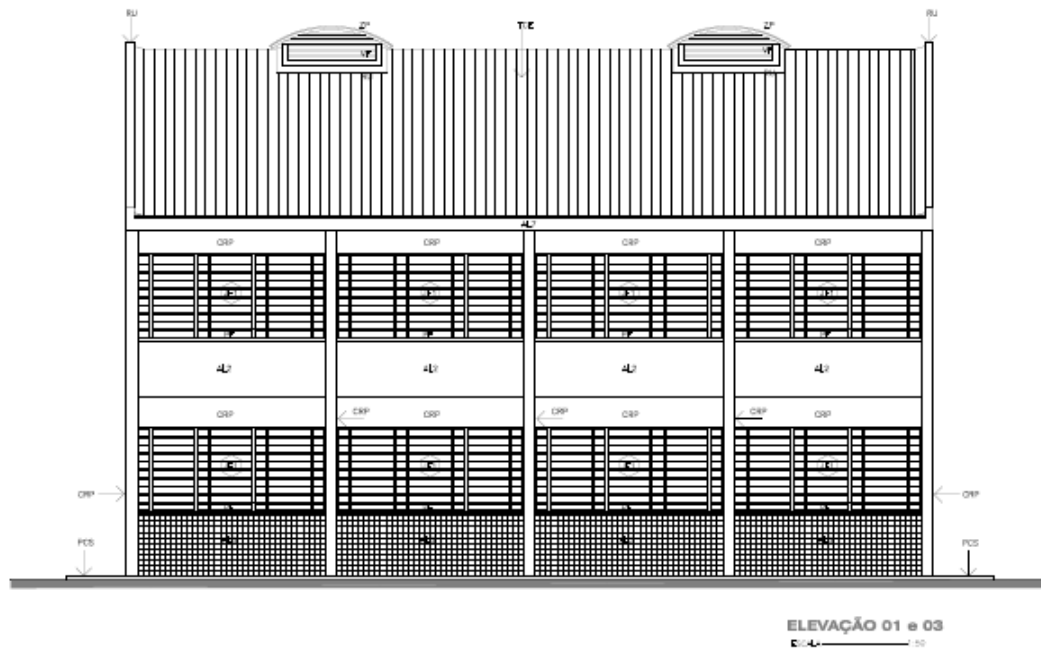


Ilustração 14: Elevação

Somente para iluminação artificial destas salas de aula são utilizadas 9 (nove) luminárias com duas lâmpadas de 32 Watts cada. Reduzir este número é o objetivo deste trabalho.

4.2 APRESENTAÇÃO DE LUMINÁRIAS E CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

4.2.1 Luminárias Utilizadas pela SEOP

4.2.1.1 Luminária Fluorescente de Sobrepor 2x32W Tipo SP1:

4.2.1.1.1 Caderno de Encargos

4.2.1.1.1.1 Código do insumo SEOP: 3078

4.2.1.1.1.2 Descrição:

Aparelho destinado a distribuir, filtrar e controlar a luz gerada por uma ou mais lâmpadas, que contenham todos os equipamentos e acessórios necessários para fixar, proteger e alimentar essas lâmpadas. É denominada luminária para iluminação comercial de interiores, de sobrepor, especialmente desenvolvida para lâmpadas fluorescentes 02 x 32 W.



Ilustração 15: Luminária Fluorescente de Sobrepor 2x32W Tipo SP1

4.2.1.1.1.3 Características:

Corpo da luminária em chapa de aço fosfatizada, pintada eletrostaticamente. Refletor facetado em alumínio anodizado de alta pureza, refletância e aletas planas em chapa pintada. Largura (a) 307mm; altura (b) 75mm e comprimento (c) 1317mm.

4.2.1.1.2 Cálculo Luminotécnico:

Quantidade: 9 luminárias; Iluminância média calculada: 458,19 lux.

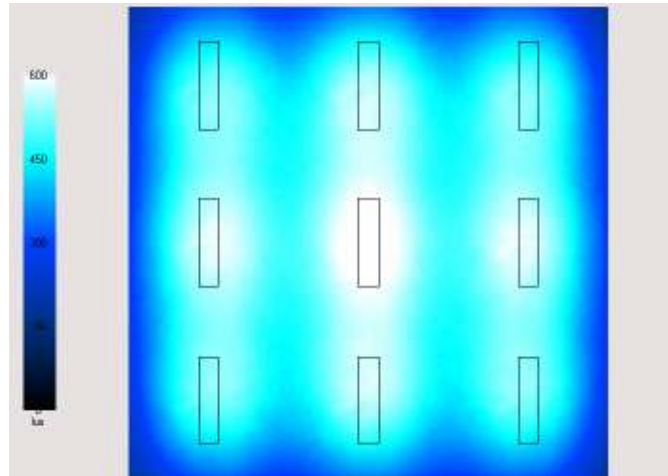


Ilustração 16: Tomografia Simples – SP1

Grid de iluminância

	0,0m	0,7m	1,4m	2,2m	2,9m	3,6m	4,3m	5,0m	5,8m	6,5m	7,2m
0,0m	190	288	324	291	311	350	308	295	323	285	191
0,7m	238	402	464	393	429	493	428	396	460	404	239
1,4m	268	479	531	455	492	578	497	452	534	471	268
2,1m	275	460	536	462	499	575	505	465	534	461	272
2,8m	282	481	557	480	524	603	519	478	558	482	282
3,6m	292	512	596	497	548	635	542	494	600	511	287
4,3m	283	475	553	478	522	604	522	484	558	481	284
5,0m	270	461	533	459	504	579	495	461	532	465	273
5,7m	264	472	534	451	499	585	497	459	537	475	267
6,4m	241	403	457	394	428	500	427	396	467	405	241
7,1m	191	286	324	294	310	350	311	292	322	289	190

