

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS  
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA  
RAFAEL BRAZ FERREIRA**

**IMPLEMENTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO LED EM GINÁSIO POLIESPORTIVO**

**VARGINHA  
2021**

**RAFAEL BRAZ FERREIRA**

**IMPLEMENTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO LED EM GINÁSIO POLIESPORTIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso Teórico apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel sob a orientação do Prof. Me. Eduardo Henrique Ferroni.

**Varginha 2021**

**RAFAEL BRAZ FERREIRA**

**IMPLEMENTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO LED EM GINÁSIO POLIESPORTIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em    /    /

---

---

---

OBS.:

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço ao meu orientador e professor mestre Eduardo Henrique Ferroni, pela sua disponibilidade que contribuíram para realização deste trabalho.

## RESUMO

O uso de lâmpadas LED em projetos de iluminação tem crescido ao longo dos anos, provando ser uma lâmpada eficiente e com maior longevidade em relação às lâmpadas convencionais e de vapor. Este trabalho é um estudo sobre a especificação técnica da lâmpada e um estudo sobre a eficiência luminotécnica, visando utilizar iluminação LED substituindo uma iluminação do ginásio de vapor metálico e assim comparar as duas lâmpadas e verificar o desempenho, viabilidade, eficiência e retorno financeiro de ambas. Para atingir este objetivo, será apresentada a metodologia, com as ferramentas e meios utilizados para a recolher os dados, com o intuito de apresentar os resultados. Para tanto, foi escolhido um ginásio poliesportivo, que possui a junção de quatro quadras com iluminação de vapor metálico. Será feito um estudo destes dois modelos de lâmpadas, conhecendo os componentes de cada modelo, funcionamento, especificação, custo, vantagem e desvantagem. Com esta comparação e implementação, os objetivos foram alcançados com um *Payback* positivo de, em média, 2 anos. O retorno financeiro, por meio da economia no consumo em kWh com a iluminação LED, consegue arcar com o custo de implantação da iluminação proposta.

**Palavra-Chave** - Desempenho e viabilidade energética da iluminação LED

## ***ABSTRACT***

The use of LED lamps in lighting projects has grown over the years, proving to be an efficient lamp with longer lifespan compared to conventional and steam lamps. This work is a study on the technical specification of the lamp and a study on the luminometrically efficiency, with the objective of using LED lighting to replace a metallic vapor gym lighting and thus compare the two lamps and verify the performance, feasibility, efficiency and return financial of both. To achieve this goal, the methodology will be presented, with the tools and means used to collect the data, in order to present the results. For this purpose, a multi-sport gymnasium was chosen, which has the junction of four courts with metallic vapor lighting. A study of these two models of lamps will be deepened, knowing the components of each model, functioning, specification, cost, advantage and disadvantage. With this comparison and implementation, the goals were achieved with a positive Payback of, on average, 2 years. The financial return, through savings in kWh consumption with LED lighting, manages to bear the cost of implementing the proposed lighting.

**Keyword** – Performance and energy feasibility of LED lighting

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etiqueta de especificação da lâmpada. ....	13
Figura 2 - Escala de ofuscamento.....	15
Figura 3 - Diferença de Lux, Lm e Cd. ....	17
Figura 4 - Temperatura de cores no ambiente. ....	19
Figura 5 - IRC Alto e Baixo. ....	20
Figura 6 - Símbolo esquemático de um LED. ....	22
Figura 7 - LED de potência. ....	22
Figura 8 - LED.....	23
Figura 9 - Refletor convencional Cristallux. ....	25
Figura 10 - Refletor de alta performance.....	25
Figura 11 - Componentes da lâmpada a vapor. ....	27
Figura 12 - Luxímetro digital. ....	30
Figura 13 - Distribuição incorreta dos refletores.....	31
Figura 14 - Modelo de equipamentos instalado no local.....	33
Figura 15 - Modelo de projetor.....	33
Figura 16 - Ginásio perspectiva da iluminação. ....	35
Figura 17 - Edificação feita no DIALux, vista superior. ....	35
Figura 18 - Refletor LED CLF-MP150C. ....	37
Figura 19 - Medida refletor LED.....	37
Figura 20 - Ginásio poliesportivo.....	38
Figura 21 - Medição em LUX no ginásio.....	39
Figura 22 - Dados da luminária aplicada no software.....	40
Figura 23 - Orçamento dos valores do refletor LED.....	41
Figura 24 - Quantidade de iluminância no ginásio com os refletores LED. ....	42
Figura 25 - Posição das luminárias no ginásio ....	42
Figura 26 - Cores falsas e linhas isométricas (lx), ginásio ....	43
Figura 27 - Marcação por ponto em lux no ginásio.....	43
Figura 28 - Visão grelha de arame direção dos refletores ginásio ....	44
Figura 29 - Perspectiva da iluminação LED.....	44
Figura 30 - Resultados em lux da quadra 1. ....	45
Figura 31 - Linha isométricas e marcação por ponto em lux. ....	45
Figura 32 - Cores falsa e linhas isométrica quadra 1.....	46
Figura 33 - Descrição tarifas da fatura. ....	48
Figura 34 - Retorno financeiro ....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites máximo de UGRL .....	16
Tabela 2 - Aparência da cor e temperatura.....	19
Tabela 3 - Planejamento do ambiente com a especificação da luminância.....	28
Tabela 4 - Orçamento do refletor e a média de preço .....	34
Tabela 5 - Eficiência luminosa .....	46
Tabela 6 - Consumo Anual.....	47
Tabela 7 - Retorno financeiro .....	48

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - .....	14
Equação 2 - .....	16
Equação 3 - .....	18
Equação 4 - .....	31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;

IRC - Índice de reprodução de cores;

LED - *Light Emitting Diode* (Diodo emissor de luz);

Ø - Fluxo luminoso;

URG - Índice de ofuscamento unificado;

UGRL - Índice limite de ofuscamento unificado;

IRC – Índice de reprodução de cor;

