

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**



NAYARA EVANGELISTA DA SILVA

**APLICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E USO DE PAINÉIS
FOTOVOLTAÍCOS NA ILUMINAÇÃO DE OUTDOORS**

Uberlândia

2017

NAYARA EVANGELISTA DA SILVA

**APLICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E USO DE PAINÉIS
FOTOVOLTAICOS NA ILUMINAÇÃO DE OUTDOORS**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em engenharia elétrica.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Camacho

Uberlândia

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

E. Silva, Nayara

Aplicação de eficiência energética e uso de painéis fotovoltaicos na iluminação de outdoors – Uberlândia, 2017.

52 páginas.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Camacho.

Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia.

1. Energia renovável; 2. Energia fotovoltaica; 3. Eficiência Energética

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Valdemar e Abadia pelo carinho, amor, compreensão e pelo apoio para me proporcionar uma boa formação acadêmica.

Ao meu namorado Bruno, por ter me apoiado e incentivado durante todo o trajeto. Obrigado pelo amor, carinho, conselhos e por estar sempre ao meu lado.

Ao professor José Roberto Camacho pela disponibilidade, ensinamentos, paciência, ajuda e dedicação.

Aos meus amigos, colegas de graduação, e a todos que contribuíram de forma direta ou indireta na realização deste trabalho.

“A persistência é o caminho do êxito.”

(Charles Chaplin)

RESUMO

A necessidade mundial por energia elétrica trouxe também a busca por outras formas de produção, de modo a minimizar os impactos ambientais e suprir a sua demanda. Então foram intensificados os estudos e as aplicações das ditas fontes alternativas com a finalidade de tentar gerar energia através de recursos naturais renováveis como biomassa, luz solar entre outras, então neste trabalho será realizado um estudo sobre implantação um sistema fotovoltaico em um *Outdoor* e a sua viabilidade econômica buscando atingir esse objetivo.

Este projeto tem-se como aposta então a energia solar para produção de energia elétrica afim suprir a demanda um *Outdoor*, através da aplicação um sistema fotovoltaico isolado da rede. E também com a busca incessante em economia, será aplicado o uso de lâmpadas LEDs para tornar o sistema mais eficiente. Projetos como este vêm sendo feito para levar energia a lugares onde ainda não se tem a rede elétrica disponível, porém, esse trabalho está sendo realizado para mostrar que, com pequeno investimento pode-se produzir energia elétrica para uso domestico.

Palavras-chave: Economia de energia, Geração Distribuída, Eficiência Energética, Lâmpada Led, Outdoor.

ABSTRACT

The global need for electric power has also brought the search for other forms of energy production, in order to minimize environmental impacts and supply your demand. Afterward studies and applications of these alternative, sources were intensified in order to generate energy through renewable natural resources such as biomass, sunlight and others. In this work, a study will be carried out on the implantation of a photovoltaic system in an Outdoor and its economic viability in order to achieve this objective.

This project has solar energy, as a bet, for electric power generation in order to supply the demand of an Outdoor, through the application of an isolated photovoltaic system from the network. And also with the incessant pursuit in economy, will be applied the use of LED lamps to make the system more efficient. Projects alike have been done to bring energy to places where the electric grid is not yet available, but this work is being done to show that anyone who has the conditions to invest can have electric energy in his home without buying from the concessionaire.

Keywords: Energy saving, Distributed generation, Energy Efficiency, Led lamp, Outdoor.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PAINÉL FRONTLIGHT	17
FIGURA 2 – ESPECTRO ELÉTROMAGNÉTICO	18
FIGURA 3- FLUXO LUMINOSO	19
FIGURA 4 – INTENSIDADE LUMINOSA	20
FIGURA 5 – CURVA DE DISTRIBUIÇÃO DE INTENSIDADE LUMINOSA	20
FIGURA 6 – LUXÍMETRO MEDINDO A ILUMINÂNCIA	21
FIGURA 7 – ESTRUTURA DE UMA CÉLULA FOTOVOLTAICA	25
FIGURA 8. CÉLULA FOTOVOLTAICA COMERCIAL	26
FIGURA 9. LUMINÁRIA ITAIM APIAY A	29
FIGURA 10. FATOR DE UTILIZAÇÃO DA LUMINARIA	29
FIGURA 11 – FLUXO LUMINOSO LUMINÁRIA	30
FIGURA 12 - OUTDOOR COM INDICAÇÃO DE MEDIDAS	30
FIGURA 13 – VISÃO FRONTAL DA DISTRIBUIÇÃO DE LUMINÁRIAS NO DIALUX EVO	32
FIGURA 14. VISUALIZAÇÃO 3D DA DISTRIBUIÇÃO DE LUMINÁRIAS NO DIALUX EVO	33
FIGURA 15. SIMULAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE LUMINÁRIAS NO DIALUX EVO	33
FIGURA 16. SIMULAÇÃO ILUMINAÇÃO VAPOR DE SÓDIO DO OUTDOOR NO DIALUX EVO	34
FIGURA 17. SIMULAÇÃO ILUMINAÇÃO LED DO OUTDOOR NO DIALUX EVO	35
FIGURA 18 – ESQUEMA BÁSICO SISTEMA FOTOVOLTAICO	36

LISTA DE TABELAS

<i>TABELA 1- APARÊNCIA DE COR DE LÂMPADAS CONFORME A TEMPERATURA DE COR.....</i>	<i>22</i>
<i>TABELA 2 - FATOR DE DEPRECIAÇÃO</i>	<i>31</i>
<i>TABELA 3 - COMPARAÇÃO MÉTODOS</i>	<i>45</i>
<i>TABELA 4 – COMPARAÇÃO LED E VAPOR DE SÓDIO</i>	<i>45</i>
<i>TABELA 5 - CUSTOS IMPLANTAÇÃO.....</i>	<i>46</i>
<i>TABELA 6 - VIDA ÚTIL</i>	<i>46</i>
<i>TABELA 7 - QUANTIDADE DE MATERIAIS</i>	<i>47</i>
<i>TABELA 8 – PAYBACK</i>	<i>47</i>

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ABNT/CB-03	Comitê brasileiro de Eletricidade;
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia;
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica;
IEC	International Electrotechnical Commission;
IES/IESNA	Illuminating Engineering Society of North America;
ANSI	American National Standards Institute;
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers;
STC	Standard Test Conditions;
GTES	Grupo de Trabalho de Energia Solar.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	DESENVOLVIMENTO.....	15
2.2.	OUTDOORS.....	15
2.2.1.	Histórico.....	15
2.2.2.	Outdoor Iluminado.....	16
2.2.3.	Outdoor Estudado.....	17
2.3.	LUMINOTÉCNICA.....	17
2.3.1.	Considerações Iniciais.....	17
2.3.2.	Conceitos Básicos de Luminotécnica.....	18
2.3.3.	Grandezas e Conceitos.....	19
2.3.3.1.	Fluxo Luminoso.....	19
2.3.3.2.	Intensidade Luminosa.....	19
2.3.3.3.	Curva de Distribuição Luminosa.....	20
2.3.3.4.	Iluminância.....	20
2.3.3.5.	Luminância.....	21
2.4.	LÂMPADAS.....	21
2.4.1.	Característica das Lâmpadas.....	22
2.4.1.1.	Índice de Reprodução de Cores (IRC).....	222
2.4.1.2.	Temperatura de Cor.....	22
2.4.1.3.	Eficiência Luminosa.....	22
2.4.1.4.	Vida média.....	22
2.4.2.	Tipos de Lâmpadas.....	23
2.4.2.1.	Vapor de Sódio.....	23
2.4.2.2.	LED.....	24
2.5.	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	25
3.	METODOLOGIA.....	27
3.1.	INTRODUÇÃO.....	27
3.2.	CALCULO LUMINOTÉCNICO.....	27
3.2.1.	OUTDOOR ATUALMENTE.....	27
3.2.2.	MÉTODOS UTILIZANDO LÂMPADAS VAPOR DE SÓDIO.....	27
3.2.2.1	MÉTODO DOS LÚMENS.....	28
3.2.2.2	MÉTODO PONTO A PONTO.....	31
3.2.3.	MÉTODOS UTILIZANDO LÂMPADAS LED.....	34

3.3. SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	35
3.3.1.SISTEMA LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO.....	35
3.3.2. SISTEMA LED.....	40
4. RESULTADOS.....	455
4.1. INTRODUÇÃO.....	45
4.2. Comparação Iluminação.....	45
4.3. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO ILUMINAÇÃO.....	45
4.4. CUSTOS IMPLANTAÇÃO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	45
4.5. PAYBACK.....	45
5. CONCLUSÃO.....	49
6. REFERÊNCIAS.....	51
7. ANEXOS.....	51
ANEXO 7.1 – LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO	53
ANEXO 7.2 – LUMINÁRIA PARA VAPOR DE SÓDIO	56
ANEXO 7.3 – REFLETOR LED	57
ANEXO 7.4 – PAINEL	58
ANEXO 7.5 – CONTROLADOR DE CARGA	60
ANEXO 7.6 – INVERSOR DE FREQUÊNCIA	61
ANEXO 7.7 – BATERIA	62

1 INTRODUÇÃO

O Sol é a principal fonte de energia do nosso planeta. A superfície da Terra recebe anualmente uma quantidade de energia solar, nas formas de luz e calor, suficiente para suprir milhares de vezes as necessidades mundiais durante o mesmo período. Apenas uma pequena parcela dessa energia é aproveitada. Mesmo assim, com poucas exceções, praticamente toda a energia usada pelo ser humano tem origem no sol (VILLALVA, 2014).

A energia do sol pode ser utilizada para produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta da luz solar em energia elétrica. Diferentemente dos sistemas térmicos, que são empregados para realizar aquecimento ou para produzir eletricidade a partir de energia térmica do Sol, os sistemas fotovoltaicos têm a capacidade de captar diretamente a luz solar e produzir corrente elétrica. Essa corrente é coletada e processada por dispositivos controladores e conversores, podendo ser armazenada em baterias ou utilizada diretamente em sistemas conectados à rede elétrica (VILLALVA, 2014).

O incentivo para a realização deste trabalho é o desenvolvimento de um estudo de viabilidade econômica no sistema de iluminação de “Outdoors” com uma redução da demanda contratada que requer a utilização de um programa de eficiência energética ou utilização de fontes alternativas de energia propondo a retirada ou diminuição do consumo de energia elétrica.

Tendo como objetivo a redução do consumo de energia, relaciona propostas de eficiência energética com o sistema alimentado pela rede elétrica convencional propondo cálculo luminotécnico pelo método dos lumens e método ponto a ponto para sistemas com lâmpadas vapor de sódio e para sistemas utilizando lâmpadas LED.

Para a retirada desta carga do sistema alimentado pela rede elétrica convencional, será feita uma análise de viabilidade de implantação do sistema fotovoltaico com a utilização de painéis fotovoltaicos, onde a energia será armazenada em baterias durante o dia e utilizada à noite para lâmpadas vapor de sódio e LED.



2 DESENVOLVIMENTO

2.1. Introdução

Este capítulo apresenta o desenvolvimento desse trabalho que aborda a redução do consumo de energia na iluminação de um “Outdoor” via projeto Luminotécnico assim como a viabilidade de implantação do sistema fotovoltaico.

Será mostrado o histórico do “Outdoor” que é um meio de publicidade exterior, as suas com iluminação denominada de “front light” e os dados do “Outdoor” que será estudado.

Será feita uma revisão da Luminotécnica, abordando conceitos básicos assim como grandezas de um projeto Luminotécnico e características das Lâmpadas.

Serão mostradas as etapas do projeto visando à economia de energia a partir de dois métodos de cálculo, que são denominados método dos lúmens e método ponto a ponto, para obter como resultado, a quantidade ideal de lâmpadas que iluminarão adequadamente o “Outdoor” em análise e em seguida, uma comparação de custo de energia consumida para cada método, juntamente com o custo de implantação da quantidade de lâmpadas vapor de sódio e LED obtidas.

Além disso, será mostrado o princípio de funcionamento básico de um sistema fotovoltaico, como o mesmo capta a energia sol e a transforma em energia, e da bateria que armazena a energia obtida durante o dia para ser utilizada durante a noite e os resultados de quantidade de painéis, baterias e inversores para a verificação do custo de implantação do sistema fotovoltaico.

Por fim, a conclusão mostra os resultados obtidos pelo estudo.

2.2. Outdoors

2.2.1. Histórico

Com a necessidade de conquistar novos clientes as empresas vêm investindo cada vez mais em propagandas em “Outdoors”, sempre inovando, seja para propaganda durante o dia ou para o período da noite.

A arte de propagar não é uma exclusividade dos tempos modernos, desde os primórdios da humanidade já existiam formas primitivas de comunicação já garantiam que a

mensagem fosse levada ao público. Um exemplo foram os comerciantes de vinha da mesopotâmia que anunciavam em pedras talhadas, e os gregos que gravavam suas mensagens em rolos de madeira.

Em 1793, através da invenção da litografia (impressão no papel por meio de prensa) pelo austríaco Alois Senefelder, foi possível o aperfeiçoamento da impressão dos cartazes passou a ser mais rápida, foi quando artistas plásticos se interessam pelos cartazes. O pintor Jules Cheret foi o autor do primeiro desenho litográfico a cores, o *Orphée aus Enfers*, de 1858.

A instalação da primeira empresa exibidora de “Outdoor” do país foi em 1929, em São Paulo. Naquela época eram pequenos, recortados de forma oval e afixados em postes.

Apesar de tão antigo e das tecnologias existentes, este meio de comunicação não se tornou obsoleto e foi modificado de acordo com a evolução da sociedade moderna.

Os meios de publicidade externa são chamados de “Outdoor” e são dispostos em locais de grande circulação de pessoas e grande visibilidade, como a beira de rodovias ou nos edifícios nas cidades. A palavra “Outdoor” tem origem inglesa que significa “Do lado de fora”, tem como medida 9 x 3 metros e é constituído por uma placa de madeira ou metal.

2.2.2. *Outdoor Iluminado*

Buscando ser visualizado de longas distancias, o formato grandioso se destaca nos grandes centros, assim como também em rodovias. Construído sob uma estrutura resistente a intemperes do tempo, o painel é constituído por uma lona impressa e iluminada por refletores externos. Esta característica é chamada de “Front Light”, figura 1. Este novo tipo de divulgação tem aumentado o impacto sobre o público. Chama-se “Front Light” se houver iluminação na frente, mas se tiver iluminação na parte de traseira do “Outdoor” utilizando a transparência do material é chamado de “Back Light”, sendo o tamanho dos dois variados.