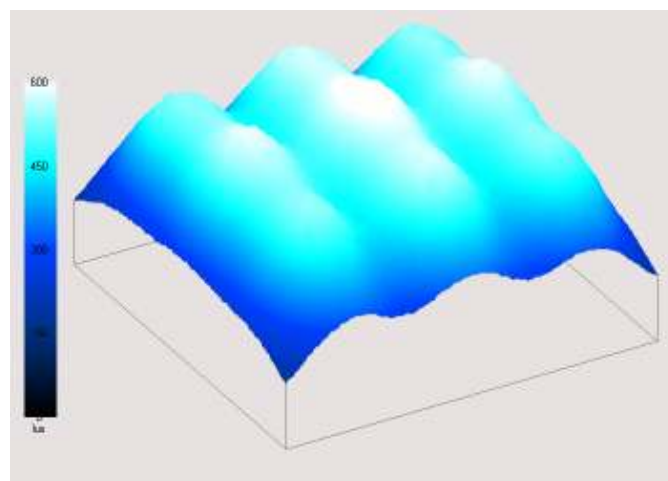


Ilustração 17: Tomografia 3 dimensões – SP1

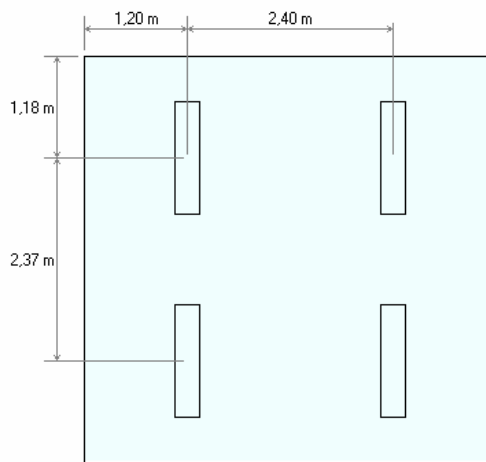


Ilustração 18: Esquema de montagem – SP1

4.2.1.1.3 Custos:

- instalação: R\$ 155,93/luminária e R\$ 1403,37/sala (material + mão-de-obra);
- operação* por luminária: R\$ 3,87 por mês (132 horas/mês ou 6 horas/dia útil);
- operação* por sala: R\$ 34,83 por mês (132 horas/mês ou 6 horas/dia útil).

* custos operacionais das lâmpadas com base em um simulador de consumo da COPEL, exceto reator.

4.2.1.2 Luminária Fluorescente de Embutir 2x32W Tipo EB1:

4.2.1.2.1 Caderno de Encargos

4.2.1.2.1.1 Código do insumo SEOP: 3080

4.2.1.2.1.2 Descrição:

Aparelho destinado a distribuir, filtrar e controlar a luz gerada por uma ou mais lâmpadas, que contenham todos os equipamentos e acessórios necessários para fixar, proteger e alimentar essas lâmpadas. É denominada luminária para iluminação comercial de interiores, de embutir, especialmente desenvolvida para lâmpadas fluorescentes 02 x 32 W.

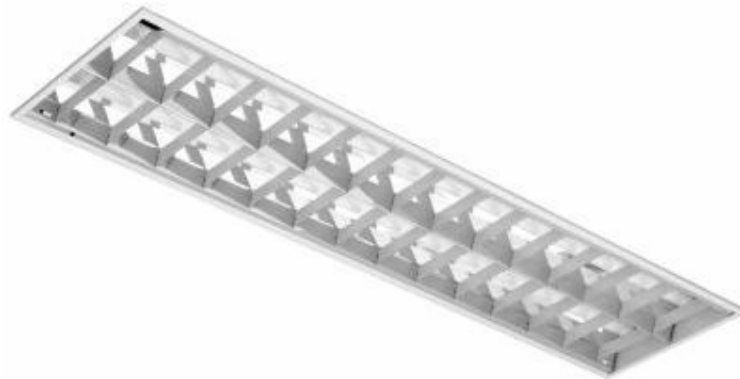


Ilustração 19: Luminária Fluorescente de Embutir 2x32W Tipo EB1

4.2.1.2.1.3 Características:

Corpo da luminária em chapa de aço fosfatizada, pintada eletrostaticamente. Refletor facetado em alumínio anodizado de alta pureza e refletância e aletas planas em chapa pintada. Largura (a) 307mm; altura (b) 75mm e comprimento (c) 1243mm.

4.2.1.2.2 Cálculo Luminotécnico:

Quantidade: 9 luminárias; Iluminância média calculada: 458,19 lux.

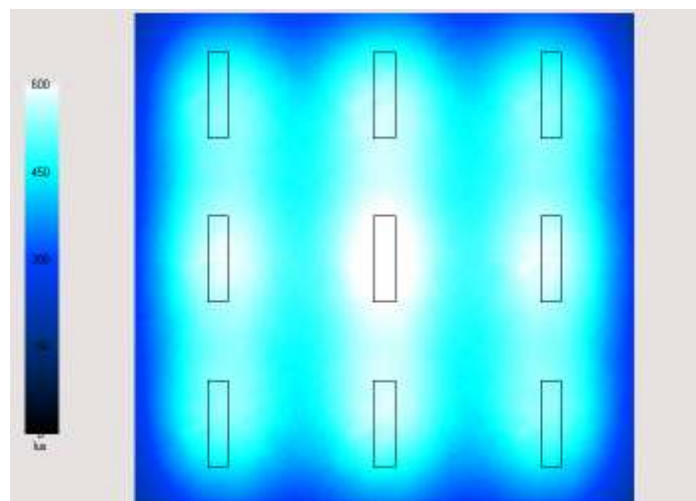


Ilustração 20: Tomografia simples – EB1

Grid de iluminância

	0,0m	0,7m	1,4m	2,2m	2,9m	3,6m	4,3m	5,0m	5,8m	6,5m	7,2m
0,0m	190	288	324	291	311	350	308	295	323	285	191
0,7m	238	402	464	393	429	493	428	396	460	404	239
1,4m	268	479	531	455	492	578	497	452	534	471	268
2,1m	275	460	536	462	499	575	505	465	534	461	272
2,8m	282	481	557	480	524	603	519	478	558	482	282
3,6m	292	512	596	497	548	635	542	494	600	511	287
4,3m	283	475	553	478	522	604	522	484	558	481	284
5,0m	270	461	533	459	504	579	495	461	532	465	273
5,7m	264	472	534	451	499	585	497	459	537	475	267
6,4m	241	403	457	394	428	500	427	396	467	405	241
7,1m	191	286	324	294	310	350	311	292	322	289	190