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
2.1 Especificação da lâmpada .....	13
2.2 Potência (W) .....	13
2.3 Fluxo luminoso (Lm) .....	14
2.4 Nível de iluminância (Lux).....	14
2.5 Ofuscamento (UGR) .....	15
2.6 Intensidade luminosa (Cd) .....	16
2.7 Eficiência luminosa .....	17
2.8 Vida Útil da Lâmpada .....	18
2.9 Temperatura de cor .....	19
2.10 Índice de reprodução de cor.....	20
2.11 História do LED .....	21
2.11.1 LED.....	21
2.11.2 Driver.....	23
2.11.3 Vantagens e desvantagens do LED.....	24
2.11.4 Refletores LED de alta performance.....	24
2.12 Lâmpada de vapor metálico.....	26
2.12.1 Funcionamento da lâmpada de vapor metálico .....	26
2.13 Norma NBR 5413 .....	27
2.14 Norma NBR 8995-1.....	28
2.15 Luxímetro .....	29
2.16 <i>Software</i> DIALux.....	30
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>31</b>
3.1 Iluminação do ginásio .....	31
3.2 Custo .....	32
3.3 Mapeamento .....	34
3.4 Características da lâmpada LED escolhida para a implementação .....	36

<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
4.1	Resultado da medição no ginásio com as lâmpadas a vapor metálico .....	38
4.2	Resultados da implementação da iluminação LED no ginásio .....	40
4.3	Resultados da implementação da iluminação LED na quadra .....	45
4.4	Comparação da lâmpada a vapor metálico e LED.....	46
4.4.1	Eficiência luminosa.....	46
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A energia produzida por fontes renováveis vem crescendo cada vez mais no Brasil, porém, ainda está longe de acabar com as produções que afetam o meio ambiente, sendo assim, vemos que para produzir a energia gera danos por vezes irreversíveis ao ambiente, com esse fato, o desperdício de energia tem que ser inaceitável em qualquer aspecto. Temos em vista que o consumo de energia aumenta a cada dia, muito devido à tecnologia, o uso equipamentos elétricos que surgem diariamente para o conforto residencial, equipamento com potência elevada. (EPE,2021).

Uma observação feita em lojas de material elétrico, é que a maioria das lâmpadas que estão sendo comercializadas, são do tipo LED. Outros modelos que se encontram, são as lâmpadas a vapor, portanto chega a ser minoria em relação ao LED. Percebendo essa situação, porque ainda determinados locais optam por utilizar essas lâmpadas a vapor, que consome muitas vezes mais energia e sendo uma tecnologia aparentemente antiga.

Com base nesse formato, podemos ter maneiras de economizar energia, método bem simples, sendo a iluminação LED. A troca de iluminação das lâmpadas convencionais e a vapores por LED, é um exemplo claro de economia, pois, muitas dessas lâmpadas, entregam a mesma quantidade de iluminação e consumindo menos energia. O LED se mostra como uma fonte promissora e eficaz, por portar um pequeno tamanho físico, não deter metais pesados em sua fabricação (como no caso de lâmpadas a vapor), e estarem alcançando níveis de eficiência cada vez maiores. (ALBINO DA SILVA,2013).

Para saber qual lâmpada deve escolher, existem alguns aspectos que devem ser considerados, como, potência, fluxo luminoso, eficiência luminosa, vida útil, temperatura de cor, índice de reprodução de cor e entre outros que serão abordados neste trabalho que visa mostrar os resultados da implementação da iluminação LED em um ginásio, onde contém lâmpadas de vapor metálico, assim uma melhorar a eficiência na iluminação. (O SETOR ELÉTRICO, INMETRO, JULHO, 2019).

Além dos resultados, serão mostrados os meios a ser utilizado para poder recolher os dados esperados, que passam por equipamentos, *software* e estudos. Então, viabilizando uma lâmpada que consome menos energia e entrega a mesma fonte luminosa ou até mais, com um aspecto melhor, será, predominante nos resultados, pois, terá um retorno financeiro e uma iluminação eficiente no ginásio, levando todos os aspectos de especificação da lâmpada e normas que devem ser seguidas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Especificação da lâmpada

Lâmpada é um dispositivo que está sempre no nosso dia-dia, porém, qual das lâmpadas é mais eficiente, relacionando fluxo luminoso e potência, embora não seja apenas esse o aspecto importante em uma lâmpada a se observar antes de adquirir, temos também o tempo de vida útil, índice de reprodução de cor, temperatura e também custo. As lâmpadas no mercado brasileiro possuem essas especificações no seu produto, para que o cliente possa assim, fazer uma análise e ver qual lâmpada é melhor. A especificação da lâmpada vem com o selo do INMETRO, a especificação vem da seguinte forma, eficiência luminosa em (lm/w), potência energética (w), fluxo luminoso (lm) também temos o modelo da lâmpada descrita se for LED, fluorescente, halógenos ou lâmpadas a vapores, como na Figura 1. (TECI – 2004/2005).

Figura 1 - Etiqueta de especificação da



Fonte: (O SETOR ELÉTRICO, INMETRO, JULHO, 2019).

### 2.2 Potência (W)

A potência elétrica é a razão do trabalho que é realizado em um intervalo de tempo. A unidade de potência é conhecida como Watt (W), essa unidade Watt, foi uma homenagem ao físico James Watt pela descoberta. Para encontrar a potência elétrica, pode utilizar a equação de Joule dividido pelo tempo em segundos. (DIAS RIBEIRO, 2019, p.71).

### 2.3 Fluxo luminoso (Lm)

O fluxo luminoso, também conhecido por lúmen (lm), é a quantidade de luz emitida por uma fonte. Ou seja, luminosidade de uma fonte percebida pelo olho humano. (DEIVISON, CLÁUDIO, TAIZE, 2013, p.2). A unidade de 1 lúmen é a quantidade de luz emitida por uma fonte dentro de um cone de 1 esferorradiano com intensidade de 1 candela. (POWER LUME, 2019).