A característica específica do “Outdoor Iluminado” é um dos fatores que impressiona e chama atenção de um grande número de pessoas, assim sendo sua comunicação muito eficaz e a empresa que investe nesse tipo de comunicação tem um grande retorno.

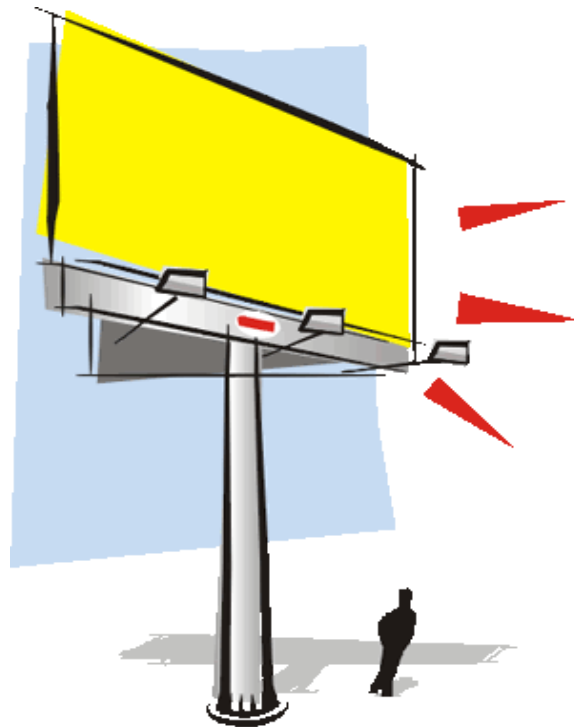


Figura 1 – Painel FrontLight

2.2.3. *Outdoor Estudado*

O Outdoor que será estudado tem as seguintes características:

- Tamanho: 24 x 12 m;
- Lâmpadas: 28 Lâmpadas Vapor de Sódio;
- Potência: 150 W;
- Iluminação: 12 h/dia;

2.3. Luminotécnica

2.3.1. *Considerações Iniciais*

Comparando a época que a luz artificial começou a ser utilizada com os dias atuais, constata-se que foi grande o passo dado pela indústria da iluminação no século XX. Desde a lâmpada criada por Thomas Edison até os produtos disponíveis hoje, houve um avanço espantoso (LUZ).

De início, o invento enfrentou grandes barreiras à sua utilização, principalmente por ser uma tecnologia que necessitava de novas instalações. A energia elétrica era um luxo pouco disponível na época, sendo o próprio invento, uma ferramenta para tornar a energia elétrica

mais difundida, pois era quase unânime a ideia de que o gás e o vapor seriam suficientes para o desenvolvimento do mundo (LUZ).

Uma boa iluminação requer atenção a aspectos quantitativos e qualitativos da luz. A elaboração de um bom projeto Luminotécnico deve considerar não apenas a quantidade de luz adequada a uma determinada atividade, mas também como essa luz é direcionada ao plano de interesse, a reprodução de cor e a aparência da luz e sua relação com as superfícies a serem iluminadas de modo a evitar ofuscamentos (SILVA, 2006).

Por fim, através dos métodos mais utilizados para cálculo luminotécnico, o método dos lúmens e o método do ponto a ponto, são estabelecidos o tipo e o número de lâmpadas e luminárias necessárias para obtenção de uma iluminação adequada (SILVA, 2006).

2.3.2. Conceitos Básicos de Luminotécnica

Luz é uma radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual, ou seja, a luz é uma gama de radiações eletromagnéticas cujos comprimentos de onda são sensíveis ao olho humano. Qualquer comprimento de onda que se situa entre as radiações ultravioletas (380 nm) e as radiações infravermelhas (780 nm) são visíveis aos seres humanos (SILVA, 2006), conforme indicado na Figura 2.

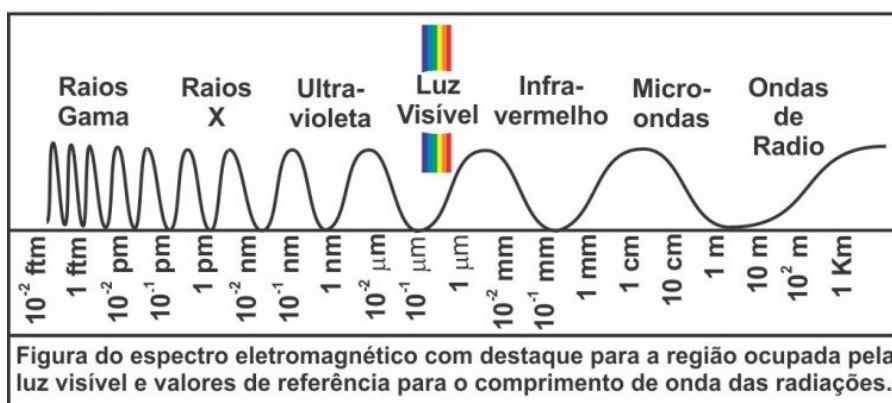


Figura 2 – Espectro Eletromagnético

Há uma tendência em pensarmos que os objetos já possuem cores definidas. Na verdade, a aparência de um objeto é resultado da iluminação incidente sobre o mesmo. Sob uma luz branca, a maçã aparenta ser de cor vermelha, pois ela tende a refletir a porção do vermelho do espectro de radiação absorvendo a luz dos outros comprimentos de onda. Se

utilizássemos um filtro para remover a porção do vermelho da fonte de luz, a maçã refletiria muito pouca luz parecendo totalmente negra (SILVA, 2006).

Os processos de avaliação da cor são fundamentados na teoria da tricromaticidade, onde a luz é composta por três cores primárias. A combinação de duas cores primárias produz as cores secundárias - magenta, amarelo e cyan. As três cores primárias dosadas em diferentes quantidades permitem obtermos outras cores de luz. Da mesma forma que surgem diferenças na visualização das cores ao longo do dia (diferenças da luz do sol ao meio-dia e no crepúsculo), as fontes de luz artificiais também apresentam diferentes resultados (SILVA, 2006).

2.3.3. Grandezas e Conceitos

2.3.3.1. Fluxo Luminoso

Fluxo Luminoso é a radiação total da fonte luminosa, entre os limites de comprimento de onda visíveis. Em outras palavras, é a potência de energia luminosa de uma fonte percebida pelo olho humano. É a quantidade total de luz emitida por uma fonte luminosa em todas as direções (SILVA, 2006).

Seu símbolo é Φ_v , sua unidade é lúmen [lm].

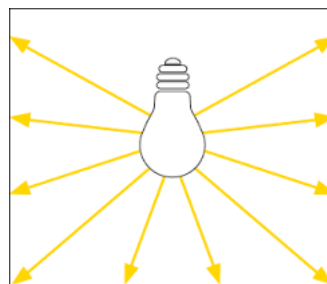


Figura 3- Fluxo Luminoso

2.3.3.2. Intensidade Luminosa

Se a fonte luminosa irradiasse a luz uniformemente em todas as direções, o Fluxo Luminoso se distribuiria na forma de uma esfera. Tal fato, porém, é quase impossível de acontecer, razão pela qual é necessário medir o valor dos lúmens emitidos em cada direção. Essa direção é representada por vetores, cujo comprimento indica a *Intensidade Luminosa*. Portanto, é o Fluxo Luminoso irradiado na direção de um determinado ponto (SILVA, 2006).

Seu símbolo é I_v , sua unidade é candela [cd].

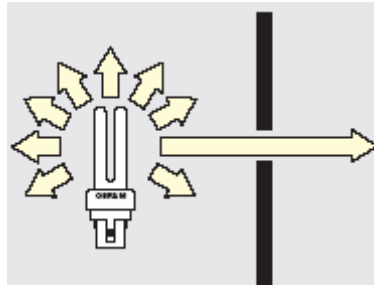


Figura 4- Intensidade Luminosa

2.3.3.3. Curva de Distribuição Luminosa

Se num plano transversal à lâmpada, todos os vetores que dela se originam tiverem suas extremidades ligadas por um traço, obtém-se a Curva de Distribuição Luminosa (CDL). Em outras palavras, é a representação da Intensidade Luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada num plano. Para a uniformização dos valores das curvas, geralmente essas são referidas a 1.000 lm. Nesse caso, é necessário multiplicar-se o valor encontrado na CDL pelo Fluxo Luminoso da lâmpada em questão e dividir o resultado por 1000 lm (SILVA, 2006).

Seu símbolo é CDL, sua unidade é candela [cd].

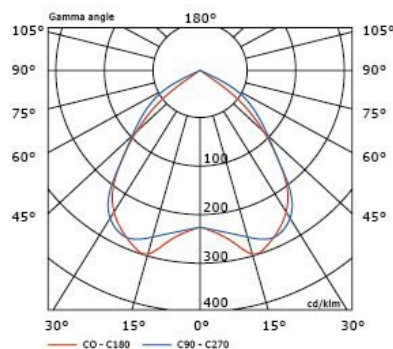


Figura 5- Curva de Distribuição de Intensidade Luminosa

2.3.3.4. Iluminância

É o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a certa distância da fonte, ou seja, é a quantidade de luz que está chegando a um ponto. Esta relação é dada entre a intensidade luminosa e o quadrado da distância, ou ainda, entre o fluxo luminoso e a área da superfície. Indica a quantidade de luz que atinge uma superfície por unidade de área (SILVA, 2006).

Seu símbolo é E, sua unidade é lux [lx].

$$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{lm}{m^2} = lux$$

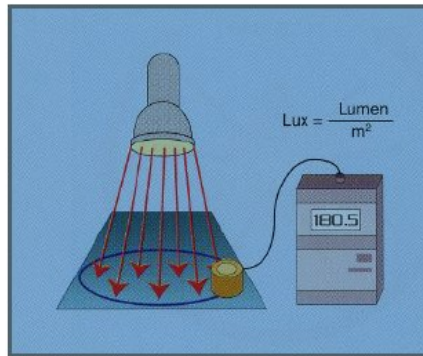


Figura 6- Luxímetro medindo a Iluminância

2.3.3.5. Luminância

Das grandezas mencionadas, nenhuma é visível, isto é, os raios de luz não são vistos, a menos que sejam refletidos em uma superfície e aí transmitam a sensação de claridade aos olhos. Essa sensação de claridade é chamada de *Luminância*. A equação que permite sua determinação é: (SILVA, 2006).

$$L = \frac{I}{A \cdot \cos(\alpha)} = \frac{cd}{m^2}$$

Onde,

L: Luminância;

A: Área Projetada;

I: Intensidade Luminosa;

α : ângulo considerado, em graus.

2.4. Lâmpadas

As lâmpadas comerciais utilizadas para iluminação são caracterizadas pela potência elétrica absorvida (W), fluxo luminoso produzido (lm), temperatura de cor (K) e índice de reprodução de cor (IRC). Em geral as lâmpadas são classificadas, de acordo com o seu mecanismo básico de produção de luz. Aquelas com filamento convencional ou halógenas produzem luz pela incandescência, assim como o sol. As de descarga aproveitam a luminescência, assim como os relâmpagos e as descargas atmosféricas. E os diodos utilizam a fotoluminescência, assim como os vaga-lumes (MOREIRA, 1999).

2.4.1. Característica das Lâmpadas

2.4.1.1. Índice de Reprodução de Cores (IRC)

Este índice indica a aparência da cor da luz, sendo sua escala de medida variando de 0 a 100. A lâmpada incandescente é a referência para comparação com outras fontes de luz, apresentando IRC de 100, que proporciona máxima fidelidade na reprodução das cores dos objetos iluminados. A lâmpada Vapor de Sódio de Alta Pressão possui índice IRC baixo, em torno de 25, sendo a cor da sua luz amarelada. Os objetos iluminados por esta lâmpada não são vistos com suas cores originais, mais com tom amarelo e seus detalhes são menos reproduzidos. Os Leds de alta potência têm IRC acima de 70, comparável às lâmpadas a vapor de mercúrio, proporcionando alta qualidade de iluminação, reproduzindo melhor as cores e os detalhes dos objetos iluminados (SALES, 2012).

2.4.1.2. Temperatura de Cor

Em aspecto visual admite-se que é bastante difícil a avaliação comparativa entre a sensação de Tonalidade de Cor de diversas lâmpadas. Para estipular um parâmetro, foi definido o critério Temperatura de Cor (Kelvin) para classificar a luz. Assim como um corpo metálico que, em seu aquecimento, passa desde o vermelho até o branco, quanto mais claro o branco (semelhante à luz diurna ao meio-dia), maior é a Temperatura de Cor (aproximadamente 6.500K). A luz amarelada, como de uma lâmpada incandescente, está em torno de 2.700 K. É importante destacar que a cor da luz em nada interfere na Eficiência Energética da lâmpada, não sendo válida a impressão de que quanto mais clara, mais potente é a lâmpada (SILVA, 2006).

A CIE (International Commission on Illumination, ou de acordo com a sigla em francês, Commission Internationale de l'Eclairage) classifica as lâmpadas conforme sua temperatura correlata de cor conforme a tabela abaixo.

Aparência de cor	Temperatura de cor correlata
Quente	Menor que 3.300 K
Intermediária (neutra)	3.300 K a 5.300 K
Fria	Acima de 5.300 K

CIE Nº 008-E Lighting of indoor work places. Second edition, 2002

Tabela 1 – Aparência de cor de lâmpadas conforme a temperatura de cor.

2.4.1.3. Eficiência Luminosa

As lâmpadas se diferenciam entre si só pelos diferentes Fluxos Luminosos que irradiam, mas também pelas diferentes potências que consomem. Para compará-las, é necessário que se saiba quantos lúmens são gerados por watt absorvido, ou seja, a razão entre o fluxo luminoso total emitido Φ e a potência elétrica total P consumida pela mesma. A essa grandeza dá-se o nome de Eficiência Energética.

É útil para averiguarmos se um determinado tipo de lâmpada é mais ou menos eficiente do que outro. A Eficiência Luminosa é um indicador da eficiência do processo de emissão de luz utilizada sob o ponto de vista do aproveitamento energético (SILVA, 2006).

Sendo assim, podemos dizer que a Eficiência Luminosa a relação entre o fluxo luminoso e o fluxo emitido por uma lâmpada e a potência elétrica desta lâmpada.