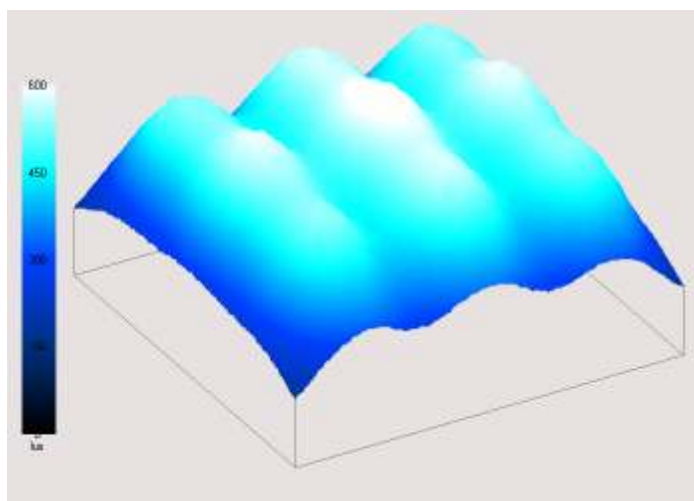


Ilustração 21: Tomografia 3 dimensões – EB1

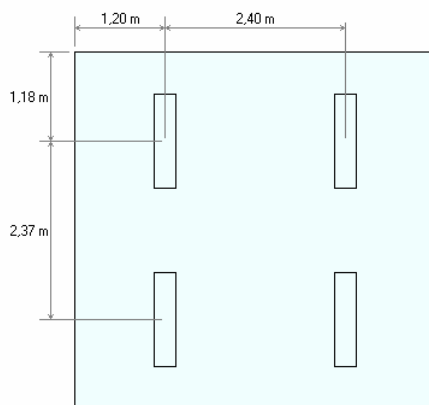


Ilustração 22: Esquema de montagem – EB1

4.2.1.2.3 Custos:

- instalação: R\$ 130,05/luminária e R\$ 1170,45/sala (material + mão-de-obra);
- operação* por luminária: R\$ 3,87 por mês (132 horas/mês ou 6 horas/dia útil);
- operação* por sala: R\$ 34,83 por mês (132 horas/mês ou 6 horas/dia útil).

* custos operacionais das lâmpadas com base em um simulador de consumo da COPEL, exceto reator.

4.2.1.3 Luminária Fluorescente de Embutir 2x32W Tipo EB2:

4.2.1.3.1 Caderno de Encargos

4.2.1.3.1.1 Código do insumo SEOP: 3082

4.2.1.3.1.2 Descrição:

Aparelho destinado a distribuir, filtrar e controlar a luz gerada por uma ou mais lâmpadas, que contenham todos os equipamentos e acessórios necessários para fixar, proteger e alimentar essas lâmpadas. É denominada luminária para iluminação comercial de interiores, de embutir, especialmente desenvolvida para lâmpadas fluorescentes 02 x 32 W.



Ilustração 23: Luminária Fluorescente de Embutir 2x32W Tipo EB2

4.2.1.3.1.3 Características:

Corpo da luminária em chapa de aço fosfatizada, pintada eletrostaticamente. Refletor facetado em alumínio anodizado de alta pureza e refletância e aletas planas em chapa pintada. Largura (a) 250mm; altura (b) 61mm e comprimento (c) 1243mm.

4.2.1.3.2 Cálculo Luminotécnico:

Quantidade: 9 luminárias; Iluminância média calculada: 456,92 lux.

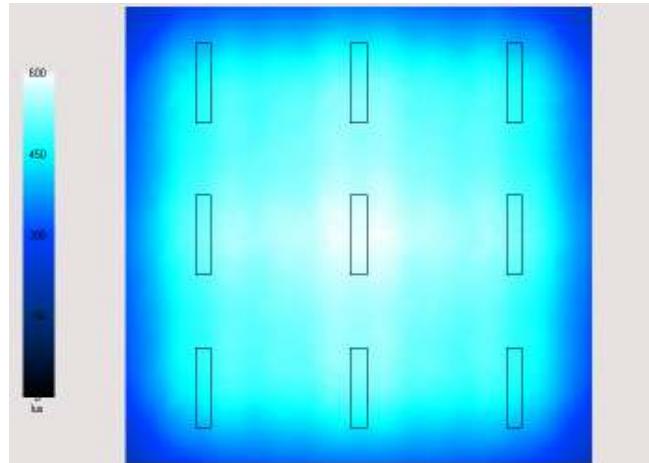


Ilustração 24: Tomografia simples – EB2

Grid de iluminância

	0,0m	0,7m	1,4m	2,2m	2,9m	3,6m	4,3m	5,0m	5,8m	6,5m	7,2m
0,0m	220	286	317	325	333	343	332	326	319	283	220
0,7m	276	380	424	430	438	453	442	427	425	377	277
1,4m	310	439	492	495	508	528	513	497	488	435	309
2,1m	320	440	497	507	526	539	524	510	499	437	317
2,8m	329	457	518	527	544	560	544	522	518	459	326
3,6m	340	476	549	551	564	586	566	547	542	479	339
4,3m	327	454	517	523	547	561	544	529	517	454	329
5,0m	316	438	500	508	524	538	522	505	501	440	316
5,7m	311	434	496	496	511	529	511	497	494	434	310
6,4m	276	371	427	428	439	459	436	428	428	376	274
7,1m	222	282	314	328	332	342	335	325	315	284	220

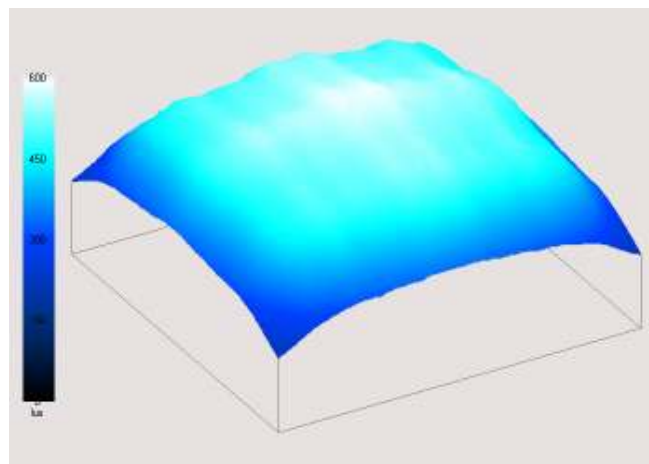


Ilustração 25: Tomografia 3 dimensões – EB2

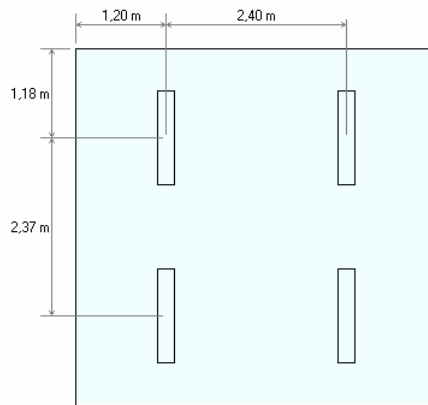


Ilustração 26: Esquema de montagem – EB2

4.2.1.3.3 Custos:

- instalação: R\$ 141,10/luminária e R\$ 1269,90/sala (material + mão-de-obra);
- operação* por luminária: R\$ 3,87 por mês (132 horas/mês ou 6 horas/dia útil);
- operação* por sala: R\$ 34,83 por mês (132 horas/mês ou 6 horas/dia útil).

* custos operacionais das lâmpadas com base em um simulador de consumo da COPEL, exceto reator.