### 2.4 Nível de iluminância (Lux)

É o nível de iluminação que uma fonte de luz entrega ao ambiente, tem como uma unidade denominada em lux, para medir essa grandeza utilizamos o luxímetro. Existem médias de iluminância para cada ambiente, pela quantidade que necessita de lumens em uma área específica. (ZANDONA, 2014, p.24).

Ou seja, a iluminância (lux), é a densidade do fluxo luminoso sobre uma superfície. Temos uma fórmula básica para podermos calcular a iluminância, conforme a Equação 1.

(1)

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Sendo:

$\Phi$  = fluxo Luminoso, em lúmens.

S = área da superfície iluminada, em m<sup>2</sup>

E = iluminância, em lux.

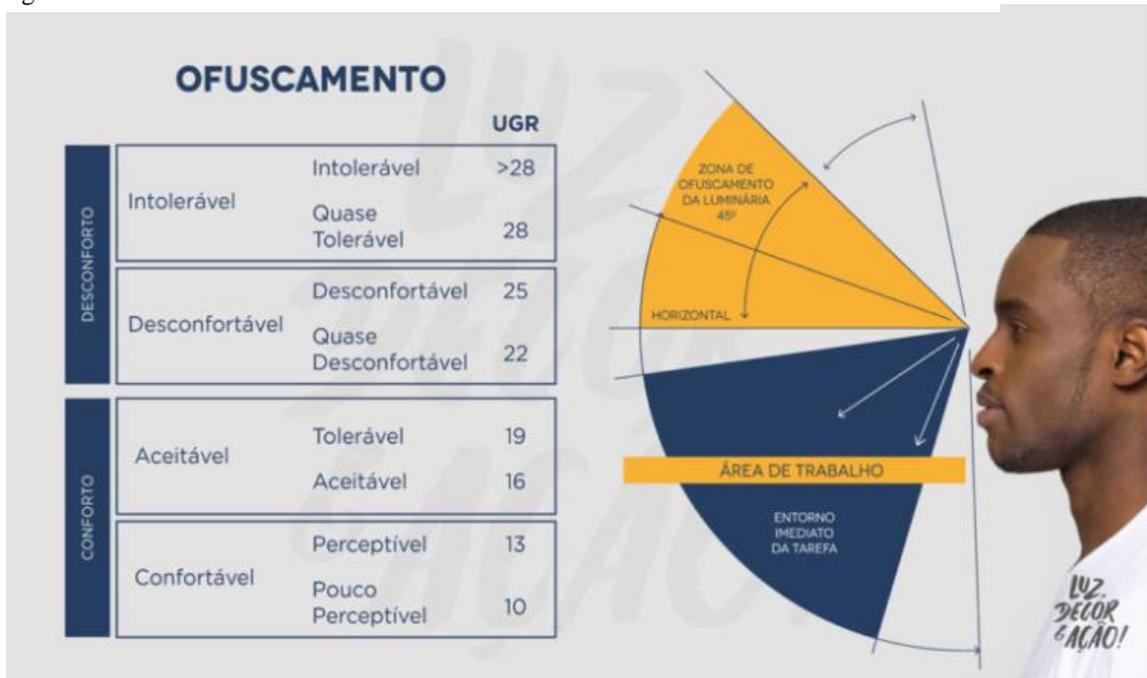
Uma forma prática de medir a iluminância é utilizando um luxímetro digital, que traz medidas máximas e mínimas precisas de qualquer ponto.

## 2.5 Ofuscamento (UGR)

O ofuscamento é um desconforto visual, onde está relacionado a adaptação dos olhos que não ocorre normalmente ao chegar em um ambiente, isso pode ser causado por alguns fatores, como diferença de contraste, alta intensidade luminosa (Cd) e mudanças rápidas de luz chegando aos olhos. Um exemplo claro de ofuscamento é olhar diretamente ao sol, que é uma iluminação natural com nível de luminância bem elevado. Quando olhamos para o sol, causa um desconforto visual extremo até mesmo enxergando uma mancha branca ou meio amarelada, devido à alta intensidade de luz direta, causando o ofuscamento.

Os padrões de UGR no Brasil são limitados com a seguinte escala: (10 – 13 – 16 – 19 – 22 – 25 – 28). Quanto menor o índice da escala, será mais confortável a iluminação no ambiente, o mais adequado está entre 10 e 19, acima desse valor já é considerado desconfortável aos olhos, conforme a Figura 2. (EMPÓRIO LUZ,2020).

Figura 2 - Escala de ofuscamento.



Fonte: (EMPÓRIO LUZ,23, OUTUBRO,2020).

O desconforto de uma iluminação causando o ofuscamento tem um limite que é determinado pelo método UGRL, é recomendado que não seja ultrapassado conforme a Tabela 1 que mostra os limites máximos. (NBR 8995-1,2013).

Tabela 1 - Limites máximo de UGRL.

Desenho técnico	≤ 16
Leitura, escrita, salas de aula, computação, inspeções	≤ 19
Trabalho em indústria, exposições, recepção	≤ 22
Trabalho bruto, escadas	≤ 25
Corredores	≤ 28

Fonte: (NBR 8995-1, ABRIL,21,2013).

Para evitar o ofuscamento, o foco principal é evitar o excesso de luz chegando aos olhos, com isso deve ser tomado algumas precauções, como tentar diminuir a intervenção da luz natural externa ao ambiente, contraste interno excessivo acima da escala 1 – 19, alguns contrastes não são necessários para determinado ambiente. Então ao nível de luminância em lux é importante, por isso existe a norma ABNT 8995 -1 que tem a quantidade certa de lux para cada ambiente e também seguindo o índice do limite máximo de ofuscamento o risco é bem menor de ocorrer um desconforto visual.

## 2.6 Intensidade luminosa (Cd)

Intensidade luminosa também é chamado de candela, a intensidade luminosa de certa forma é o fluxo luminoso dirigido a um determinado fecho, está diretamente ligada a entrega de luz emitida a um determinado ponto ou direção. A Equação 2 mostra a como encontrar intensidade luminosa. (ZANDONA,2014).