2.4.1.4. Vida Média

Normalmente especifica-se a “vida média” válida para um lote de lâmpadas, funcionando em períodos contínuos de 3 h, quando 50% do lote está “morto”. Considera-se “morta” a lâmpada que não mais se acende. O fluxo luminoso nominal é o fluxo produzido pela lâmpada depois de ter sido “sazonada”, isto é, tenha funcionado aproximadamente 10% de sua vida provável. O conceito de “vida” é bastante variável conforme os fabricantes e usuários.

2.4.2. Tipos de Lâmpadas

2.4.2.1. Vapor de Sódio

Produzem uma luz monocromática amarela, sem ofuscamento, e são apresentadas como a melhor solução para iluminação em locais onde existe névoa.

As lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão têm um tubo de descarga de óxido de alumínio sintetizado, encapsulado por um bulbo oval de vidro. O tubo de descarga é preenchido por uma amálgama de sódio-mercúrio, além de uma mistura gasosa de neônio e argônio, utilizada para a partida.

As lâmpadas de sódio são produzidas para substituir as lâmpadas vapor de mercúrio diretamente nas potências equivalentes, devendo-se observar que as luminárias não devem causar um excessivo aumento da tensão de arco.

O IRC das lâmpadas a vapor de sódio é em torno de 25, a temperatura de cor é em torno de 2.000K e a vida varia em torno de 16.000 horas, necessitando de reator e ignitor de boa qualidade para operação e ignição confiável, não devendo ser utilizadas com circuitos capacitivos. São usadas em estradas, pontes, viadutos, túneis, aeroportos, etc (LUZ).

2.4.2.2. LED

O Lighting Emitting Diode, diodo emissor de luz ou simplesmente Led é um componente eletrônico semicondutor de estado sólido que tem a característica de transformar a energia elétrica em luz sem a necessidade de utilizar filamentos, eletrodos ou tubos de descarga de gases (PINHO, 2012). O constante desenvolvimento dessa tecnologia nas últimas décadas e o aumento da intensidade luminosa com uma nova geração de Leds, com potência cada vez maior e com maior complexidade de componentes, permitiu que o Led rapidamente deixasse de ser utilizado somente em indicadores de aparelhos em geral e ganhasse novos mercados, tais como a indústria automobilística, os semáforos, os painéis luminosos, a iluminação decorativa e a arquitetura (SILVA, 2006).

As luminárias a Led são atualmente fabricadas com Leds, cujo rendimento é de 90 lm/W, sendo que já estão disponíveis no mercado Leds com rendimento de 160 lm/W. Adicionalmente, as lâmpadas Vapor Metálico e Leds, por emitirem luz com menor comprimento de onda que as Vapor de Sódio de Alta Pressão, alcançam no período noturno, até 36% mais rendimento luminoso que as de sódio, devido à visão humana ter sua curva de sensibilidade à luz deslocada da região escotópica ou diurna (com maior comprimento de onda de luz) para a região mesópica ou noturna (com menor comprimento de onda de luz) (SALES, 2012).

Como o Índice de Reprodução de Cores da Lâmpada Led é maior do que a de Vapor de Sódio de Alta pressão a substituição por LED ficará melhor para este tipo de utilização, pois a imagem vista será mais fiel a original.

2.5. Energia Solar Fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é obtida a partir do efeito fotovoltaico, que é a conversão da luz direta em eletricidade.

O efeito fotovoltaico é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de materiais semicondutores com propriedades específicas, produzida a partir da incidência da luz ou radiação eletromagnética do sol.

Constituídas por materiais semicondutores, as células fotovoltaicas têm isoladamente uma capacidade limitada de produção de energia elétrica, fornecendo um baixo nível de tensão. Assim para atender a demanda de geração tem que fazer associações em série e paralelo formando um painel fotovoltaico.

A figura 7 a seguir mostra a estrutura de uma célula fotovoltaica que é composta por duas camadas de material semicondutor dos tipos P e N, uma grade de coletores metálicos superior e uma base metálica inferior.

A grade metálica e a base metálica inferior são as responsáveis por fazer a coleta da corrente elétrica produzida pela incidência da luz. A base inferior é película de alumínio ou de prata. A parte superior da célula precisa ser translúcida, logo os contatos elétricos são construídos na forma de uma fina grade metálica impressa na célula.

Em uma célula comercial, tem-se ainda uma camada de um material para evitar a reflexão da luz incidida na célula e aumentar a absorção de luz pela célula, normalmente essa camada é de nitreto de silício ou dióxido de titânio.

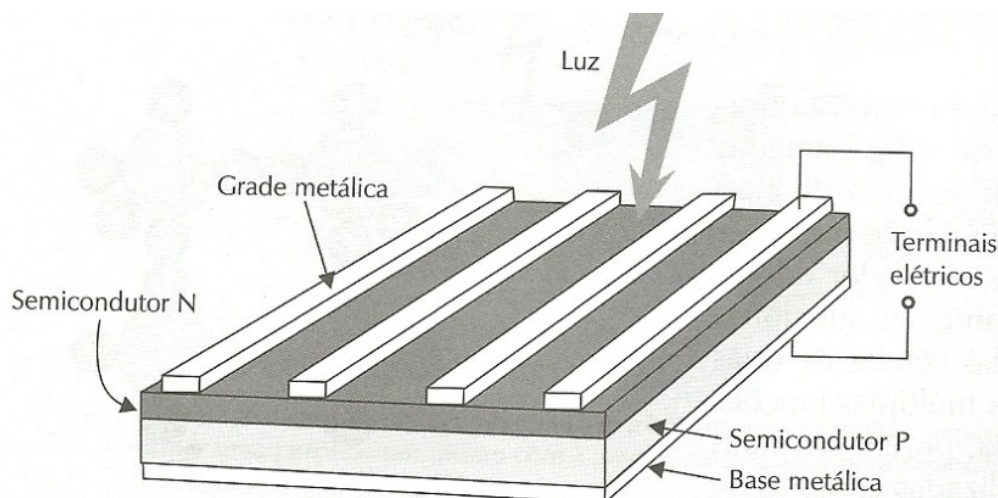


Figura 7 – Estrutura de uma célula fotovoltaica

Na figura 8 tem-se uma célula fotovoltaica comercial, onde pode observar as grades metálicas formadas por um grande conjunto de finos condutores e dois semicondutores principais ligados a eles.

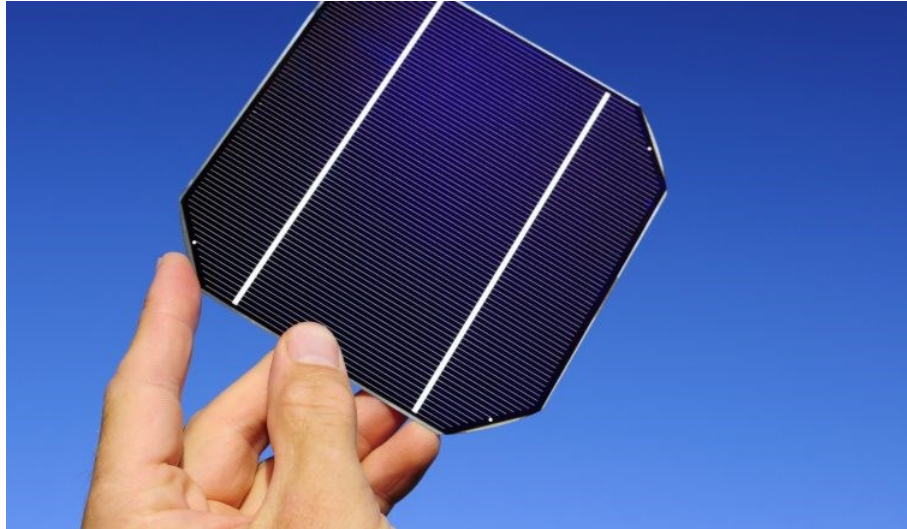


Figura 8 – Célula fotovoltaica comercial

As camadas semicondutoras da célula podem ser fabricadas a partir de vários materiais, mas usualmente utiliza-se o silício. O silício é um material encontrado em grande escala e barato.

3. METODOLOGIA

3.1.Introdução

A determinação da potência absorvida pelo sistema de iluminação deve ser obtida através da realização do cálculo Luminotécnico para todos os ambientes.

Com a realização do cálculo luminotécnico é determinado o número de luminárias e lâmpadas de acordo com o nível de iluminamento exigido para cada local.

Neste caso, as potências elétricas consideradas são resultado da quantidade de lâmpadas exigidas para o local. Um projeto de iluminação pode ser realizado das seguintes maneiras:

- Método dos Lúmens;
- Método Ponto a Ponto.

Neste caso, as potências elétricas consideradas são resultado da quantidade de lâmpadas exigidas para o local. Um projeto de iluminação pode ser realizado das seguintes maneiras:

É importante ressaltar que o método dos lúmens se destina principalmente a projetar a iluminação de recintos fechados, onde a luz refletida por paredes e teto contribui significativamente no iluminamento médio do plano de trabalho. O método ponto a ponto se destina principalmente ao projeto de iluminação de áreas externas, onde a contribuição da luz refletida pode ser desprezada sem ocorrer em erros significativos. Além disso, o método ponto a ponto pode ser utilizado como cálculo verificador de um projeto elaborado pelo método dos lúmens.

3.2.Calculo Luminotécnico

Para iniciar os cálculos deve ser escolhido qual será o tipo de iluminação a ser utilizada no sistema.

3.2.1. Outdoor atualmente

O “Outdoor FrontLight” mais utilizado atualmente tem as seguintes características:

- 28 Lâmpadas Vapor de Sódio de 150 W cada;
- Potência total de 4200 W;
- Consumo em 12 horas 50,4 KWh.

3.2.2. Métodos utilizando Lâmpadas Vapor de Sódio

Será feito uma comparação entre o método ponto a ponto e o método de lúmens utilizando lâmpada vapor de sódio.

- Tamanho Outdoor: a= 24m e b= 12m;
- Lâmpadas: 28 lâmpadas vapor de sódio, 150 W cada;
- Horas de funcionamento: 12 horas/dia.

3.2.2.1. Método dos Lúmens

O método dos lúmens será feito para ver a quantidade necessária de lâmpadas para o sistema, para que possa ter uma iluminação boa.

Temos a formula:

$$n = \frac{ExS}{F_d \times F_u \times F_{fl} \times \emptyset} \quad (3.1)$$

Sendo,

n = número de lâmpadas;

E = iluminamento médio;

S = área (m²);

F_d = Fator de depreciação;

F_u = Fator de utilização;

F_{fl} = Fator de fluxo luminoso;

$\emptyset$ = fluxo luminoso da lâmpada.

Utilizando o software Softflux da Itaim, consegue-se coletar os dados da luminária para a lâmpada da Osram de 400 W. Como mostra na figura 9.

Modelo	Código	Especificação técnica						
Tipo de luminária		temperado transparente. Possui alojamento para equipamento auxiliar no corpo da luminária. Necessita reator eletromagnético.						
Externo								
Tipo de lâmpada	Tipo de instalação	Aplicação: Projetor para aplicação externa, usado para valorização de fachadas, monumentos, comunicação visual, vias transitórias. Iluminação concentrada de destaque proporcionando uma iluminação geral.						
1xHIT 400W								
<table border="1"> <tr> <th>Modelo</th> <th>Código</th> </tr> <tr> <td>Apiay-A 1xHIT 400W</td> <td>81501A3310</td> </tr> <tr> <td>Apiay-S 1xHIT 400W</td> <td>81491A3310</td> </tr> </table>		Modelo	Código	Apiay-A 1xHIT 400W	81501A3310	Apiay-S 1xHIT 400W	81491A3310	Foto Desenho Fotometria Luminância Fator Utilização Fluxo Zonal
Modelo	Código							
Apiay-A 1xHIT 400W	81501A3310							
Apiay-S 1xHIT 400W	81491A3310							
<table border="1"> <tr> <th>Fluxo luminoso</th> <th>Fator de reator</th> </tr> <tr> <td>26637</td> <td>1,00</td> </tr> </table>		Fluxo luminoso	Fator de reator	26637	1,00			
Fluxo luminoso	Fator de reator							
26637	1,00							
		Cancelar Anterior Próximo						

Figura 9 – Luminária Itaim Apiay A

A luminária escolhida tem as seguintes características:

Foto	Desenho	Fotometria	Luminância	Fator Utilização	Fluxo Zonal																																																																																																																																												
<table border="1"> <tr> <th>TETO (%)</th> <th colspan="3">70</th> <th colspan="3">50</th> <th colspan="2">30</th> <th>0</th> </tr> <tr> <th>PAREDE (%)</th> <td>50</td> <td>30</td> <td>10</td> <td>50</td> <td>30</td> <td>10</td> <td>30</td> <td>10</td> <td>0</td> </tr> <tr> <th>PISO (%)</th> <td colspan="3">10</td> <td colspan="3">10</td> <td colspan="2">10</td> <td>0</td> </tr> <tr> <th>Kr</th> <th colspan="9">FATOR DE UTILIZACAO (X 0.01)</th> </tr> <tr> <td>0.60</td> <td>34</td> <td>29</td> <td>26</td> <td>34</td> <td>29</td> <td>26</td> <td>29</td> <td>26</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>0.80</td> <td>42</td> <td>37</td> <td>33</td> <td>41</td> <td>36</td> <td>33</td> <td>36</td> <td>33</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>1.00</td> <td>47</td> <td>43</td> <td>39</td> <td>46</td> <td>42</td> <td>39</td> <td>42</td> <td>39</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>1.25</td> <td>53</td> <td>48</td> <td>45</td> <td>51</td> <td>48</td> <td>44</td> <td>47</td> <td>44</td> <td>43</td> </tr> <tr> <td>1.50</td> <td>56</td> <td>52</td> <td>49</td> <td>55</td> <td>51</td> <td>49</td> <td>51</td> <td>48</td> <td>47</td> </tr> <tr> <td>2.00</td> <td>61</td> <td>58</td> <td>55</td> <td>60</td> <td>57</td> <td>55</td> <td>56</td> <td>54</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>2.50</td> <td>65</td> <td>62</td> <td>59</td> <td>63</td> <td>61</td> <td>59</td> <td>60</td> <td>58</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>3.00</td> <td>67</td> <td>64</td> <td>62</td> <td>65</td> <td>63</td> <td>61</td> <td>62</td> <td>61</td> <td>59</td> </tr> <tr> <td>4.00</td> <td>69</td> <td>67</td> <td>65</td> <td>68</td> <td>66</td> <td>65</td> <td>65</td> <td>64</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>5.00</td> <td>71</td> <td>69</td> <td>68</td> <td>69</td> <td>68</td> <td>66</td> <td>66</td> <td>65</td> <td>64</td> </tr> </table>						TETO (%)	70			50			30		0	PAREDE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0	PISO (%)	10			10			10		0	Kr	FATOR DE UTILIZACAO (X 0.01)									0.60	34	29	26	34	29	26	29	26	24	0.80	42	37	33	41	36	33	36	33	31	1.00	47	43	39	46	42	39	42	39	37	1.25	53	48	45	51	48	44	47	44	43	1.50	56	52	49	55	51	49	51	48	47	2.00	61	58	55	60	57	55	56	54	53	2.50	65	62	59	63	61	59	60	58	56	3.00	67	64	62	65	63	61	62	61	59	4.00	69	67	65	68	66	65	65	64	62	5.00	71	69	68	69	68	66	66	65	64
TETO (%)	70			50			30		0																																																																																																																																								
PAREDE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0																																																																																																																																								
PISO (%)	10			10			10		0																																																																																																																																								
Kr	FATOR DE UTILIZACAO (X 0.01)																																																																																																																																																
0.60	34	29	26	34	29	26	29	26	24																																																																																																																																								
0.80	42	37	33	41	36	33	36	33	31																																																																																																																																								
1.00	47	43	39	46	42	39	42	39	37																																																																																																																																								
1.25	53	48	45	51	48	44	47	44	43																																																																																																																																								
1.50	56	52	49	55	51	49	51	48	47																																																																																																																																								
2.00	61	58	55	60	57	55	56	54	53																																																																																																																																								
2.50	65	62	59	63	61	59	60	58	56																																																																																																																																								
3.00	67	64	62	65	63	61	62	61	59																																																																																																																																								
4.00	69	67	65	68	66	65	65	64	62																																																																																																																																								
5.00	71	69	68	69	68	66	66	65	64																																																																																																																																								
☒ Método Internacional CIE ☐ Método Americano IESNA																																																																																																																																																	