4.2.1.4 Luminária Fluorescente de Sobrepôr 2x32W Tipo SP2:

4.2.1.4.1 Caderno de Encargos

4.2.1.4.1.1 Código do insumo SEOP: 3085

4.2.1.4.1.2 Descrição:

Aparelho destinado a distribuir, filtrar e controlar a luz gerada por uma ou mais lâmpadas, que contenham todos os equipamentos e acessórios necessários para fixar, proteger e alimentar essas lâmpadas. É denominada luminária para iluminação comercial de Interiores, de sobrepôr, especialmente desenvolvida para lâmpadas fluorescentes 02 x 32 W.



Ilustração 27: Luminária Fluorescente de Sobrepor 2x32W Tipo SP2

4.2.1.4.1.3 Características:

Luminária de sobrepor, com corpo, refletor facetado e aletas planas em chapa de aço fosfatizada e pintada eletrostaticamente. Largura (a) 230mm; altura (b) 83mm e comprimento (c) 1370mm.

4.2.1.4.2 Cálculo Luminotécnico:

Quantidade: 9 luminárias; Iluminância média calculada: 456,92 lux.

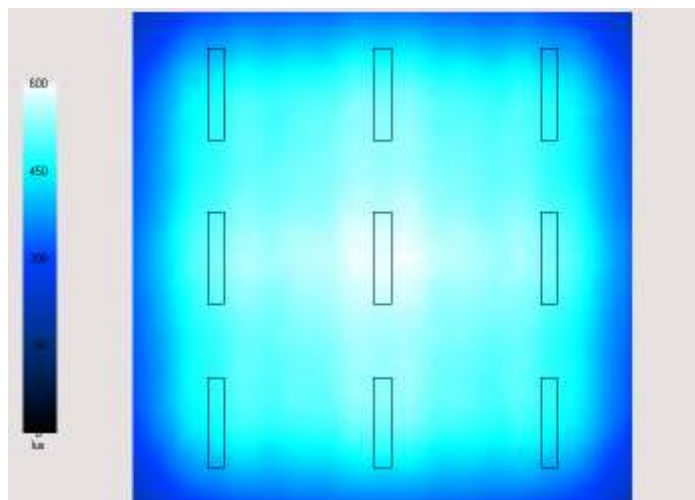


Ilustração 28: Tomografia simples – SP2

Grid de iluminância

	0,0m	0,7m	1,4m	2,2m	2,9m	3,6m	4,3m	5,0m	5,8m	6,5m	7,2m
0,0m	220	286	317	325	333	343	332	326	319	283	220
0,7m	276	380	424	430	438	453	442	427	425	377	277
1,4m	310	439	492	495	508	528	513	497	488	435	309
2,1m	320	440	497	507	526	539	524	510	499	437	317
2,8m	329	457	518	527	544	560	544	522	518	459	326
3,6m	340	476	549	551	564	586	566	547	542	479	339
4,3m	327	454	517	523	547	561	544	529	517	454	329
5,0m	316	438	500	508	524	538	522	505	501	440	316
5,7m	311	434	496	496	511	529	511	497	494	434	310
6,4m	276	371	427	428	439	459	436	428	428	376	274
7,1m	222	282	314	328	332	342	335	325	315	284	220

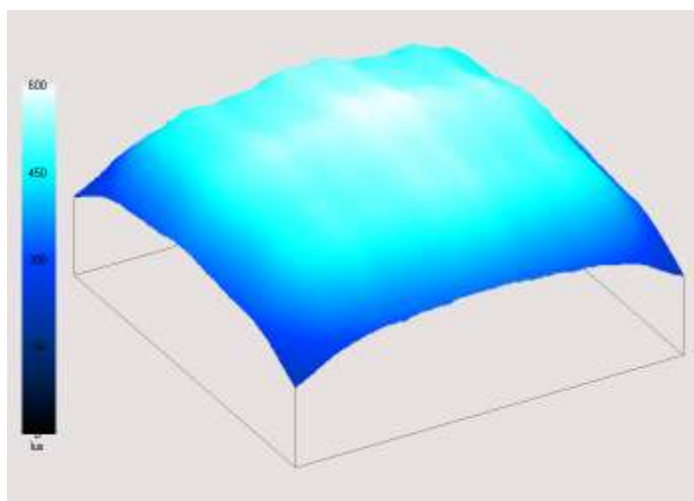


Ilustração 29: Tomografia 3 dimensões – SP2

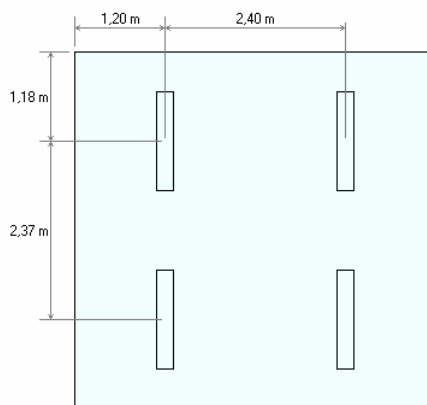


Ilustração 30: Esquema de montagem – SP2

4.2.1.4.3 Custos:

- instalação: R\$ 151,67/luminária e R\$ 1365,03/sala (material + mão-de-obra);
- operação* por luminária: R\$ 3,87 por mês (132 horas/mês ou 6 horas/dia útil);
- operação* por sala: R\$ 34,83 por mês (132 horas/mês ou 6 horas/dia útil).

* custos operacionais das lâmpadas com base em um simulador de consumo da COPEL, exceto reator.

4.2.1.5 Luminária Fluorescente de Embutir 2x32W Tipo EB3:

4.2.1.5.1 Caderno de Encargos

4.2.1.5.1.1 Código do insumo SEOP: 3086

4.2.1.5.1.2 Descrição:

Aparelho destinado a distribuir, filtrar e controlar a luz gerada por uma ou mais lâmpadas, que contenham todos os equipamentos e acessórios necessários para fixar, proteger e alimentar essas lâmpadas. É denominada Luminária para Iluminação Comercial de Interiores, de embutir, especialmente desenvolvida para lâmpadas fluorescentes 02 x 32 W.



Ilustração 31: Luminária Fluorescente de Embutir 2x32W Tipo EB3

4.2.1.5.1.3 Características:

Luminária de embutir, com corpo em chapa de aço fosfatizada e pintada eletrostaticamente, refletor e aletas parabólicas em alumínio anodizado de alta pureza e refletância. Largura (a) 307 mm; altura (b) 75 mm; comprimento (c) 1243 mm.

4.2.1.5.2 Cálculo Luminotécnico:

Quantidade: 9 luminárias; Iluminância média calculada: 469,44 lux.