(2)

$$I = \frac{\phi}{\Omega}$$

Sendo:

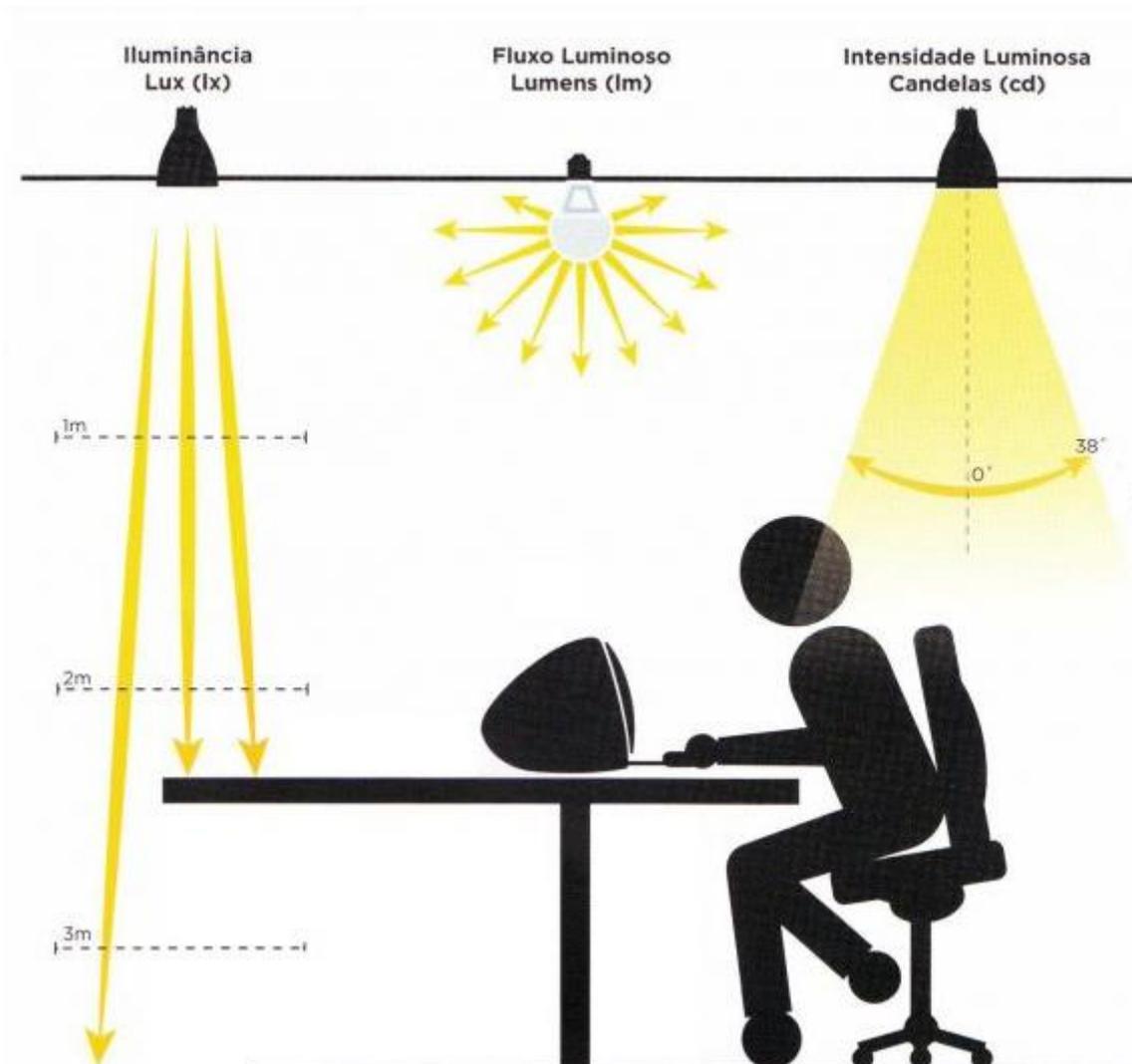
I = Intensidade luminosa

Ø = fluxo Luminoso, em lúmens

Ω = Direção por unidade em ângulo sólido

Então a intensidade luminosa, é a quantidade de candela em determinado ponto, quanto maior o ângulo de abertura da lâmpada, menor será a quantidade de candela e quanto menor o ângulo maior será o número. A Figura 3 mostra a intensidade luminosa e a diferença dela com iluminância e fluxo luminoso.

Figura 3 - Diferença de Lux, Lm e Cd.



Fonte: (POWER LUME, FEVEREIRO 1, 2019).

## 2.7 Eficiência luminosa

É a razão do fluxo luminoso dividido pela potência da lâmpada o (Lm/W). A radiação total emitida em todas as direções por uma fonte luminosa que pode produzir estímulo visual, sua unidade de medida é o lúmen (Lm). Com o tempo as lâmpadas vão perdendo esse fluxo, devido a sua vida útil que pode estar chegando ao fim, poeira ou até danos mesmo naturais

devido a sua exposição. Este fator deve ser considerado no cálculo do projeto de iluminação, de modo para preservar a iluminância média (lux) projetada sobre o ambiente ao longo da vida útil da lâmpada. (ALBINO DA SILVA,2013).

Nada mais é que um parâmetro que visa mostrar o quanto a lâmpada entrega de fonte luminosa em luz pela quantidade de energia que recebe. Assim, com esse contexto, tem o fluxo luminoso mais conhecido por lumens por watts. Temos a Equação 3, para podermos calcular a eficiência luminosa.

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad (3)$$

Onde:

$\eta$  = eficiência Luminosa, em lúmen / Watt.

$\Phi$  = fluxo Luminoso, em lúmen.