Figura 10 – Fator de Utilização da Luminária

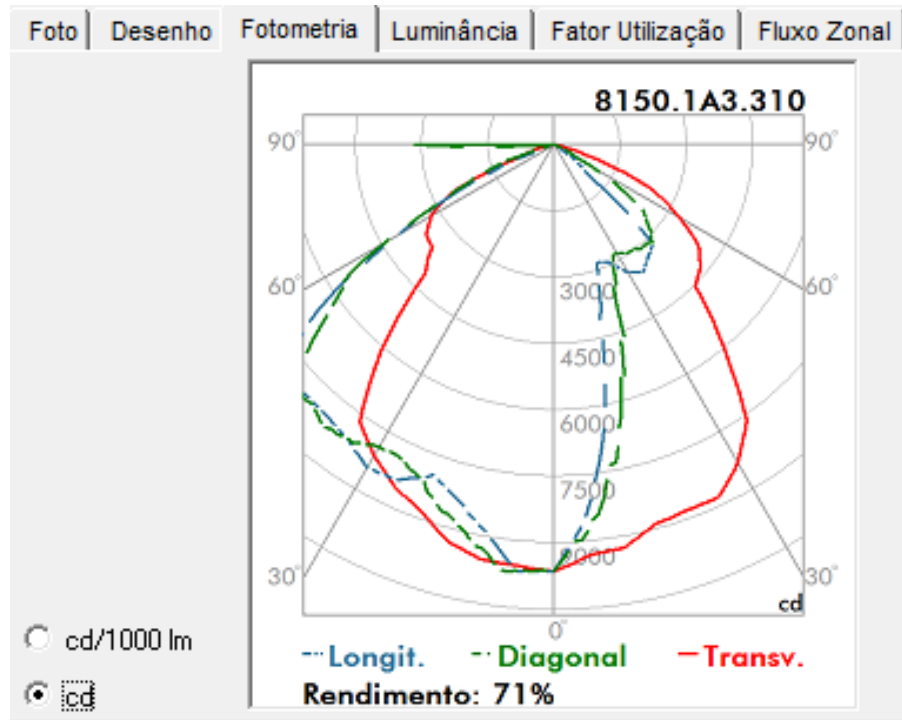


Figura 11 – Fluxo Luminoso Luminária

Antes de calcular o número de lâmpadas que serão necessárias, temos que achar as incógnitas da equação. Primeiro será calculado o fator K, que é utilizado para encontrar o fator de utilização.

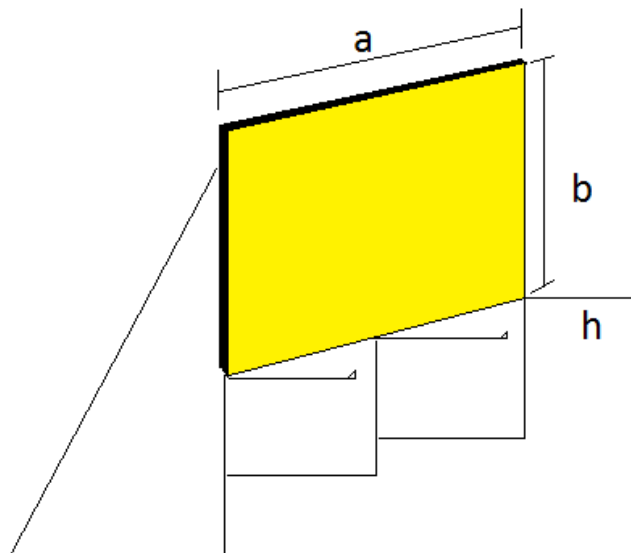


Figura 12 – Outdoor com indicações de medidas

$$K = \frac{a.b}{h.(a+b)} = \frac{24.12}{1,5.(24+12)} = 5,33 \quad (3.2)$$

Onde,

K= Índice de Recinto;

a= Comprimento;

b = Largura;

h = Altura da luminária ao plano de trabalho;

Com o valor obtido pelo cálculo, agora tem que olhar na tabela de fator de utilização dado pelo software da Itaim. Considerando Piso, parede e teto escuros, temos um fator de utilização (F_u) de 0,65.

Ambiente	Período de Manutenção		
	2.500 h	5.000 h	7.500 h
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

Tabela 2 – Fator de Depreciação

Para obtermos a Iluminância (E), foram consultadas normas técnicas, tendo como resultado o valor de E=1000 lux.

Com todos os parâmetros obtidos voltamos para equação 3.1, para obtermos a quantidade de lâmpadas necessárias.

$$n = \frac{E.S}{F_d.F_u.F_{fl}.\Phi} = \frac{1000.24.12}{0,65.0,66.1.48000} = 13,98$$

Portanto pelo método dos Lúmens obtivemos este resultado:

- 14 Lâmpadas Vapor de Sódio de 150 W cada;

- Potência total de 2100 W;
- Consumo em 12 horas 25,2 kWh.

3.2.2.2. Método Ponto a Ponto

O método ponto a ponto se destina a calcular principalmente projetos de iluminação de áreas externas, onde a contribuição da luz refletida pode ser desprezada sem acontecer erros significativos. Foi feito o método dos lúmens somente para se obter uma base, pois o correto para este tipo de sistema utilizar o método ponto a ponto. A iluminação a ser utilizada no projeto será o resultado por este método.

Será utilizado o software Dialux evo para encontrar o iluminamento através do método ponto a ponto. Cujos resultados será mostrado a seguir:

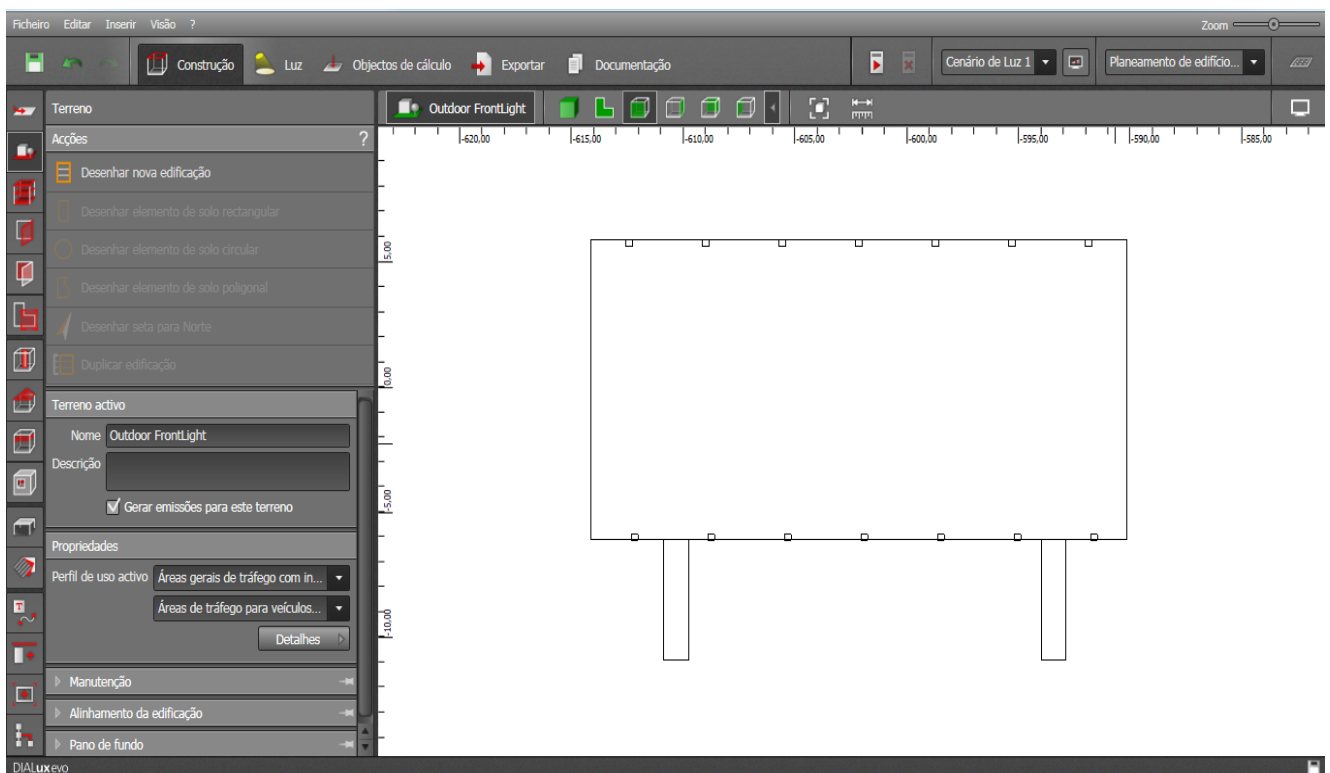


Figura 13 – Visão Frontal da Distribuição de Luminárias no Dialux evo

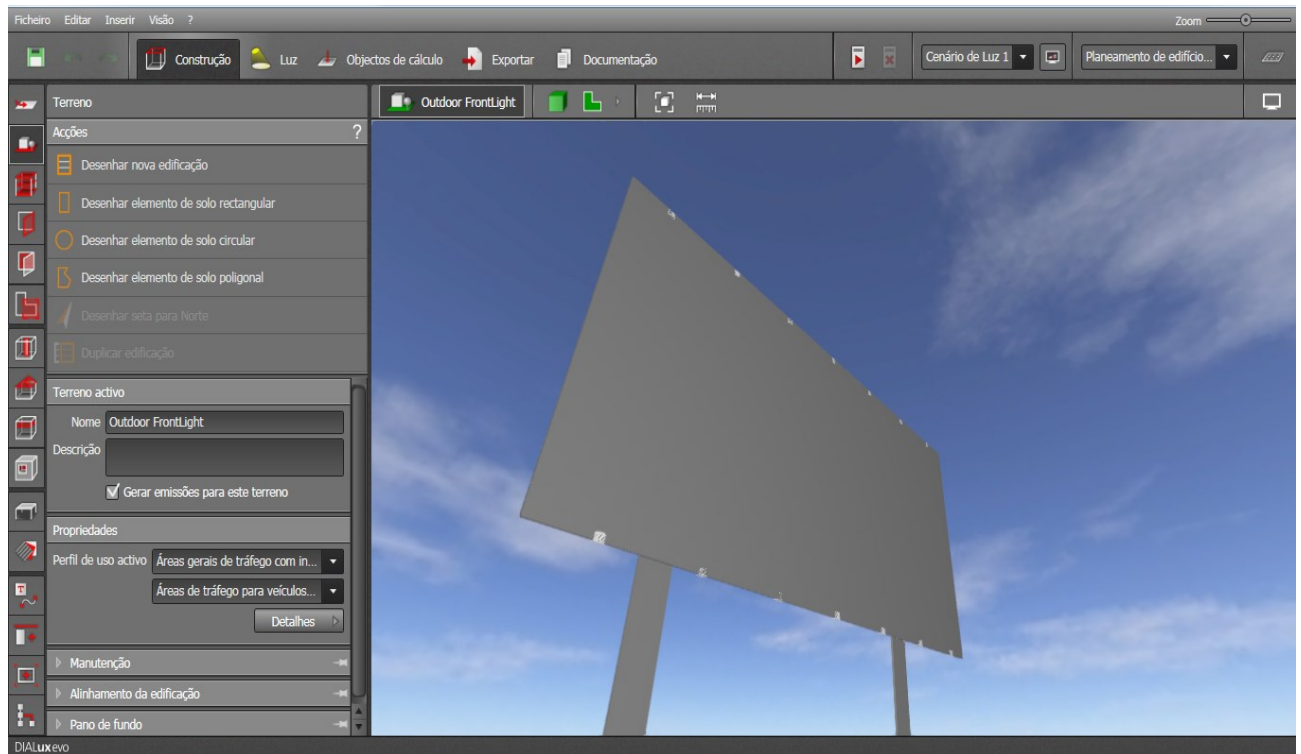


Figura 14 – Visualização 3D distribuição de luminárias no Dialux evo

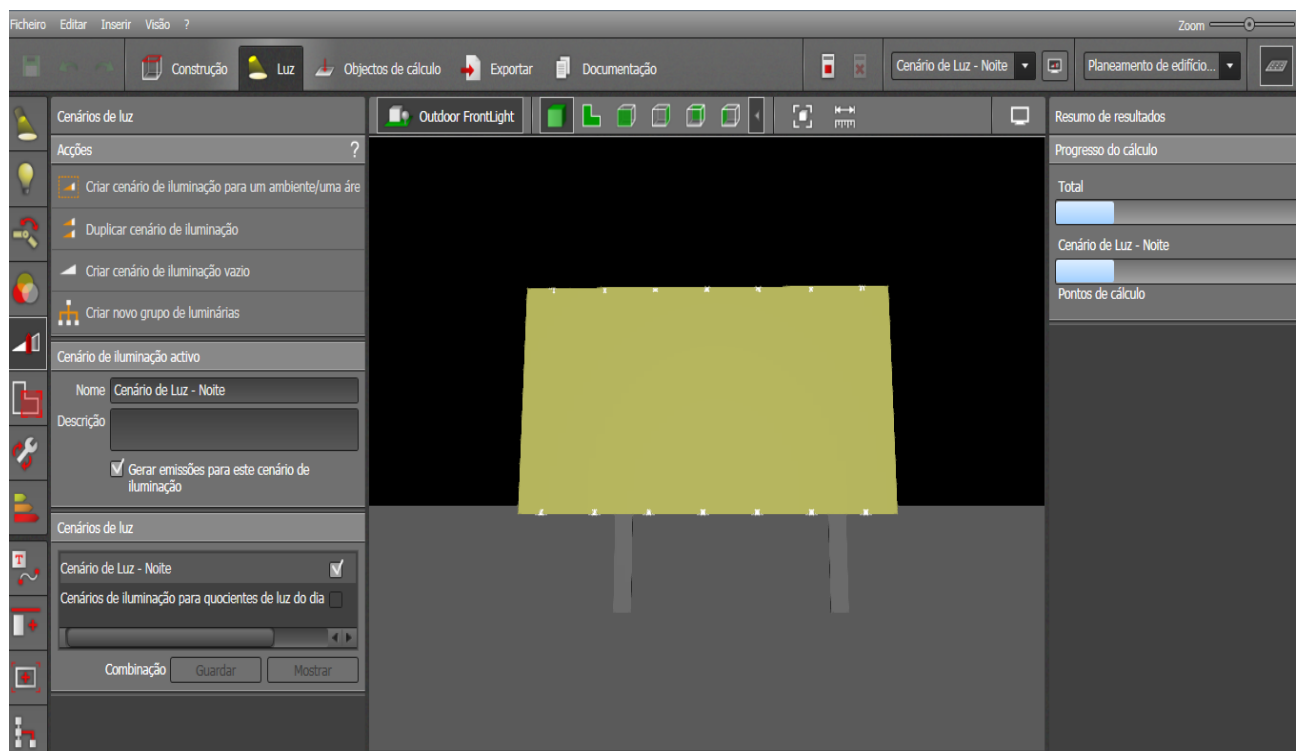


Figura 15 – Visualização 3D do Outdoor no Dialux evo

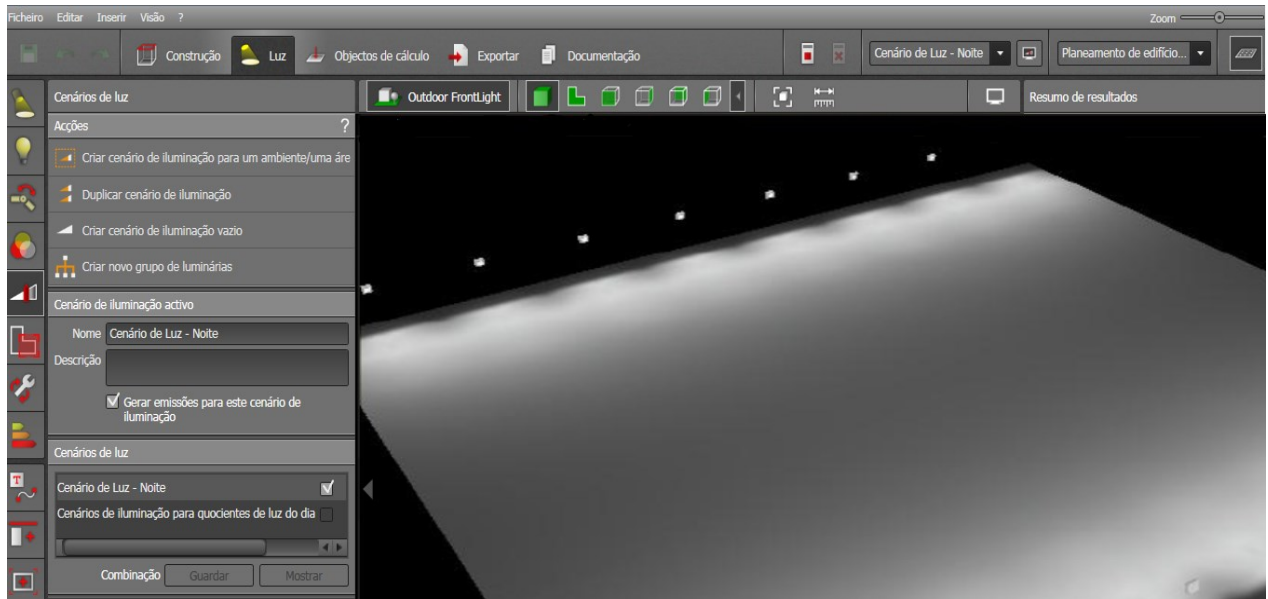


Figura 16 - Simulação Iluminação Vapor de Sódio do Outdoor no Dialux evo

A simulação do outdoor via Dialux evo, obteve-se o resultado de 14 lâmpadas para ter um iluminamento adequado, para que a imagem seja transmitida de uma forma regular e que não prejudique na divulgação pelo período noturno.

Portanto pelo método Ponto a Ponto obtivemos este resultado:

- 14 Lâmpadas Vapor de Sódio de 150 W cada, 48000 lm cada;
- Potência total de 2100 W;
- Consumo em 12 horas 25,2 kWh.

3.2.3. Métodos utilizando lâmpadas LED

3.2.3.1. Método dos Lúmens

O método dos lúmens será feito para ver a quantidade necessária de lâmpadas LED para o sistema, para que possa ter uma iluminação boa.

Como foi calculado para a lâmpada a vapor de sódio, já temos o fator $K=5,33$. Agora já pode calcular o número de lâmpadas necessárias.

$$n = \frac{E \cdot S}{F_d \cdot F_u \cdot F_{fl} \cdot \phi} = \frac{1000 \cdot 24 \cdot 12}{0,65 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 30000} = 22$$

Portanto pelo método dos Lúmens obtivemos este resultado:

- 22 Lâmpadas LED de 60 W cada;
- Potência total de 1320 W;
- Consumo em 12 horas 15,840 kWh.

3.2.3.2. Método Ponto a Ponto

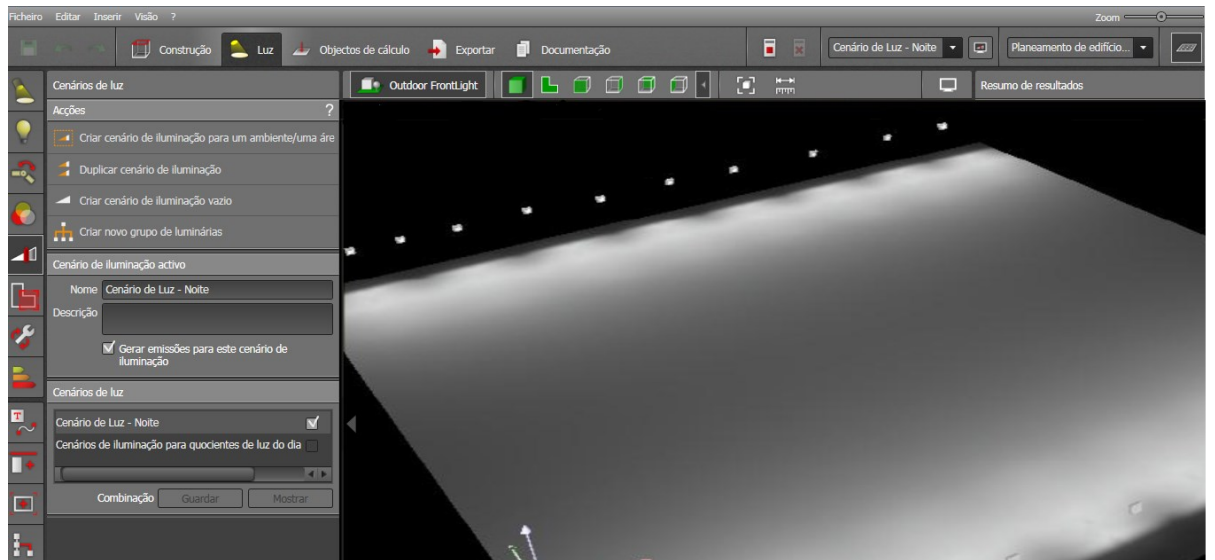


Figura 17 - Simulação Iluminação LED do Outdoor no Dialux evo

A simulação do outdoor via Dialux evo, obteve-se o resultado de 20 lâmpadas LED para ter um iluminamento adequado, para que a imagem seja transmitida de uma forma regular e que não prejudique na divulgação pelo período noturno.

Portanto pelo método Ponto a Ponto obtivemos este resultado:

- 20 Lâmpadas LED de 60 W cada;
- Potência total de 1200 W;
- Consumo em 12 horas 14,4 kWh.

3.3. Sistema Fotovoltaico

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em três categorias principais, são eles híbridos, isolados ou conectados à rede. A utilização de cada uma dessas vai depender da característica da instalação. Se o sistema fotovoltaico for instalado em um local de difícil acesso a rede de energia pode-se fazer um sistema isolado ou híbrido que este se utiliza um

conjunto a diesel para suprir a carga juntamente com o sistema fotovoltaico e se for a um local que tenha acesso a energia pela rede da concessionaria pode-se montar um sistema “On Grid”, que atualmente pode haver compensação do consumido pelo gerado.

Neste caso será utilizado o sistema isolado da rede, tendo o seguinte esquema.

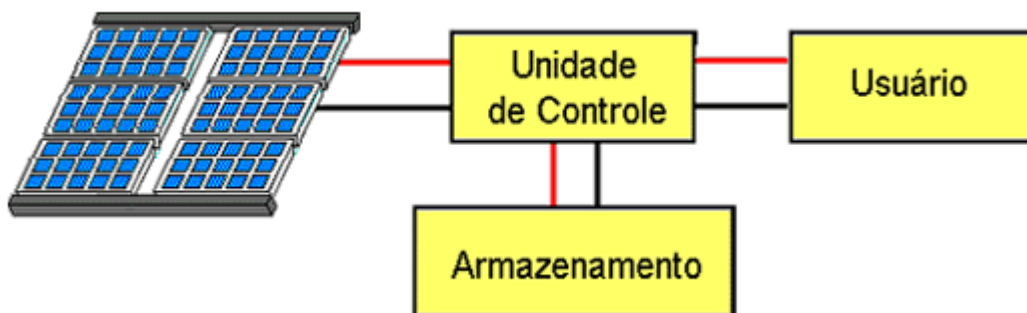


Figura 18 – Esquema básico sistema fotovoltaico.

Para montar a instalação com alimentação de energia fotovoltaica e isolado da rede, tem que ter um sistema de armazenamento que são as baterias estacionárias, pois a utilização deste sistema será no momento em que não tiver luz solar. Primeiramente tem que ver a qual será a potência que irá ser suprida pelo sistema.

3.3.1. Sistema Lâmpada Vapor de Sódio

No primeiro caso temos sistema de 14 lâmpadas de sódio de 150 w cada, calculando o consumo médio pela equação abaixo.

$$E_c = P.T \quad (3.3)$$

Sendo,

E_c =Energia Consumida;

P= Potência Nominal do equipamento [W];

T=Tempo de uso em horas [h];

$$E_c = 14 \times 150 \times 12 = 25.200 \text{ Wh}$$

Irá utilizar o painel da Canadian Solar de 325 W. Para calcular a energia produzida pelos painéis será necessário fazer alguns cálculos. Consideramos 6 horas de sol pleno.

Utilizando o método da corrente máxima do módulo, Temos a seguinte fórmula:

$$P_m = I_{sc} \times V_{bat} \quad (3.4)$$

Sendo,

P_m = Potência do módulo [w];

I_{sc} = Corrente de curto-circuito do módulo [A];

V_{bat} = Tensão do banco de baterias.

Pelo catálogo do painel temos:

$$P_m = 9,34 \times 48 = 448 \text{ w}$$

A energia produzida diariamente pelo módulo é:

$$E_p = P_m \times H_s \quad (3.5)$$

Sendo,

P_m = Potência do módulo [w];

E_p = Energia produzida pelo módulo diariamente [Wh];

H_s = Horas diárias de insolação [horas].

$$E_p = 448 \times 6 = 2689 \text{ Wh}$$

O número total de módulos necessários no sistema é calculado por:

$$N = \frac{E_c}{E_p} \quad (3.6)$$

Sendo:

N = Número de módulos empregados no sistema;

E_c = Energia diária consumida no sistema [Wh];

E_p = Energia diária produzida por cada módulo.

$$N = \frac{25200}{2689} = 10 \text{ módulos}$$

Agora partimos para o dimensionamento do banco de baterias, o dimensionamento das mesmas inicia-se a partir do valor da energia que precisa ser armazenada, que depende da energia demanda pelo consumidor, neste caso a carga será a iluminação do outdoor.

O número de baterias em série pode ser determinado pela fórmula:

$$N_{BS} = \frac{V_{Banco}}{V_{Bat}} \quad (3.7)$$

Sendo:

N_{BS} = Número de baterias ligadas em série;

V_{Banco} = Tensão do banco de baterias [V];

V_{Bat} = Tensão da bateria Utilizada [V]

$$N_{BS} = \frac{48}{12} = 4 \text{ baterias}$$

A capacidade do banco de baterias é determinada pela fórmula:

$$C_{Banco} = \frac{E_A}{\frac{V_{Banco}}{P_D}} \quad (3.8)$$

Sendo:

C_{Banco} = Capacidade de carga do banco de baterias [Ah];

E_A = Energia armazenada no banco [Wh];

V_{Banco} = Tensão do banco de baterias [V];

P_D = Profundidade de Descarga.

Considerando algum dia que não terá 6 horas de sol pleno, consideramos a energia armazenada no banco mais que o consumo diário da iluminação. Consideremos 30000 wh.

$$C_{Banco} = \frac{30000}{\frac{48}{0,2}} = 3125Ah$$

Considerando o uso de baterias de 185 Ah, determinamos o número de conjuntos de baterias conectados em paralelo:

$$N_{BP} = \frac{C_{Banco}}{C_{Bat}} \quad (3.9)$$

Sendo:

N_{BP} = Número de conjuntos de baterias ligadas em paralelo;

C_{Banco} = Capacidade de carga do banco de baterias [Ah];

C_{Bat} = Capacidade de carga de cada bateria [Ah].

$$N_{BP} = \frac{3125}{185} = 16$$

Depois de dimensionar o conjunto de módulos fotovoltaicos e o banco de baterias, a próxima etapa é escolher o modelo do controlador de carga empregado no sistema.