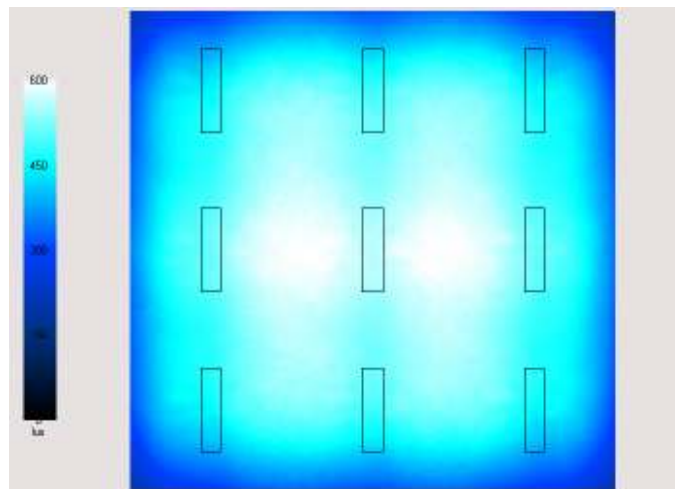


Ilustração 32: Tomografia simples – EB3

Grid de iluminância

	0,0m	0,7m	1,4m	2,2m	2,9m	3,6m	4,3m	5,0m	5,8m	6,5m	7,2m
0,0m	212	279	303	331	331	316	328	334	297	281	212
0,7m	275	390	417	462	460	429	462	462	415	387	276
1,4m	314	443	483	542	538	497	544	536	484	445	309
2,1m	322	452	494	551	544	520	552	550	494	456	318
2,8m	333	471	517	574	576	540	571	570	518	473	333
3,6m	348	489	544	593	596	556	594	594	534	502	339
4,3m	329	473	515	570	574	541	571	574	516	474	336
5,0m	319	452	494	554	555	518	547	551	496	454	324
5,7m	311	456	481	538	542	505	533	537	477	449	312
6,4m	275	389	416	464	463	436	460	461	420	386	274
7,1m	212	278	302	334	325	317	332	330	303	282	211

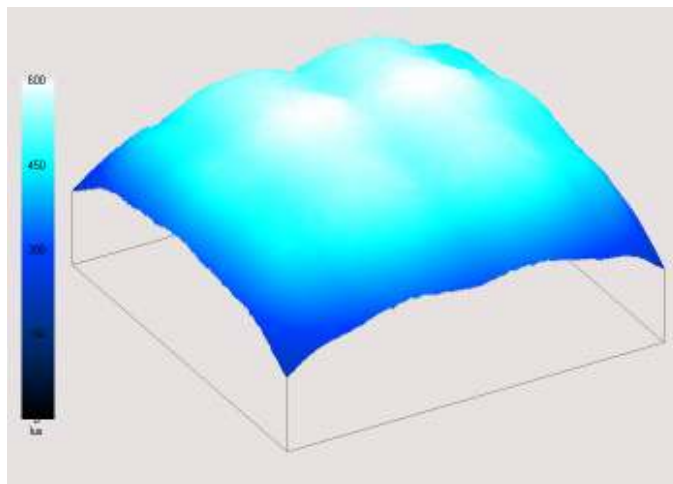


Ilustração 33: Tomografia 3 dimensões – EB3

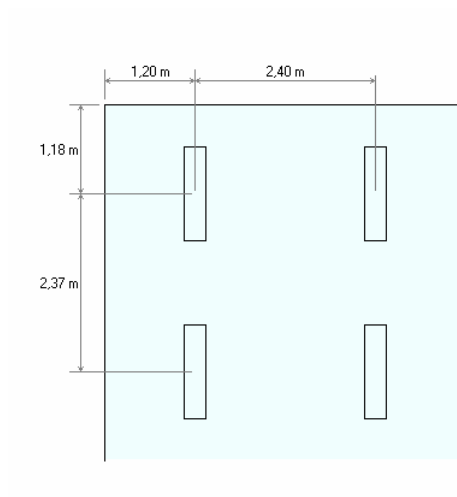


Ilustração 34: Esquema de montagem – EB3

4.2.1.5.3 Custos:

- instalação: R\$ 150,87/luminária e R\$ 1357,83/sala (material + mão-de-obra);
- operação* por luminária: R\$ 3,87 por mês (132 horas/mês ou 6 horas/dia útil);
- operação* por sala: R\$ 34,83 por mês (132 horas/mês ou 6 horas/dia útil);

* custos operacionais das lâmpadas com base em um simulador de consumo da COPEL, exceto reator.

4.2.1.6 Luminária Fluorescente de Sobrepor 2x32W Tipo SP3:

4.2.1.6.1 Caderno de Encargos

4.2.1.6.1.1 Código do insumo SEOP: 3087

4.2.1.6.1.2 Descrição:

Aparelho destinado a distribuir, filtrar e controlar a luz gerada por uma ou mais lâmpadas, que contenham todos os equipamentos e acessórios necessários para fixar, proteger e alimentar essas lâmpadas. É denominada Luminária para Iluminação Comercial de Interiores, de sobrepor, especialmente desenvolvida para lâmpadas fluorescentes 02 x 32 W.



Ilustração 35: Luminária Fluorescente de Sobrepor 2x32W Tipo SP3

4.2.1.6.1.3 Características:

Luminária de embutir, com corpo em chapa de aço fosfatizada e pintada eletrostaticamente, refletor e aletas parabólicas em alumínio anodizado de alta pureza e refletância. Largura (a) 307 mm; altura (b) 75 mm; comprimento (c) 1317 mm.

4.2.1.6.2 Cálculo Luminotécnico:

Quantidade: 9 luminárias; Iluminância média calculada: 469,44 lux.