P = potência consumida, em Watt

## 2.8 Vida Útil da Lâmpada

Pode-se dizer que a lâmpada tem um prazo de validade, dizendo de forma técnica, é sua vida útil. Quando se compra uma lâmpada, seja qual for o modelo, vem sua vida útil descrita em horas. Não existe um limite de tempo em relação a sua durabilidade, essa questão muda conforme o fabricante ou modelo da lâmpada. As lâmpadas acompanham o avanço da tecnologia e sua vida útil tem a ver com essa proporção, já que quanto mais modernas são, o seu tempo de vida útil pode ser maior. (ZANDONA,2014).

Existem algumas variáveis com o período de duração da vida útil da lâmpada, como, a instalação incorreta, lâmpada que não são apropriadas e fica exposta ao tempo e outros, porém, sendo instalada de forma correta, conforme indicado pelo fabricante, a sua vida útil maximizada.

## 2.9 Temperatura de cor

A temperatura de cor da lâmpada não se refere ao calor físico e sim a cor que a luz proporciona ao ambiente. (ENGENHARIA TR, 2020). O aspecto de temperatura de uma lâmpada é de extrema importância, pois está diretamente ligado ao conforto dos olhos e ao aproveitamento do ambiente. Existe uma escala de temperatura que se baseia na unidade de temperatura Kelvin (K). As lâmpadas têm uma tonalidade de cor, quanto mais calor em Kelvin (K) é aplicado no material, mais branca ou azulada é a fonte de luz emitida. No entanto, quanto menos calor (K) aplicado, mais amarela são as lâmpadas, conforme a Figura 4.

Figura 4 - Temperatura de cores no ambiente.



Fonte: (ENGENHARIA TR, MARÇO, 3, 2020).

Como a temperatura é referente a cor aparente da lâmpada de luz que ela emite, existe normalmente a divisão de três grupos conforme o calor em Kelvin, mostrado na Tabela 2. (NBR 8995-1,2013).

Tabela 2 - Aparência da cor e temperatura.

Aparência da cor	Temperatura de cor correlata
quente	abaixo de 3 300 K
intermediária	3 300 K a 5 300 K
fria	acima de 5 300 K

Fonte: (ABNT,21, ABRIL,2013).

Como foi visto na Figura 4 sobre tonalidade que a lâmpada entrega em luz para ambiente através da unidade, Kelvin, porém, para reproduzir todas as cores no ambiente onde uma lâmpada está instalada, não importa qual a potência ou temperatura da lâmpada, e sim é necessário IRC (Índice de Reprodução de Cor).

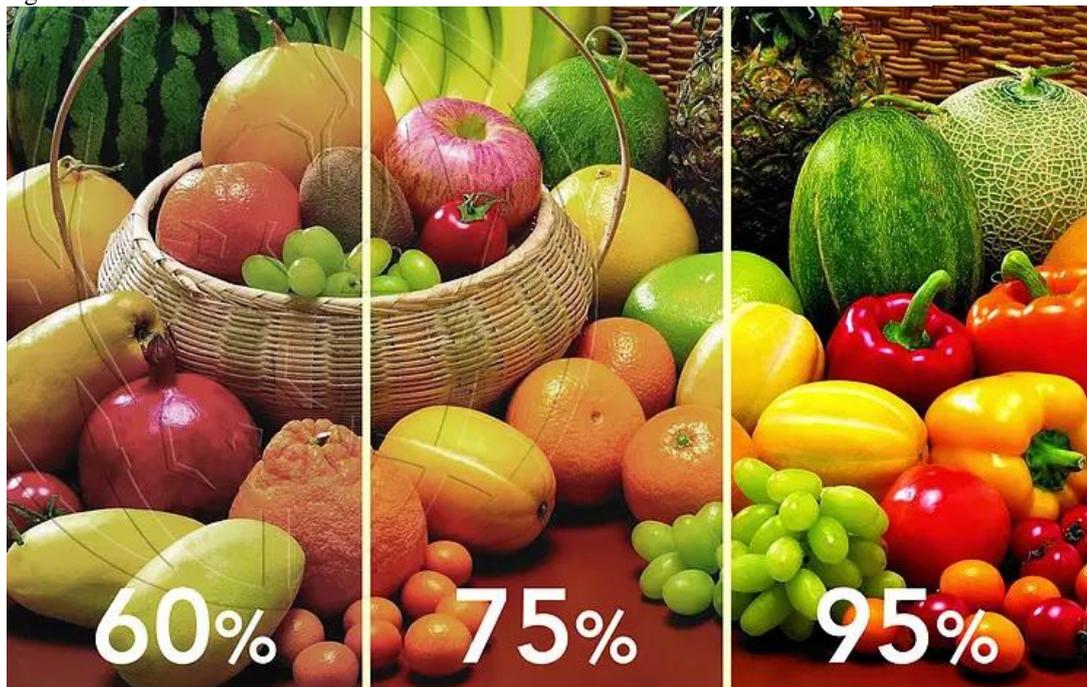
## 2.10 Índice de reprodução de cor

Quando falamos em índice de reprodução de cor (IRC), devemos pensar no sol que é a principal fonte de iluminação, pois é com ele que enxergamos as cores verdadeiras. As lâmpadas são fontes de luz artificial, sua reprodução não nos permite ver a cor igual quando são vistas com a luz do sol.

A escalada de índice de reprodução de cor é de 0 a 100, sendo que 100 é o que permite ver com a luz do sol. Então quanto mais perto de 100 o índice da lâmpada for, significa uma reprodução de cor melhor. (ALBINO,2013, p.13).

O IRC de cada modelo de lâmpada não é fixo, pois é variável de fabricante. Para saber qual índice de reprodução é melhor, deve-se sempre manter entre 80% a 100%, dessa forma a reprodução de cores será ideal. Na Figura 5 pode-se ver o quanto faz a diferença do IRC, está bem nítido a imagem com índice de 95%, conforme a Figura 5. (ALBINO,2013).

Figura 5 -IRC Alto e Baixo.



Fonte: (HODARI, ABRIL, 11, 2018).