A especificação do controlador de carga leva em conta dois parâmetros, sendo a tensão de operação e a corrente elétrica fornecida pelos módulos.

A corrente fornecida por cada módulo CS6U-325, de acordo com a folha de dados do fabricante, é a corrente de curto-circuito na condição de STC, que vale 9,34 A.

O conjunto de 10 módulos fotovoltaicos neste caso 2 módulos em 5 conjuntos em paralelo, o que resulta em uma corrente máxima de $5 \times 9,34 = 46,7$ A.

A corrente máxima fornecida pelos módulos pode ser corrigida com um fator de segurança de 30%, para garantir que a corrente máxima do controlador especificado não será excedida em nenhuma hipótese. Neste caso, a corrente máxima de projeto será $46,7 \times 1,3 = 60,71$ A.

O controlador de carga empregado nesse sistema deve operar na tensão de 48 V e suportar 60,71 A. Buscando catálogos encontramos um controlador da Xantrex de 48 V e corrente máxima de 85 A.

O inversor de Frequência é escolhido de acordo com as tensões de entrada e saída especificadas no sistema e deve suportar a potência total do sistema que será alimentado.

O sistema resultante será:

- 10 Módulos Fotovoltaicos CS6U-325;
- 64 Baterias DF3000;
- Controlador de Carga de 48 V /85 A;
- Um Inversor 48 VCC / 230 VCA.

3.3.2. Sistema LED

No Segundo caso temos sistema de 20 lâmpadas de LED de 60 w cada, calculando o consumo médio pela equação abaixo.

$$E_c = P.T \quad (3.3)$$

Sendo,

C_m =Energia Consumida;

P_e = Potência Nominal do equipamento [w];

T=Tempo de uso em horas [h];

$$E_c = 20 \times 60 \times 12 = 14400wh$$

Irá utilizar o painel da Canadian Solar de 325 W. Para calcular a energia produzida pelos painéis será necessário fazer alguns cálculos. Consideramos 6 horas de sol pleno.

Utilizando o método da corrente máxima do módulo, Temos a seguinte fórmula:

$$P_m = I_{sc} \times V_{bat} \quad (3.4)$$

Sendo,

P_m = Potência do módulo [w];

I_{sc} = Corrente de curto-circuito do módulo [A];

V_{bat} = Tensão do banco de baterias.

Pelo catálogo do painel temos:

$$P_m = 9,34 \times 48 = 448 w$$

A energia produzida diariamente pelo módulo é:

$$E_p = P_m \times H_s \quad (3.5)$$

Sendo,

P_m = Potência do módulo [W];

E_p = Energia produzida pelo módulo diariamente [Wh];

H_s = Horas diárias de insolação [horas].

$$E_p = 448 \times 6 = 2688 Wh$$

O número total de módulos necessários no sistema é calculado por:

$$N = \frac{E_c}{E_p} \quad (3.6)$$

Sendo:

N = Número de módulos empregados no sistema;

E_c = Energia diária consumida no sistema [Wh];

E_p = Energia diária produzida por cada módulo.

$$N = \frac{14400}{2688} = 6 \text{ módulos}$$

Agora partimos para o dimensionamento do banco de baterias, o dimensionamento das mesmas inicia-se a partir do valor da energia que precisa ser armazenada, que depende da energia demanda pelo consumidor, neste caso a carga será a iluminação do outdoor.

O número de baterias em série pode ser determinado pela fórmula:

$$N_{BS} = \frac{V_{Banco}}{V_{Bat}} \quad (3.7)$$

Sendo:

N_{BS} = Número de baterias ligadas em série;

V_{Banco} = Tensão do banco de baterias [V];

V_{Bat} = Tensão da bateria Utilizada [V]

$$N_{BS} = \frac{48}{12} = 4 \text{ baterias}$$

A capacidade do banco de baterias é determinada pela fórmula:

$$C_{Banco} = \frac{E_A}{\frac{V_{Banco}}{P_D}} \quad (3.8)$$

Sendo:

C_{Banco} = Capacidade de carga do banco de baterias [Ah];

E_A = Energia armazenada no banco [Wh];

V_{Banco} = Tensão do banco de baterias [V];

P_D = Profundidade de Descarga.

Considerando algum dia que não terá 6 horas de sol pleno, consideramos a energia armazenada no banco mais que o consumo diário da iluminação. Consideremos 15000 wh.

$$C_{Banco} = \frac{15000}{\frac{48}{0,2}} = 1562 Ah$$

Considerando o uso de baterias de 185 Ah, determinamos o número de conjuntos de baterias conectados em paralelo:

$$N_{BP} = \frac{C_{Banco}}{C_{Bat}} \quad (3.9)$$

Sendo:

N_{BP} = Número de conjuntos de baterias ligadas em paralelo;

C_{Banco} = Capacidade de carga do banco de baterias [Ah];

C_{Bat} = Capacidade de carga de cada bateria [Ah].

$$N_{BP} = \frac{1562}{185} = 9$$

Depois de dimensionar o conjunto de módulos fotovoltaicos e o banco de baterias, a próxima etapa é escolher o modelo do controlador de carga empregado no sistema.

A especificação do controlador de carga leva em conta dois parâmetros, sendo a tensão de operação e a corrente elétrica fornecida pelos módulos.

A corrente fornecida por cada módulo CS6U-325, de acordo com a folha de dados do fabricante, é a corrente de curto-circuito na condição de STC, que vale 9,34 A.

O conjunto de 6 módulos fotovoltaicos neste caso 2 módulos em série e 3 conjuntos em paralelo, o que resulta em uma corrente máxima de $3 \times 9,34 = 28,02$ A.

A corrente máxima fornecida pelos módulos pode ser corrigida com um fator de segurança de 30%, para garantir que a corrente máxima do controlador especificado não será excedida em nenhuma hipótese. Neste caso, a corrente máxima de projeto será $28,02 \times 1,3 = 36,42$ A.

O controlador de carga empregado nesse sistema deve operar na tensão de 48 V e suportar 36,42 A. Buscando catálogos encontramos um controlador da Xantrex de 48 V e corrente máxima de 85 A.

O inversor de Frequência é escolhido de acordo com as tensões de entrada e saída especificadas no sistema e deve suportar a potência total do sistema que será alimentado.

O sistema resultante será:

- 6 Módulos Fotovoltaicos CS6U-325;
- 36 Baterias DF3000;
- Controlador de Carga de 48 V /85 A;
- Um Inversor 48 VCC / 230 VCA.

4. RESULTADOS

4.1.Introdução

Este capítulo apresenta a comparação do sistema atual de iluminação e aplicando os métodos ponto a ponto e o de lúmens, sendo que o melhor para iluminação externa é o ponto a ponto.

E também será mostrado apresenta a comparação entre os sistemas sem utilização de um sistema fotovoltaico alimentando um “Outdoor”.

Serão mostrados os cálculos de economia em relação ao tipo de lâmpada e o método utilizado. Podendo verificar as vantagens e desvantagem ao se utilizar cada método.

4.2.Comparação Iluminação

Os resultados obtidos vistos na tabela 3 abaixo foram calculados utilizando a lâmpada vapor de sódio, podemos observar que para lâmpadas de vapor de sódio temos uma economia considerável reduzindo o consumo para quase metade tendo uma economia de R\$619,00 considerando um consumidor convencional, pois esta em baixa tensão e uma tarifa de R\$0,43.

Método	Consumo [kwh/mês]	Quantidade	Potência Total [w]	Consumo [R\$]	Vida Útil [h]
Atualmente	1512,00	28	24x150=3600	650,43	28000
Lúmens	756,00	14	14x150=2100	325,08	28000
Ponto a Ponto	756,00	14	14x150=2100	325,08	28000
Economia	756,00	10	1500	619,20	

Tabela 3: Comparação Métodos

Verificamos que a iluminação atual esta superdimensionada. Podendo ter um resultado que tenha uma ótima visibilidade e com um número reduzido de lâmpadas.

Método	Consumo [kwh/mês]	Quantidade	Potência Total [w]	Consumo[R\$]	Vida Util [h]
Atualmente	1512,00	28	24x150=3600	1486,08	20000
Ponto a Ponto Vapor	756,00	14	14x150=2100	325,08	20000
Ponto a Ponto LED	432,00	20	20x60=1200	185,76	50000
Economia	1584,00	4	1500	1300,32	30000

Tabela 4: Comparação LED e Vapor de Sódio

Os resultados obtidos e mostrados na tabela 4 acima foram calculados utilizando a lâmpada vapor de sódio no método ponto a ponto e depois substituindo a iluminação pela lâmpada de LED foi feita uma nova simulação tendo que o resultado mostrou que serão necessárias apenas 20 lâmpadas LED, fazendo cálculos temos que com a substituição por lâmpadas LED tem-se uma redução expressiva, uma economia mensal de R\$1300,32, foi considerando um consumidor convencional, pois esta em baixa tensão e uma tarifa de R\$0,43.

Considerando a vida útil das lâmpadas, a LED tem uma vida útil de 50000 horas e a vapor de sódio somente 20000 horas, podemos observar que a LED tem mais que o dobro de horas de funcionamento médio, sendo que um sistema com a utilização de LED terá um tempo maior para que seja necessária uma manutenção na iluminação do outdoor, sendo outro ponto de economia.

4.3.Custos de implantação Iluminação

Considerando que o valor atual aproximado da lâmpada vapor de sódio mais a luminária são em torno de R\$160,00 e o do Refletor LED 129,00, com estes dados temos a tabela 5 de valores gastos para fazer a instalação da iluminação no outdoor.

Método	Quantidade	Valor Unitário [R\$]	Total [R\$]
Atualmente	28	160,00	4480,00
Ponto a Ponto Vapor	14	160,00	2240,00
Ponto a Ponto LED	20	129,00	2580,00
Economia	8	31,00	1900,00

Tabela 5: Custos Implantação

Com a utilização da lâmpada LED, o sistema ficará mais caro que com vapor de sódio utilizando o método ponto a ponto, mas observamos que o tempo de vida útil da lâmpada LED é mais que o dobro da vapor de sódio, sendo assim necessário fazer os cálculos para verificar a viabilidade da troca por LED.

Método	Quantidade	Valor Unitário [R\$]	Total [R\$]	Vida útil [h]	Vida útil [anos]	Em 10 Anos [R\$]
Atualmente	24	160,00	3840	20000	4,6	7680
Ponto a Ponto Vapor	14	160,00	2240	20000	4,6	4480
Ponto a Ponto LED	20	129,00	2580	50000	11,5	2580

Tabela 6: Vida Útil

Pela tabela 6, podemos observar que em aproximadamente 4,6 começará a queimar as lâmpadas vapor de sódio, sendo necessária a troca, se observarmos em relação à LED que dentro de seu funcionamento normal de 12h por dia, somente após 11 anos será necessária a troca, utilizando a LED iremos ter economia de mão de obra, pois o tempo para que seja necessária fazer manutenção será prazo maior. E ainda observamos que em 10 anos gastarei muito mais com a lâmpada a vapor. Mesmo que o investimento para a lâmpada LED é maior, mas com o tempo se paga e ainda gera economia, pois o seu consumo de energia será menor.

4.4.Custos Implantação Sistema Fotovoltaico

Paras calcular o gasto de implantação do sistema fotovoltaico, primeiro tem que saber quantos painéis serão necessários para suprir toda potência demandada na iluminação, depois o número de baterias para armazenar a energia produzida durante o período de sol e utilizada durante o período noturno, também temos que ter um controlador de carga e um inversor de frequência.

Método	Quantidade	Painéis [R\$]	Baterias [R\$]	Inversor [R\$]	Controlador [R\$]	Total [R\$]
Ponto a Ponto Vapor	14	10x805= 8050	64x1199= 76736	14175	829	99790,00
Ponto a Ponto LED	20	6x805=4830	36x1199=43164	14175	829	62998,00
Economia	4	3220	4400			36792,00

Tabela 7: Quantidade de Materiais

Verifica-se que no sistema que utiliza lâmpada de vapor de sódio o consumo é bem maior e o custo para implantação do sistema é bem maior.

4.5.Payback

Método	Custo Fotovoltaico 25 anos [R\$]	Custo Energia 25 anos[R\$]
Ponto a Ponto Vapor	251790	260064,00
Ponto a Ponto LED	125000	129600,00
Economia	126790	130464,00

Tabela 7: Payback

Considerando que o fornecedor do painel da garantia de 25 anos, e durante esses 25 anos fosse preciso trocar as baterias pelo menos mais 3 vezes, observamos que o sistema fotovoltaico é um pouco mais vantajoso que o sistema utilizando a rede da concessionária.

5. CONCLUSÃO

Com o objetivo de implantar um sistema fotovoltaico para geração de energia a ser utilizada na iluminação de “Outdoors” e tendo em vista uma redução no consumo de energia elétrica, foi possível concluir que atualmente a quantidade de lâmpadas utilizadas para a iluminação é muito alta quando analisada pelo método de Ponto a Ponto.

O sistema de iluminação de “Outdoor” alimentado com energia convencional é a mais viável utilizando lâmpadas LED, uma vez que o consumo final de energia mais os equipamentos de instalação para o tempo total de sua vida útil (70000 horas) é 50% mais barato quando comparado com o mesmo sistema utilizando lâmpadas vapor de sódio. Deve-se levar em conta que lâmpadas LED esta em alta e desperta maior curiosidade nas pessoas, o que é ideal para o marketing.

Tendo como objetivo a redução do consumo a empresa além de trocar lâmpadas a vapor de sódio poderá optar também pela redução do horário de iluminação que hoje é 12 horas durante a noite para 9 horas com o horário de funcionamento entre as 19h00min horas e 04h00min horas, o que reduz em 3 horas por dia que é um valor considerável ao final do mês. Com a análise de custo dos equipamentos de iluminação com o consumo de energia convencional, comparado com equipamentos de iluminação do sistema fotovoltaico, tem-se que o custo final do sistema fotovoltaico é mais caro que o sistema com energia convencional, mas com o tempo o sistema irá se pagando e também os equipamentos estão se tornando mais viáveis.