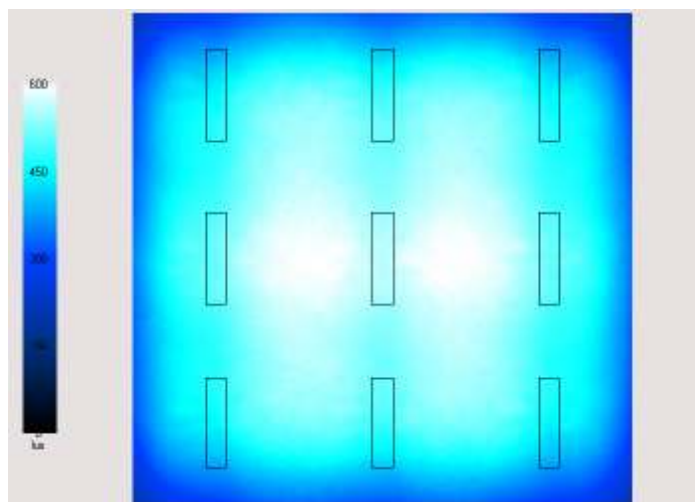


Ilustração 36: Tomografia simples – SP3

Grid de iluminância

	0,0m	0,7m	1,4m	2,2m	2,9m	3,6m	4,3m	5,0m	5,8m	6,5m	7,2m
0,0m	212	279	303	331	331	316	328	334	297	281	212
0,7m	275	390	417	462	460	429	462	462	415	387	276
1,4m	314	443	483	542	538	497	544	536	484	445	309
2,1m	322	452	494	551	544	520	552	550	494	456	318
2,8m	333	471	517	574	576	540	571	570	518	473	333
3,6m	348	489	544	593	596	556	594	594	534	502	339
4,3m	329	473	515	570	574	541	571	574	516	474	336
5,0m	319	452	494	554	555	518	547	551	496	454	324
5,7m	311	456	481	538	542	505	533	537	477	449	312
6,4m	275	389	416	464	463	436	460	461	420	386	274
7,1m	212	278	302	334	325	317	332	330	303	282	211

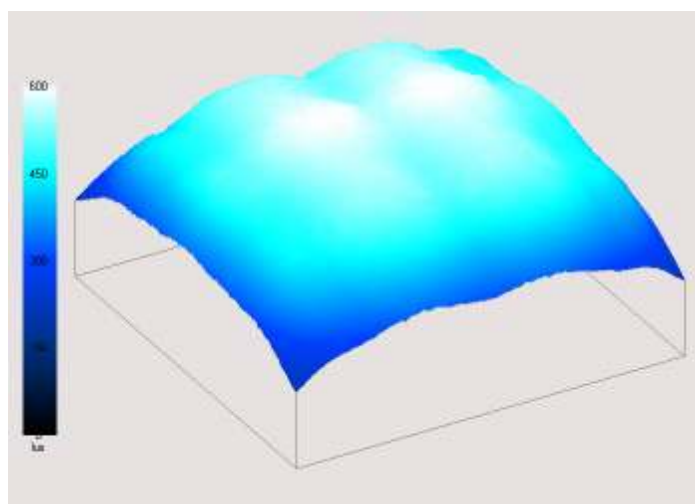


Ilustração 37: Tomografia 3 dimensões – SP3

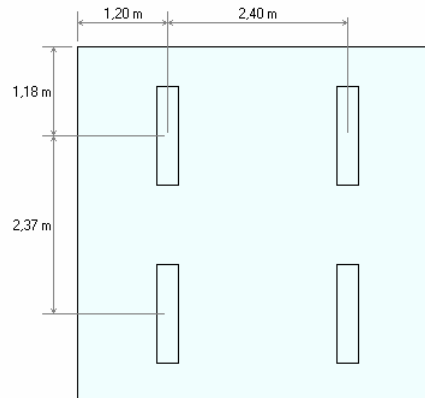


Ilustração 38: Esquema de montagem – SP3

4.2.1.6.3 Custos:

- instalação: R\$ 166,45/luminária e R\$ 1498,05/sala (material + mão-de-obra);
- operação* por luminária: R\$ 3,87 por mês (132 horas/mês ou 6 horas/dia útil);
- operação* por sala: R\$ 34,83 por mês.

* custos operacionais das lâmpadas com base em um simulador de consumo da COPEL, exceto reator.

4.2.2 Luminárias Eficientes não Utilizadas pela SEOP

4.2.2.1.1 Luminária Linear Blan 2x28W

4.2.2.1.1.1 Descrição:

Luminárias confeccionadas em chapa de aço, acabamento em pintura eletrostática a pó epóxi na cor branca. Corpo e soquete.

4.2.2.1.1.2 Cálculo Luminotécnico:

Quantidade: 8 luminárias; Iluminância média calculada: 515 lux.

Grid de iluminância

Superfície	Iluminâncias médias [lx]			Grau de reflexão [%]	Luminância média [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano de uso	380	135	515	/	/
Solo	206	98	304	20	19
Tecto	7.98	149	157	70	35
Parede 1	224	125	349	50	56
Parede 2	202	120	322	50	51
Parede 3	145	122	267	50	43
Parede 4	215	121	336	50	53

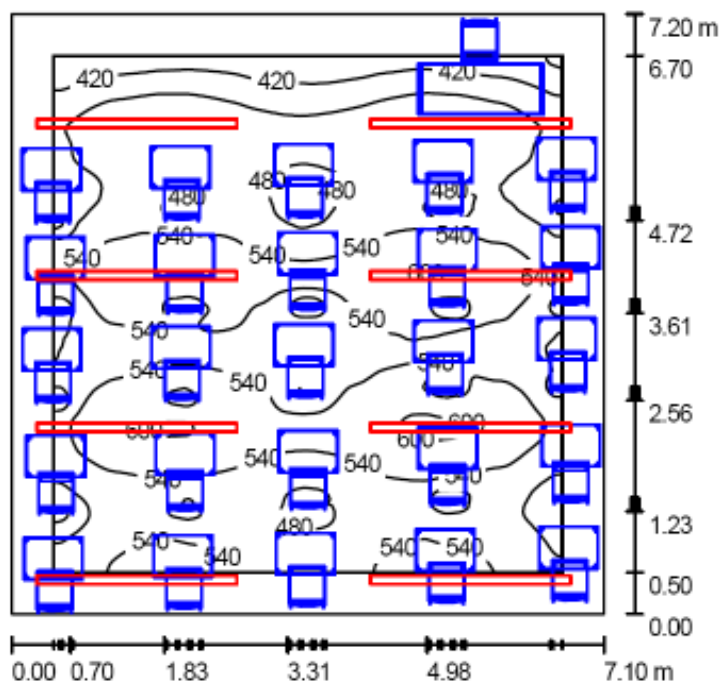


Ilustração 39: Esquema de montagem - Blan2x28W

4.2.2.1.1.3 Custos

- instalação: R\$ 297,44/luminária e R\$ 2379,52/sala (material + mão-de-obra);
- operação* por luminária: R\$ 3,39 por mês (132 horas/mês ou 6 horas/dia útil);
- operação* por sala: R\$ 27,12 por mês.

* custos operacionais das lâmpadas com base em um simulador de consumo da COPEL, exceto reator.

4.2.2.1.2 Luminária Linear Blan 2x54W

4.2.2.1.2.1 Descrição:

Luminárias confeccionadas em chapa de aço, acabamento em pintura eletrostática a pó epóxi na cor branca. Corpo e soquete.

4.2.2.1.2.2 Cálculo Luminotécnico:

Quantidade: 5 luminárias; Iluminância média calculada: 543 lux.