Todas as especificações que vem na embalagem da lâmpada, como por exemplo o LED, ajudam na escolha da lâmpada ideal, pois proporciona o que a lâmpada entregará no ambiente, assim terá como saber se está iluminação atendera a norma técnica.

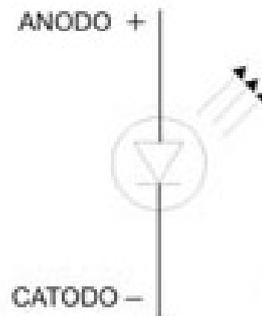
## **2.11 História do LED**

O LED, diodo emissor de luz, está em evidência atualmente, porém, não é uma tecnologia que foi criada agora. Sua invenção/descoberta foi em 1961, quando os pesquisadores norte-americanos Robert Biard e Gary Pittman perceberam que um dos gases contidos no diodo emitia uma radiação infravermelha se conectado a uma corrente elétrica. Em 1962, Nick Holonyak Jr, conseguiu obter a luz visível vermelha de um LED. Somente em 1989 surgiu o LED de luz azul e de luminosidade intensa, já que de 1971 a 1989 os LEDs azuis não tinham intensidade suficiente. Devido a isso foi possível introduzir o LED em dispositivos visuais, como aparelhos de televisão. Cerca de 1999, o LED foi introduzido nas iluminações, com as lâmpadas LED. Essa iluminação foi a aposta do futuro, devido ao LED ter suas vantagens em comparação às lâmpadas convencionais. (G20 ARTIGO,2016).

### **2.11.1 LED**

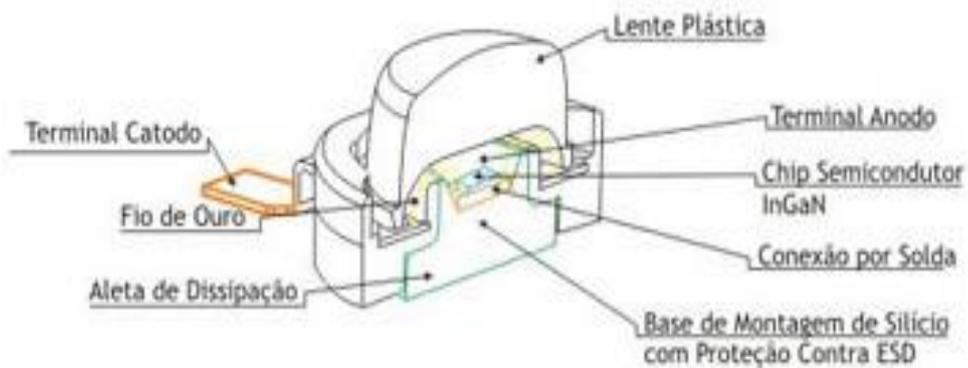
O LED, é um componente eletrônico que tem a função de emitir luz, com sua maior vantagem que é o baixo consumo de energia. Tem vários componentes, porém, o mais importante é seu *chip* semicondutor com a função de gerar luz. Como todo componente eletrônico o LED tem terminais de ligação com polaridades, positivo e negativo, numa linguagem técnica, porém, de um modo mais teórico, o positivo é conhecido como anodo e o negativo como catodo, para identificação de ambos quando for energizar um LED existem algumas formas, porém, distingue a cada fabricante. Existe um símbolo esquemático para LED e explicação dos componentes, conforme a Figura 6 e 7. (MATTEDE,2016).

Figura 6 - Símbolo esquemático de um LED.



Fonte: (AKARI,2021).

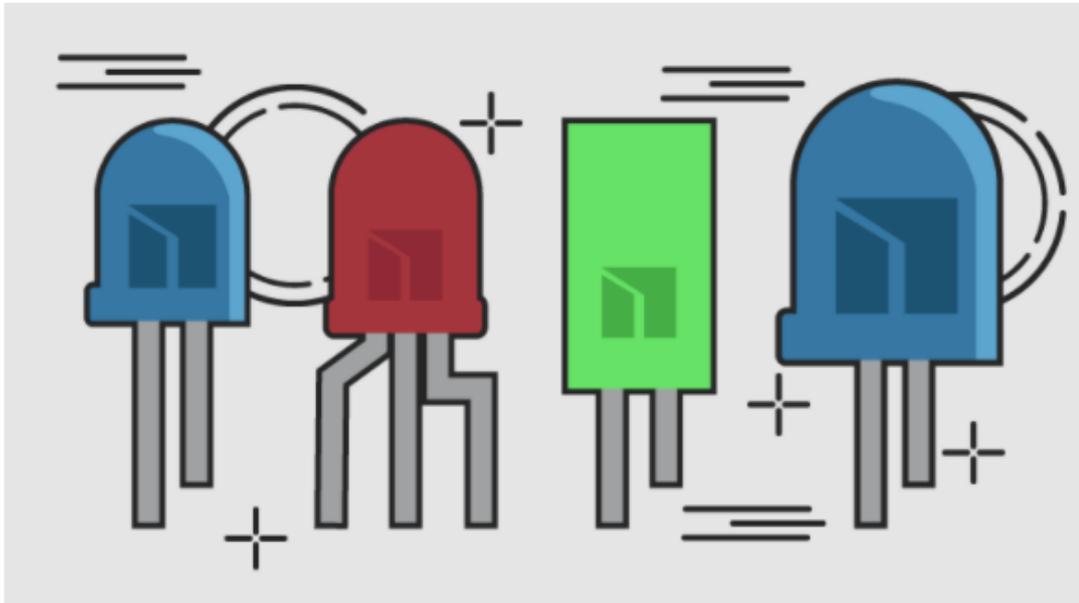
Figura 7 - LED de potência.



Fonte: (AKARI,2021).

O terminal Anodo (+) é mais comprido, já o terminal Catodo (-) é mais curto. Outra maneira de identificar os terminais é observando o chanfro no encapsulamento do LED. O lado que tem o chanfro é o Catodo (-), conforme a Figura 8. (Sala Da Elétrica, 2017).

Figura 8 – LED.