Com a implantação do sistema fotovoltaico a empresa pode revisar o contrato de energia junto a CEMIG ou mesmo aplicar essa economia de energia em novos projetos de expansão.

O sistema fotovoltaico apesar de ser mais caro que o sistema alimentado por energia convencional tem como objetivo a geração de energia elétrica aliada as seguintes vantagens: simplicidade de instalação facilidade de expansão, elevado grau de confiabilidade do sistema, redução das perdas por transmissão de energia devido à proximidade entre geração e consumo e pouca necessidade de manutenção. Além disso, os sistemas fotovoltaicos são fontes silenciosas e não poluentes de geração de energia elétrica e promovem um alto grau de mobilidade de instalação em lugares de difícil acesso, promovendo a viabilidade de implantação dos “Outdoors” em rodovias.

A junção de vários fatores como: O aumento na produção de painéis fotovoltaicos levando a uma progressiva redução de custos de sua produção, o aumento no custo e saturação da energia convencional gerada pelas fontes tradicionais, como combustíveis fósseis e hidrelétricas, maior incentivo governamental em pesquisas com redução no consumo de lâmpadas LED e o impacto ambiental, fazem com que os sistemas baseados em painéis fotovoltaicos com a aplicação de lâmpadas LED sejam, em um futuro bem próximo, mais vantajoso que os sistemas baseados em energia convencional com aplicação de lâmpadas de vapor de sódio.

6. REFERÊNCIAS

LUZ, M.J. **Luminotécnica**. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/Luminotecnica.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2017.

SILVA, S.F.P. **Lâmpadas Elétricas e Luminotécnica**. 2006. Apostila disciplina de instalações elétricas – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2006.

MOREIRA, Vinicius de Araújo. **Iluminação elétrica**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1999.

PINHO, Rinaldo Caldeira. et al. **Sistemas de iluminação**. O Setor Elétrico. São Paulo, ano 6, v. 72, n. 1, jan. 2012. Disponível em: <<https://www.osetoelettrico.com.br/category/fasciculos-antteriores/sistemas-de-iluminacao/>>. Acesso em: 23 out. 2017.

SALES, Roberto. et al. **Luminárias a Led na iluminação pública: características técnicas e viabilidade econômica**. O Setor Elétrico. São Paulo, ano 6 v. 76, n. 5, jan.2012. Disponível em: < http://www.osetoelettrico.com.br/wp-content/uploads/2012/06/Ed76_fasc_iluminacao_cap5.pdf>. Acesso em: 23 out. 2017.

Catálogo Philips. Disponível em: < <http://www.lighting.philips.com.br/prof> >. Acesso em: 01 nov. 2017

Comitê ABNT/CB-03 Eletricidade. **Luminárias para iluminação pública**. Norma ABNT 15129, 2012.

Comitê ABNT/CB-03 Eletricidade. **Iluminação Pública – Procedimento**. Norma ABNT 5101, 2012.

Grupo de Trabalho de Energia Solar - GTES. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. PRC – Prodem 2014.

Neosolar. Disponível em: < <https://www.neosolar.com.br/loja/>>. Acesso em: 30 Dez. 2017.

7. ANEXOS

ANEXO 7.1 – LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO



Descrição do produto

SON-T

Lâmpada a vapor de sódio de alta pressão com bulbo exterior tubular transparente.

Benefícios

- SON-T é uma solução econômica e confiável de vapor de sódio de alta pressão.

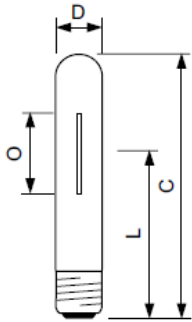
Características

- Bulbo exterior tubular transparente.
- Alta eficiência luminosa.
- Construção robusta que resiste a vibração e impacto, resultando em uma vida útil confiável.
- A dimerização é possível com equipamento dedicado.

Aplicação

- Iluminação de ruas e residencial
- Iluminação difusa decorativa
- Aplicações comerciais e industriais
- Instalações esportivas recreativas abertas e fechadas.

Desenho dimensional



Product	D (max)	O	L	C (max)
SON-T 70W E E27 1SL	36 mm	42 mm	102 mm	156 mm
SON-T 150W E E40 1SL	47 mm	58 mm	132 mm	209 mm
SON-T 1000W E40 1SL/4	66 mm	153 mm	240 mm	390 mm
SON-T 100W E E40 1SL	47 mm	44 mm	132 mm	209 mm
SON-T 400W E E40 1SL	47 mm	82 mm	175 mm	286 mm
SON-T 250W E E40 1SL	47 mm	66 mm	158 mm	255 mm

Controls and Dimming

Regulável Sim

General Information

Posição de funcionamento UNIVERSAL

Descrição do sistema Ignitor Externo (E)

Light Technical

Código da cor 220

Temperatura de cor correlacionada (Nom.) 2000 K

Índice de restituição cromática (Máx) 25

Índice de restituição cromática (Nom.) -

Mechanical and Housing

Acabamento da lâmpada Clara (CL)

Approval and Application

Order Code	Full Product Name	Consumo de energia kWh/1000 h	Etiqueta de Eficiência Energética (EEL)	Conteúdo de mercúrio (Hg) (Nom.)
928152800093	SON-T 70W E E27 1SL	77 kWh	A+	16 mg
928154509228	SON-T 1000W E40 1SL/4	1056 kWh	A++	38 mg
928481500097	SON-T 100W E E40 1SL	110 kWh	A+	20.2 mg
928487100097	SON-T 150W E E40 1SL	162 kWh	A+	20.4 mg
928487200097	SON-T 250W E E40 1SL	275 kWh	A+	20.4 mg
928487300097	SON-T 400W E E40 1SL	431 kWh	A+	24.5 mg

General Information (1/2)

Order Code	Full Product Name	Casquilho	Vida útil até		
			10% de falhas (Nom.)	Vida útil até 20% de falhas (Nom.)	Vida útil até 50% de falhas (Nom.)
928152800093	SON-T 70W E E27 1SL	E27	15000 h	19000 h	28000 h
928154509228	SON-T 1000W E40 1SL/4	E40	10000 h	14000 h	20000 h
928481500097	SON-T 100W E E40 1SL	E40	12000 h	-	28000 h

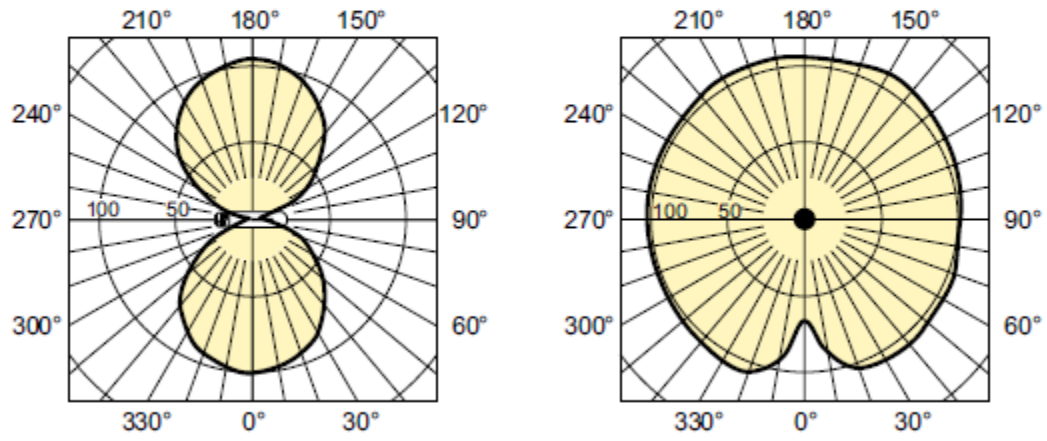
Order Code	Full Product Name	Casquilho	Vida útil até		
			10% de falhas (Nom.)	Vida útil até 20% de falhas (Nom.)	Vida útil até 50% de falhas (Nom.)
928487100097	SON-T 150W E E40 1SL	E40	-	20000 h	28000 h
928487200097	SON-T 250W E E40 1SL	E40	-	20000 h	28000 h
928487300097	SON-T 400W E E40 1SL	E40	-	20000 h	28000 h

Light Technical (3/3)

Order Code	Full Product Name	Eficiência luminosa (nominal) (Nom.)	Fluxo luminoso (nominal) (Mín.)	Fluxo luminoso (nominal) (Nom.)	Proporção de lúmens escotópicos/ fotópicos
928152800093	SON-T 70W E E27 1SL	84 lm/W	-	6000 lm	0.50
928154509228	SON-T 1000W E40 1SL/4	130 lm/W	117000 lm	130000 lm	0.65
928481500097	SON-T 100W E E40 1SL	90 lm/W	8100 lm	9000 lm	-

Order Code	Full Product Name	Eficiência luminosa (nominal) (Nom.)	Fluxo luminoso (nominal) (Mín.)	Fluxo luminoso (nominal) (Nom.)	Proporção de lúmens escotópicos/ fotópicos
928487100097	SON-T 150W E E40 1SL	98 lm/W	13500 lm	15000 lm	-
928487200097	SON-T 250W E E40 1SL	110 lm/W	25200 lm	28000 lm	-
928487300097	SON-T 400W E E40 1SL	123 lm/W	43200 lm	48000 lm	-

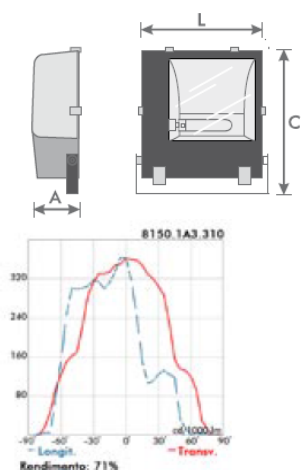
Light Distribution Diagrams



ANEXO 7.2 – LUMINÁRIA PARA VAPOR DE SÓDIO

APIAY-A

Projetor de sobrepor orientável. Corpo em alumínio injetado, com aletas de resfriamento. Refletor assimétrico em alumínio anodizado de alto brilho. Difusor em vidro temperado transparente. Possui alojamento para equipamento auxiliar.



Código	Lâmpada	A	L	C
8150.1A3.310	1xHIT 250/400W	160	410	505
8150.1A3.310	1xHST 150/250/400W	160	410	505

ANEXO 7.3 – REFLETOR LED



PYXIS 60W

	20° 1265-G	40° 1266-G	20° 1265-G	40° 1266-G
Abertura do fecho	20°	40°	20°	40°
Potência (sistema)	60W	60W	60W	60W
Tensão do driver	220V	220V	220V	220V
Intensidade Luminosa	34.143cd	9.326cd	35.752cd	9.765cd
Fluxo Luminoso (sistema)	5.741lm	5.921lm	6.012lm	30000lm
Eficácia Luminosa (sistema)	96lm/W	99lm/W	100lm/W	104lm/W
Temperatura de Cor	3000K	3000K	5000K	5000K
Driver de Corrente	1050mA	1050mA	1050mA	1050mA
Dimensões (mm)	a:130 b:314 c:310 d:122 e:94	a:130 b:314 c:310 d:122 e:94	a:130 b:314 c:310 d:122 e:94	a:130 b:314 c:310 d:122 e:94

ANEXO 7.4 – PAINEL



NOVO

Nova tecnologia de célula
com 5 barras





MAXPOWER

CS6U-315 | 320 | 325 | 330P

Os novos módulos policristalinos MAXPOWER da Canadian Solar usam a mais recente tecnologia inovadora de célula de cinco barras, aumentando a saída de potência do módulo e a confiabilidade do sistema.

PRINCIPAIS RECURSOS



Confiabilidade aprimorada com a tecnologia de célula de 5 barras



Eficiência da célula de até 18,8%



Eficiência da célula de até 18,8%



Excepcional desempenho de baixa irradiação: 96%



Caixa de derivação IP67, resistência de longo prazo ao clima



Carga de neve pesada até 5.400 Pa, carga de vento até 2.400 Pa

25

anos

de garantia de saída de potência linear

10

anos

de garantia do produto em materiais e mão de obra

CERTIFICADOS DE SISTEMA DE GESTÃO*

ISO 9001:2008/Sistema de gestão da qualidade
 ISO/TS 16949:2009/O sistema de gestão de qualidade do setor automotivo
 ISO 14001:2004/Padrões para sistema de gestão ambiental
 OHSAS 18001:2007/Padrões internacionais para saúde e segurança no trabalho

CERTIFICADOS DO PRODUTO*

IEC 61215/IEC 61730: VDE/CE
 UL 1703: CSA/IEC 61701 ED2: VDE/IEC 62716: VDE/Take-e-way







* As exigências de certificação são diferentes em cada mercado, portanto solicite a seu representante de vendas local da Canadian Solar os certificados válidos para os produtos na região em que eles serão usados.

A CANADIAN SOLAR INC. está comprometida a fornecer produtos solares, soluções de sistemas solares e serviços de alta qualidade para clientes em todo o mundo. Como desenvolvedora de projetos fotovoltaicos e fabricante líder de módulos solares com mais de 15 GW instalados em todo o mundo desde 2001, a Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) é uma das empresas de energia solar mais lucrativas do mundo.

CANADIAN SOLAR INC.
 2430 Camino Ramon, Suite 240 San Ramon, CA, USA 94583-4385, www.canadiansolar.com, sales.us@canadiansolar.com

DADOS ELÉTRICOS/STC*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Potência nominal máx. (P _{máx})	315 W	320 W	325 W	330 W
Tensão operacional ideal (V _{mp})	36,6 V	36,8 V	37,0 V	37,2 V
Corrente operacional ideal (I _{mp})	8,61 A	8,69 A	8,78 A	8,88 A
Tensão de circuito aberto (V _{oc})	45,1 V	45,3 V	45,5 V	45,6 V
Corrente de curto-circuito (I _{sc})	9,18 A	9,26 A	9,34 A	9,45 A
Eficiência do módulo	16,20%	16,46%	16,72%	16,97%
Temperatura operacional	-40 °C ~ +85 °C			
Tensão máxima do sistema	1.000 V (IEC) ou 1.000 V (UL)			
Desempenho do módulo contra incêndio	TIPO 1 (UL 1703) ou CLASSE C (IEC 61730)			
Classificação máx. de fusíveis da série	15 A			
Classificação da aplicação	Classe A			
Tolerância de potência	0 ~ + 5 W			

* Sob condições de teste padrão (STC) de irradiação de 1.000 W/m², espectro AM de 1,5 e temperatura de célula de 25 °C.