Grid de iluminância

Superfície	Iluminâncias médias [lx]			Grau de reflexão [%]	Luminância média [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano de uso	416	127	543	/	/
Solo	214	95	309	20	20
Tecto	7.17	144	151	70	34
Parede 1	186	123	309	50	49
Parede 2	209	115	324	50	52
Parede 3	120	115	235	50	37
Parede 4	212	115	327	50	52

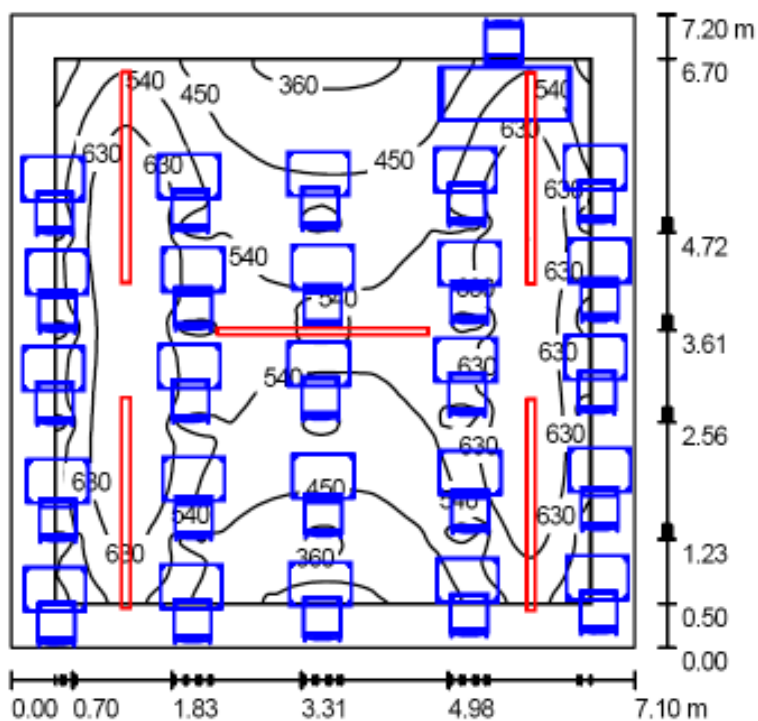


Ilustração 40: Esquema de montagem – Blan2x54

4.2.2.1.2.3 Custos

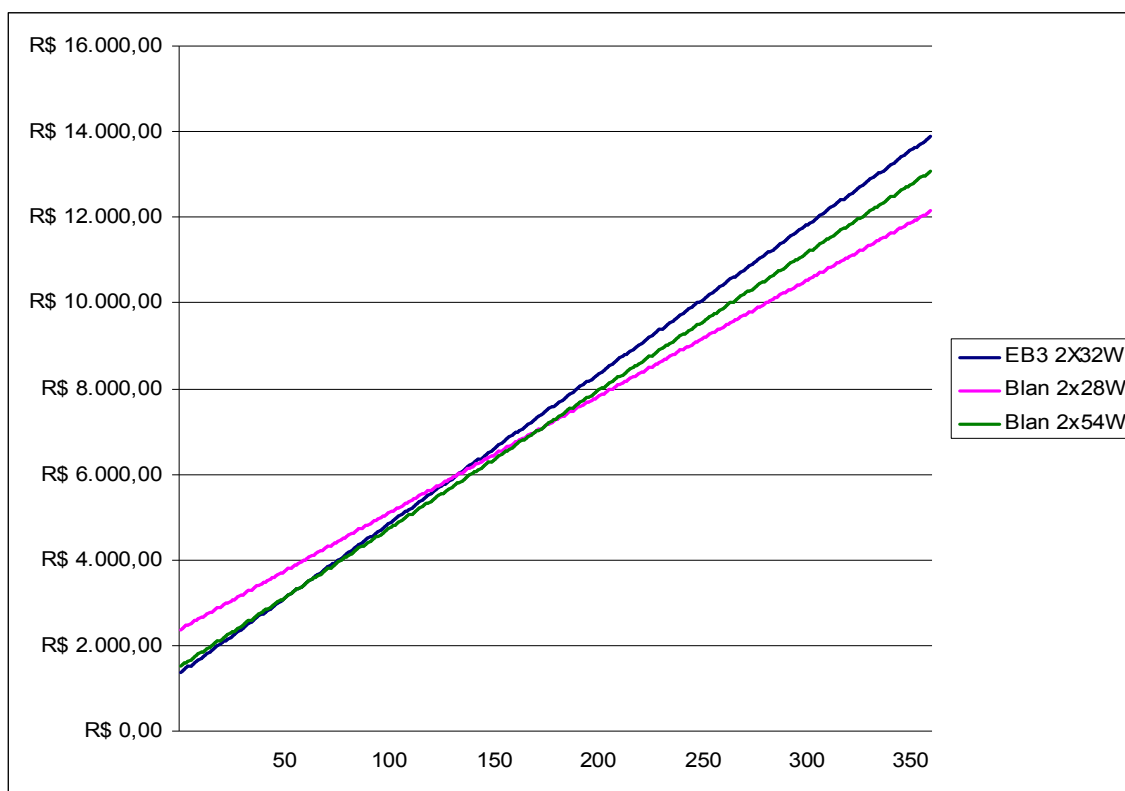
- instalação: R\$ 301,854/luminária e R\$ 1509,25/sala (material + mão-de-obra);
- operação* por luminária: R\$ 6,53 por mês (132 horas/mês ou 6 horas/dia útil);
- operação* por sala: R\$ 32,15 por mês.

* custos operacionais das lâmpadas com base em um simulador de consumo da COPEL, exceto reator.

4.2.3 Comparação de Resultados:

Luminária	Código SEOP	Custos		Luminosidade lux.
		Instalação	Operação/mês	
SP1 2X32W	3078	R\$ 1.403,37	R\$ 34,83	458,19
EB1 2X32W	3080	R\$ 1.170,45	R\$ 34,83	458,19
EB2 2X32W	3082	R\$ 1.269,90	R\$ 34,83	456,92
SP2 2X32W	3085	R\$ 1.365,03	R\$ 34,83	456,92
EB3 2X32W	3086	R\$ 1.357,83	R\$ 34,83	469,44
SP3 2X32W	3087	R\$ 1.498,05	R\$ 34,83	469,44
Blan 2x28W	-	R\$ 2.379,52	R\$ 27,12	515
Blan 2x54W	-	R\$ 1.509,25	R\$ 32,15	543

Então, com os dados obtidos iremos fazer uma comparação gráfica entre uma luminária de valor intermediário pago pela SEOP e as luminárias eficientes.