Fonte: (SALA DA ELÉTRICA).

### 2.11.2 Driver

O *driver* para o LED é um circuito eletrônico que controla sua tensão e corrente, tem basicamente a função de um dispositivo eletrônico conversor de energia, onde pode ser encontrado no mercado com modelos alimentados tanto com corrente contínua quanto alternada. Dado que a alimentação do driver pode ser feita com as duas correntes, a energia sempre será convertida para corrente contínua, com controle de tensão constante ou corrente constante compatível com a placa LED aplicada no produto. Sendo assim, o LED pode trabalhar sem altos picos de corrente, o que poderia causar prejuízos para sua estrutura. (CHOCHI,2019).

O Brasil, tem muito da sua iluminação instalada diretamente na rede elétrica em corrente alternada, com uma tensão normalmente de 127V (volt) e 220V, com uma frequência de 60HZ. Existem algumas falhas principais que o *driver* está sujeito, como, alimentação inadequada onde ocorre oscilações na rede elétrica, surtos elétricos, descargas atmosféricas, falhas nos componentes eletrônicos através de manuseios, fabricação e por último a utilização inadequada do driver, fora da especificação do fabricante. (CHOCHI,2019).

### 2.11.3 Vantagens e desvantagens do LED

- Sustentabilidade, as lâmpadas a vapor contêm gases, onde é prejudicial ao solo, quando são descartadas. O LED não contamina nessa proporção, pois, não existem metais pesados em sua composição; (PEDRO REIS,2017).
- Acendimento, lâmpada, vapor metálico necessita de reator para auxiliar na sua partida, para atingir seu ponto máximo de luminância precisa de determinado tempo. Com uma possível queda de energia, necessita desse tempo que varia de fabricante até vida útil da lâmpada para voltar ao seu funcionamento normalmente. Embora o LED não precise de tempo algum, pois, é resistente a vibração e usa o chip para ser acionado ao invés de gases; (PEDRO REIS,2017).
- Vida útil, o LED tem uma vida útil maior que a lâmpada, vapor metálico;
- Fluxo luminoso, está relacionado diretamente com a vida útil da lâmpada, onde que com passar do tempo a intensidade de lumens entregue pela lâmpada a vapor cai drasticamente devido aos gases nela instalada, já o LED além de ter uma vida útil maior chega a perder um pouco da sua eficiência a partir dos seus 70% (PEDRO REIS,2017);
- Economia, a iluminação em LED costuma entregar a mesma quantidade de iluminação ou até mais, consumindo menos energia em watts que a lâmpada a vapor para seu funcionamento;
- Manutenção, para fazer uma manutenção em uma iluminação, LED, conseqüentemente irá mexer só na lâmpada, agora um refletor, por exemplo, de vapor metálico onde necessita de um reator, já terá que mexer em duas coisas, instalando os dois ou descobrir qual deles está com defeito, ainda tem a durabilidade inferior que fará, mas trocas de lâmpadas que o LED. (PEDRO REIS,2017).

### 2.11.4 Refletor LED de alta performance

O refletor LED onde são utilizados para iluminar uma área maior, existem algumas diferenças entre eles, refletores que são encontrados em lojas de material elétrico, geralmente são os convencionais ou *slim*, com uma média de eficiência luminosa de 90 lm/w, Figura 9. Embora esses refletores convencionais não sejam ruins, existem os de alta performance, onde são utilizados em estágio, quadras e até indústrias, porém, são encontrados por fabricantes próprios para esse tipo de iluminação, onde chega a uma média de 154 lm/w, como a Figura 10 mostra.

Figura 9 - Refletor convencional Cristallux.



## Refletor Alta Potência 100W

### Características ▾

- Material: Alumínio
- Potência: 100W
- Voltagem: 100-240V - Bivolt
- Frequência: 50/60Hz
- Fluxo Luminoso: 9000 lúmens
- Eficiência Luminosa: 90 lm/w
- Temperatura da Luz: 3000k (Luz Quente) / 5000k (Luz Fria)
- Ângulo: 120°
- Índice de Proteção: IP66
- IRC: >80
- Vida Útil: 25.000 horas

Fonte:( CRISTALLUX LED,2021).

Figura 10 - Refletor de alta performance.

CLG-J100C	
<b>PROJETOR LED BLINDADO (REFLETOR)</b>	
5 Anos de Garantia	16236 Lumens
105 Watts	IP67
<b>Tensão de trabalho</b>	220-240VAC/90-305VAC
<b>Frequência de operação</b>	50/60Hz
<b>Consumo do sistema</b>	105 Watts
<b>Temperatura de operação</b>	Altitude: 1500m / Temperatura Média
<b>Fluxo Luminoso da Luminária</b>	16236 Lumens
<b>Temperatura de cor padrão</b>	5 000K
<b>Ângulos de abertura do fecho</b>	90°
<b>Garantia</b>	5 Anos de Garantia
<b>Grau de proteção</b>	IP67

Fonte: (CONEXLED,2021).

Pode-se ver a diferença de eficiência dos dois refletores, em questão da qualidade de lumens que entregam pela potência que consomem.

## **2.12 Lâmpada de vapor metálico**

Entre as lâmpadas a vapor, a vapor metálico é bem moderno, vem se aperfeiçoando sendo que esta lâmpada surgiu há cerca de 40 anos. A mesma possui uma boa reprodução de cores, comparado a uma lâmpada de sódio ou mercúrio e tendo uma melhor eficiência, vai depender também do fabricante, porém, na maioria das vezes a lâmpada de vapor metálico se destaca em relação a outras. (MATTEDE,2014).

A lâmpada de vapor metálico possui em torno de uma temperatura de 4000k a sua fabricação tem o formato ovoidal e tubular. A potência da lâmpada muda conforme o fabricante, porém, em média as lâmpadas têm uma potência em torno de 250W a 2000W. Sua vida útil também muda conforme o fabricante, mas fica em média de 15.000h.