DADOS ELÉTRICOS/NOCT*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Potência nominal máx. (P _{máx})	228 W	232 W	236 W	239 W
Tensão operacional ideal (V _{mp})	33,4 V	33,6 V	33,7 V	33,9 V
Corrente operacional ideal (I _{mp})	6,84 A	6,91 A	6,98 A	7,05 A
Tensão de circuito aberto (V _{oc})	41,5 V	41,6 V	41,8 V	41,9 V
Corrente de curto-circuito (I _{sc})	7,44 A	7,50 A	7,57 A	7,66 A

* Sob temperatura operacional normal da célula (NOCT), irradiação de 800 W/m², espectro AM de 1,5, temperatura ambiente de 20 °C, velocidade do vento de 1 m/s.

DADOS MECÂNICOS

Especificação	Dados
Tipo de célula	Policristalino, 6 polegadas
Organização das células	72 (6 × 12)
Dimensões	1.960 × 992 × 40 mm (77,2 × 39,1 × 1,57 pol.)
Peso	22,4 kg (49,4 lb)
Tampa dianteira	Vidro temperado de 3,2 mm
Material da estrutura	Liga de alumínio anodizado
Caixa de derivação	IP67, 3 diodos
Cabo	4 mm ² (IEC) ou 4 mm ² e 12 AWG 1.000 V (UL), 1.160 mm (45,7 pol.)
Conectores	T4 (IEC/UL)
Por palete	26 peças
Por contêiner (40' HQ)	572 peças

CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA

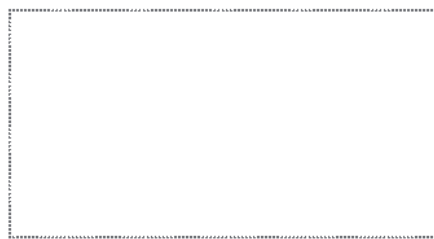
Especificação	Dados
Coefficiente de temperatura (P _{máx})	-0,41%/°C
Coefficiente de temperatura (V _{oc})	-0,31%/°C
Coefficiente de temperatura (I _{sc})	0,053%/°C
Temperatura operacional nominal da célula	45±2 °C

DESEMPENHO A BAIXA IRRADIAÇÃO

Desempenho excepcional em ambientes de baixa irradiação, eficiência média relativa de 96% a partir de uma irradiação de 1.000 W/m² a 200 W/m² (AM 1,5, 25 °C).

A especificação e os principais recursos descritos nesta ficha técnica podem ser um pouco diferentes e não estão garantidos. Devido à contínua inovação, pesquisa e melhoria de produtos, a Canadian Solar Inc. reserva-se o direito de fazer modificações nas informações descritas neste documento a qualquer momento e sem aviso prévio. Sempre adquira a versão mais recente da ficha técnica, que deve ser devidamente incorporada ao contrato legal firmado pelas partes regulamentando todas as transações relativas à compra e à venda dos produtos aqui descritos.

Atenção: Apenas para uso profissional. A instalação e o manuseio de módulos fotovoltaicos requerem habilidades profissionais. Apenas profissionais qualificados devem realizá-los. Leia as instruções de segurança e instalação antes de usar os módulos.

SEÇÃO DO PARCEIRO

CANADIAN SOLAR INC.

ANEXO 7.5 – CONTROLADOR DE CARGA

xantrex

Smart Choice for Power

Electrical Specifications	C35	C40	C60
Voltage Configurations	12 and 24 VDC	12, 24, and 48 VDC	12 and 24 VDC
Maximum PV Open Circuit Array Voltage	55 VDC	125 VDC	55 VDC
Charging / Load Current (@ 25 °C)	35 amps DC	40 amps DC	60 amps DC
Maximum Peak Current	85 amps	85 amps	85 amps
Maximum Voltage Drop Through Controller	0.30 volts	0.30 volts	0.30 volts
Typical Operating Consumption	15 ma	15 ma	15 ma
Typical Idle Consumption	3 ma	3 ma	3 ma
Recommended Breaker Size	45 amps	50 amps	60 amps rated at 100% continuous duty
Recommended Wire Size	#8 AWG	#8 AWG	#6 AWG rated at 90 °C
Lead Acid Battery Settings	Adjustable	Adjustable	Adjustable
NiCad Battery Settings	Adjustable	Adjustable	Adjustable
Load Control Mode			
Low Voltage Reconnect	Adjustable (sticker provided with unit)	Adjustable (sticker provided with unit)	Adjustable (sticker provided with unit)
Low Voltage Disconnect	User selectable manual or automatic reconnection - includes warning flash before disconnect and provides a one time, user selected grace period		

Mechanical Specifications			
Specified Temperature Range	32 °F to 104 °F (0 °C to 40 °C)	32 °F to 104 °F (0 °C to 40 °C)	32 °F to 104 °F (0 °C to 40 °C)
Enclosure Type	Indoor, ventilated, powder coated steel with 3/4" and 1" knockouts	Indoor, ventilated, powder coated steel with 3/4" and 1" knockouts	Indoor, ventilated, powder coated steel with 3/4" and 1" knockouts
Unit Weight	2.5 lb (1.2 kg)	3.0 lb (1.4 kg)	3.0 lb (1.4 kg)
Shipping	3.0 lb (1.4 kg)	3.5 lb (1.6 kg)	3.5 lb (1.6 kg)
Dimensions (H x W x D)	8.0" x 5.0" x 2.5" (20.3 cm x 12.7 cm x 6.4 cm)	10" x 5" x 2.5" (25.4 cm x 12.7 cm x 6.35 cm)	10" x 5" x 2.5" (25.4 cm x 12.7 cm x 6.35 cm)
Shipping Dimensions (H x W x D)	12.4" x 7" x 2.5" (31.5 cm x 17.8 cm x 6.4 cm)	12.4" x 7" x 2.5" (31.5 cm x 17.8 cm x 6.4 cm)	12.4" x 7" x 2.5" (31.5 cm x 17.8 cm x 6.4 cm)
Mounting	Vertical wall mount - indoor only	Vertical wall mount - indoor only	Vertical wall mount - indoor only
Altitude			
Operating	15,000' (4,572 m)	15,000' (4,572 m)	15,000' (4,572 m)
Non-Operating	50,000' (15,240 m)	50,000' (15,240 m)	50,000' (15,240 m)

Features and Options	
Regulation Method	Solid state, three-stage (bulk, absorption, and float), pulse width modulation
Field Adjustable Control Setpoints	Two user adjustable voltage setpoints for control of loads or charging sources - settings retained if battery is disconnected
Control Panel	CM, CM/R-50, or CM/R-100 - optional LCD - backlit, alphanumeric display showing battery voltage, DC amperage, cumulative amp hours, and amp hours since last reset - remote includes 50' (15 m) or 100' (30.5 m) cable
Equalization Charge	User selectable manual or automatic equalization - every 30 days
Battery Temperature Sensor	BTS - optional remote battery temperature sensor for increased charging precision

ANEXO 7.6 – INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Main

Range of product	XW
Device short name	XW4548-230-50
Product or component type	Hybrid inverter / charger
Network number of phases	Single phase
Type of signal	True sine wave
Continuous power	4500 W - 230 V AC (tolerance: +/- 3 %)

Complementary

Output current	19.6 A
Peak output current	40 A, duration : 20 s
Network frequency	50 Hz +/- 0.1 Hz (output)
Cos phi	0.98
Harmonic distortion	< 5 %
Input voltage	50.4 V DC 230 V AC
Input voltage limits	44...64 V DC 156...280 V AC - bypass/charge mode
Input current	96 A DC at rated power
Input frequency	59.4...60.4 Hz +/- 0.05 Hz - sell mode 55...65 Hz - bypass/charge mode (default) 44...70 Hz - bypass/charge mode (allowable)
Charging current	85 A
Efficiency	95.6 % peak
Power consumption in W	< 7 W - search mode
Communication network type	Xanbus
Device mounting	Wall mounted
Provided equipment	Battery temperature sensor included for temperature compensation
Height	580 mm

Jul 07, 2017

Jif is On |  Schneider
Electric

1

Width	410 mm
Depth	230 mm
Product weight	53.5 kg

Environment

IP degree of protection	IP20
Ambient air temperature for operation	-25...70 °C
Electromagnetic compatibility	Immunity for residential, commercial and light-industrial environments conforming to EN 61000-6-1 Limits for harmonic current emissions conforming to EN 61000-3-2 Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments conforming to EN 61000-6-3 Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in low-voltage conforming to EN 61000-3-3
Standards	EN 50178
Product certifications	CE

Contractual warranty

Warranty period	60 months
-----------------	-----------

ANEXO 7.7 – BATERIA

Principais Características Elétricas										
MODELOS		DF300	DF500	DF700	DF1000	DF1500	DF2000	DF2500	DF3000	DF4001
Capacidade a 25 °C (Ah)	10 h	24	30	41	54	76	94	130	156	200
	20 h	26	36	45	60	80	105	150	170	220
	100 h	30	40	50	70	93	115	165	185	240
Dimensões (mm)	Comprimento	175	175	210	244	330	330	511	511	525
	Largura	175	175	175	175	172	172	213	213	275
	Altura	175	175	175	175	240	240	230	230	250
Peso (kg)		8,8	9,7	12,5	14,7	23,9	27,1	44,6	48,3	60,3
Torque	Mínimo	9 N.m	9 N.m	9 N.m	9 N.m	13,6 N.m	13,6 N.m	9 N.m	9 N.m	9 N.m
	Máximo	11 N.m	11 N.m	11 N.m	11 N.m	20,3 N.m	20,3 N.m	11 N.m	11 N.m	11 N.m
Tensão de Flutuação						de 13,2 a 13,8 V a 25 °C				
Tensão de carga / equalização						de 14,4 a 15,5 V a 25 °C				
Compensação de Temperatura						para cada 1 °C acima de 25 °C, subtrair 0,033 V para cada 1 °C abaixo de 25 °C, adicionar 0,033 V				

Correntes de descarga (A) em diferentes regimes a 25 °C (tensão final 10,5 V)																			
MODELO	HORAS															MINUTOS			
Bateria	100 h	20 h	10 h	9 h	8 h	7 h	6 h	5 h	4,5 h	4 h	3,5 h	3 h	2,5 h	2 h	1,5 h	1 h	45'	30'	15'
DF300	0,3	1,3	2,4	2,6	2,9	3,3	3,8	4,4	4,9	5,4	6	7	8,2	10	12,8	18	21	25	40
DF500	0,4	1,8	3	3,3	3,7	4,2	4,9	5,8	6,2	6,8	7,6	8,6	9,9	12	15	20	25,3	33	52
DF700	0,5	2,3	4,1	4,5	5	5,6	6,5	7,5	8,2	9,2	10	11,5	13,6	16,3	21	27	32	43	65
DF1000	0,7	3	5,4	5,8	6,4	7,3	8,2	9,8	10,5	11,5	12,5	14,5	17	19	25,2	35	42,5	55	84
DF1500	0,93	4	7,6	8,2	9	10	11,5	13,2	14,5	16	18,2	21	25	29,5	38	54	69	90	130
DF2000	1,2	5,3	9,4	10,2	11,5	13	14,5	17	18,4	20,3	22,6	25	29,5	34,5	44	60	75	96	150
DF2500	1,7	7,5	13	14,4	16,2	18	20	23	25	28	31	34	40	47	58	81	99	130	200
DF3000	1,9	8,5	15,6	17	19	21,4	24,7	28	30	33	36	41	48	57	72	95	112	152	231
DF4001	2,4	11	20	21,5	24	26,5	30	35	38	41,5	46	52	60	72	90	120	145	191	290

Capacidade em ampère-hora (Ah) a 25 °C em diferentes regimes de descarga (tensão final 10,5 V)																			
MODELO	HORAS															MINUTOS			
Bateria	100 h	20 h	10 h	9 h	8 h	7 h	6 h	5 h	4,5 h	4 h	3,5 h	3 h	2,5 h	2 h	1,5 h	1 h	45'	30'	15'
DF300	30	26	24	23,8	23,5	23,1	22,8	22	21,9	21,6	21	21	20,5	20	19,2	18	15,8	12,5	10
DF500	40	36	30	29,9	29,8	29,7	29,4	28,8	27,7	27	26,6	25,8	24,8	24	22,5	20	19	16,5	13
DF700	50	45	41	40,5	40	39,5	39,2	37,5	37,1	36,8	35	34,5	34	32,5	31,5	27	24	21,5	16,3
DF1000	70	60	54	51,8	51,6	51,1	49,2	49	47,3	46	43,8	43,5	42,5	38	37,8	35	31,9	27,5	21
DF1500	93	80	76	73,8	72	70	69	66	65,3	64	63,7	63	62,5	59	57	54	51,8	45	32,5
DF2000	115	105	94	92	91,8	91	87	85	82,8	81,2	79,1	75	73,8	69	66	60	56,3	48	37,5
DF2500	165	150	130	129,8	129,6	126	120	115	112,5	112	108,5	102	100	94	87	81	74,3	65	50
DF3000	185	170	156	153	152	150	148,2	140	135	132	126	123	120	114	108	95	84	76	57,8
DF4001	240	220	200	193,5	192	185,5	180	175	171	166	161	156	150	144	135	120	108,8	95,5	72

Watts-hora (Wh) a 25 °C (tensão final 10,5 V)																			
MODELO	HORAS															MINUTOS			
Bateria	100 h	20 h	10 h	9 h	8 h	7 h	6 h	5 h	4,5 h	4 h	3,5 h	3 h	2,5 h	2 h	1,5 h	1 h	45'	30'	15'
DF300	3	16	25	28	32	35	37	45	46	47	50	65	68	75	90	125	145	175	300
DF500	5	22	36	40	43	48	53	65	67	70	75	92	95	107	130	167	200	250	510
DF700	6	29	45	51	55	62	68	84	82	85	94	118	120	135	165	210	250	300	550
DF1000	7	36	63	69	76	84	96	111	121	133	148	168	194	233	248	257	278	487	712
DF1500	10	51	94	100	113	125	140	170	185	190	205	250	255	300	342	400	492	598	960
DF2000	13	65	104	118	126	139	160	188	192	200	217	270	268	310	372	490	582	694	1200
DF2500	19	93	155	170	181	202	224	269	273	287	311	378	381	441	581	698	817	989	1638
DF3000	25	110	179	197	217	238	251	306	311	333	382	437	448	517	637	798	958	1148	1917
DF4001	28	139	217	240	264	285	315	376	381	406	441	536	547	643	768	995	1185	1424	2374