No gráfico, temos no eixo vertical o valor de instalação e operação das luminárias, e o no eixo horizontal, o tempo em meses. Comparando a luminária EB3 da SEOP (luminária de valor intermediário) com a luminária eficiente, Blan 2x54W, temos as seguintes equações:

(1) $1357,83 + 34,83 X \rightarrow$ Luminária EB3 2x32W; e

(2) $1509,25 + 32,15 X \rightarrow$ Luminária eficiente Blan 2x54W;

onde o primeiro valor é o de instalação e o segundo o de operação.

Igualando as duas equações teremos:

$$1357,83 + 34,83 X = 1509,25 + 32,15 X$$

$$34,83 X - 32,15 X = 1509,25 - 1357,83$$

$$2,68 X = 151,42$$

$$\therefore X = 56,5 \text{ meses} = 4 \text{ anos, } 8 \text{ meses e } 15 \text{ dias.}$$

Então, após 4 anos, 8 meses e 15 dias, a luminária eficiente Blan com duas lâmpadas de 54 Watts já estará sendo mais vantajosa financeiramente e com o benefício de apresentar luminosidade média 15% maior que as luminárias comuns.

Note que desconsideramos a substituição de lâmpadas e reatores queimados ao longo do tempo. Se esta questão fosse também analisada, o tempo de retorno do investimento seria ainda menor pelo fato de que precisamos de 9 luminárias comuns, 9 reatores e 18 lâmpadas para a iluminação de uma sala de aula, contra apenas 5 luminárias eficientes, 5 reatores e 10 lâmpadas.

Além disso, se levarmos em consideração a questão ambiental teremos outro dado interessante. As luminárias eficientes consomem 71,28 kWh/sala/mês e as luminárias comuns 76,03 kWh/sala/mês. Trabalhando com um universo de 100 salas de aula; vemos que a emissão de CO₂ para 7128 kwh/mês é de 4,14 toneladas. Para compensar esta emissão seriam necessárias 26 árvores. Já para 7603 kWh/mês, a emissão é de 4,42 toneladas de CO₂ e precisaríamos de 28 árvores. Então, para cada 100 salas de aula seriam poupadas duas árvores.

5. CONCLUSÃO

Demonstramos através de projetos luminotécnicos e cálculos de viabilidade, que investir em eficiência energética na edificação pública não é caro e nem tão difícil assim. Ao se tratar Estado, sabemos que o menor investimento inicial é colocado em primeiro plano, e o valor global, é deixado para traz. Tem-se a seguinte idéia: Para que se gastar dinheiro, e tempo, em planejamento e projetos, se com os mesmos recursos conseguimos construir e inaugurar um número maior de obras? Esta é uma visão não só do estado, como ente da Federação, e sim do Brasil como um todo. Inauguram um monte de obra sem planejamento que em pouco tempo estão se deteriorando e necessitando de mais investimentos para reformas. Acho que devemos começar a pensar em obras públicas melhores, com bom planejamento, excelentes projetos e conseqüentemente boa execução, que necessitem de menos intervenções de reparos para que o valor global das obras, que é o somatório de construção, operação e manutenção, seja o menor possível.

Na questão energética é a mesma coisa. Um investimento um pouco mais alto na utilização de equipamentos mais eficientes proporciona um custo menor de operação em toda a vida útil da edificação. São menos de cinco anos para compensar a utilização destes equipamentos de iluminação. O que vêm pela frente é apenas economia de energia e recursos, tanto financeiros quanto naturais.

A iluminação de prédios públicos representa um alto consumo de energia elétrica. Porém podemos, e devemos ampliar o conceito de eficiência energética para outros equipamentos muito utilizados na administração pública como aparelhos de ar-condicionado e computadores.

O uso eficiente da energia representa menores investimentos em geração de energia e na construção de usinas hidrelétricas. Pouparamos áreas enormes de serem inundadas, além da flora e da fauna destes locais. Economizamos energia e reduzimos custos. Além disso, diminuimos as emissões de CO₂ tanto na construção de novas usinas quanto na utilização de equipamentos.

Em defesa dos recursos naturais e dos recursos públicos, vamos começar a construir com eficiência. Se não partir dos técnicos, que somos nós das áreas de engenharia e arquitetura, quem começará?

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F. O. R.; [2004]. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Editora Prolivros. São Paulo.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 5413/92 **Iluminância de Interiores**

BRASIL. PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Estudo de **Otimização Energética Edifício Júlio Soares**. Sede CEMIG, Belo Horizonte, 1992.

BRASIL. PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Projeto 6 Cidades, Metodologia de Avaliação Energética Predial**. Rio de Janeiro, 1997.

Guerreiro, A.; [2001]. Conservação de Energia – **Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos**. Editora da Escola Federal de Engenharia de Itajubá.

Andreatta; Merlin; Motter; Wittkowski. - SEOP – Secretaria de Estado de Obras Públicas – **Especificações Técnicas de Insumos** – [2009]

Mendonça, C – **Recursos Energéticos Disponíveis no Brasil** – UOL -Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/geografia/ult1701u62.jhtm>>

Crise com Fatura – Galileu Disponível em: <<http://galileu.globo.com/edic/127/renergia5.htm>>

VASCONCELOS, F - **Brasil Triplicará Valor Pago por Energia em Itaipu** - 25 de julho de 2009 – Parazinet - Disponível em: <<http://parazinet.wordpress.com/2009/07/25/brasil-triplicara-valor-pago-por-energia-de-itaipu/>>

Francisco, W C – Brasil Escola – **Energia Hidrelétrica** - Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/energia-hidreletrica.htm>>

Francisco, W C – Brasil Escola – **Energia Solar** – Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/energia-solar.htm>>

Francisco, W C – Brasil Escola – **Energia Eólica** – Disponível em:
http://www.brasilecola.com/geografia /fonte_de_energia_eolica.htm

Wikipédia – **Energia Eólica** – Disponível em:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_e%C3%B3lica>

Freitas, E – Brasil Escola – **Recursos Energéticos Fósseis** - Disponível em:
<<http://www.brasilecola.com/geografia/recursos-energeticos-fosseis.htm>>

Pelo bem-estar do planeta – Galileu Disponível em:
<<http://galileu.globo.com/edic/127/renergia2.htm>>

Wikipédia – **Energia Nuclear** – Disponível em:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_nuclear>

Crise com Fatura – Galileu Disponível em:
<<http://galileu.globo.com/edic/127/renergia5.htm>>

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em:
http://www.eletrabras.gov.br/EM_Programas_Procel/default.asp

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em:
<<http://www.eletrabras.com/elb/procel/main.asp?ViewID={974CF275-82FE-4483-8551-855F9A98A370}>>>

ANEXOS