### **2.12.1 Funcionamento da lâmpada de vapor metálico**

A lâmpada é construída dentro de tubo quartzo onde são instalados nas extremidades, dois eletrodos, um principal e outro auxiliar. Os eletrodos são ligados em série em uma resistência de valor elevado. No tubo quartzo é inserida uma mistura de metais, com um pouco de mercúrio e também é colocado algum gás inerte, geralmente argônio, para ajudar na formação da descarga inicial. (MATTEDE,2014).

Aplicando uma tensão nos terminais, a lâmpada a vapor metálico cria um campo elétrico entre os dois eletrodos, onde provoca a formação de um arco elétrico entre eles, o arco emite um calor que aquece as substâncias emissoras de luz, causando a ionização do gás e assim a formação do vapor metálico na lâmpada. Elétrons com os átomos do vapor metálico, entram em choque, no tubo quartzo, transformando a estrutura atômica da substância. A luz é produzida pela liberação de energia dos átomos atingidos quando eles retornam a sua estrutura normal, conforme a Figura 11. (MATTEDE,2014).

Figura 11 - Componentes da lâmpada a vapor.



Fonte: (SALA DA ELÉTRICA).

No entanto, não se deve esquecer que para funcionamento da lâmpada a vapor metálico necessita de reator seu funcionamento, não pode ser ligado diretamente na rede. O reator tem a função de estabilizar ou limitar a corrente elétrica, como se fosse um filtro de energia, estabilizando a corrente certa para o funcionamento da lâmpada. (SARAIVA,2015).

Independente da lâmpada utilizada em qualquer ambiente ou seu tipo de funcionamento, deve atender o que as normas técnicas NBR para iluminação, devido a cada ambiente necessitar de um tipo e nível de iluminação.

### 2.13 Norma NBR 5413

A norma traz os valores de iluminância média mínima em iluminações artificiais em interiores, onde realizam atividades de comércio, esporte, indústrias e outros. (NBR 5413,1992).

A norma 5413 foi substituída pela 8995-1 no ano de 2013, apesar de ter sido substituída a 5413 ainda foi mantida como padrão de ambiente corporativo, esta nova norma veio para completar e agregar informações dispostas na ABNT 5413. Não tem problema algum em utilizar as duas normas, pois elas se completam, então, é sempre bem-vindo consulta às duas quando for estabelecer uma iluminância.

## 2.14 Norma NBR 8995-1

Todos ambientes tem que ter uma boa iluminação, para poder se deslocar tranquilamente ou sem danificar em determinados aspectos, devido a certas situações necessitam de iluminação específica. Como foi falado, a norma está ativa desde o ano de 2013, veio com objetivo de substituir a NBR 5413 e a NBR 5382 (1985), porém, hoje se utiliza ainda a 5413 e 8995-1, como complemento para meios de fiscalização. O diferencial da nova norma é que os cálculos apresentados nela, é mais avançado e proporciona um resultado melhor em projetos luminotécnicos.

A norma considera a iluminância, limite referente ao ofuscamento e também ao índice de reprodução de cor mínimo para locais e determinadas tarefas. É considerado e recomendado os valores, que podem atingir as soluções energeticamente eficientes. (NBR 8995-1,2013).

A norma ajuda a saber a quantidade de lux, índice de ofuscamento e também o índice de reprodução de cor mínimo, conforme a Tabela 3 tirada da norma NBR 8995 - 1.

Tabela 3 - Planejamento do ambiente com a especificação da luminância.

ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	$UGR_L$	$R_a$	Observações
Sala de leitura	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Quadro negro	500	19	80	Prevenir reflexões especulares.
Mesa de demonstração	500	19	80	Em salas de leitura 750 lux.
Salas de arte e artesanato	500	19	80	
Salas de arte em escolas de arte	750	19	90	$T_{cp} > 5\ 000\ K$ .
Salas de desenho técnico	750	16	80	
Salas de aplicação e laboratórios	500	19	80	
Oficina de ensino	500	19	80	
Salas de ensino de música	300	19	80	
Salas de ensino de computador	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Laboratório linguístico	300	19	80	
Salas de preparação e oficinas	500	22	80	
Salas comuns de estudantes e salas de reunião	200	22	80	
Salas dos professores	300	22	80	
Salas de esportes, ginásios e piscinas	300	22	80	Para as instalações de acesso público, ver CIE 58 – 1983 e CIE 62 – 1984.

Fonte:( ABNT,2013).

A Tabela 3, foi destacado o ambiente (Salas de esportes, ginásio e piscina), como a proposta desse trabalho é a implementação da iluminação em ginásio poliesportivo, é visto pela norma, o ginásio necessita de 300 lux de luminância, ofuscamento de 22 e no mínimo uma reprodução de cor de 80.

### **2.15 Luxímetro**

O luxímetro é um equipamento que tem como seu conceito principal a iluminância, onde significa a quantidade de iluminação que é entregue ao ambiente. Para o efeito de medição da luminância, ou seja, o nível de luminância, existe uma unidade que é o LUX, onde é pego. lumens (Fluxo luminoso) / m<sup>2</sup> então o luxímetro é um equipamento que mede a intensidade de luz em Lux, o aparelho faz sua medição através do espelho do sensor, que fica na parte frontal do aparelho, conforme a Figura 12. (MINIPA,2011).

Para efeito de medição deve ser levado alguns critérios, como, posicionamento do sensor tem de a fica perpendicular a área de medição, a altura em relação ao solo deve ser igual para todas as medições, o mesmo ambiente tem que ser medido em vários pontos, ficar atento a sombras em relação ao sensor.

Não menos importante quando for fazer uma medição tem que tomar o devido cuidado em relação às iluminações externas sobre ambiente, como no levantamento feito no ginásio poliesportivo escolhido, a quadra não é totalmente fechada, assim uma avaliação feita durante o dia, interferia gradativamente no lux, então uma medição correta será durante a noite, embora também existem algumas interferências durante a noite, como a luz de um poste ao redor da medição e também tem o caso de noite de lua cheia, que pode causar interferência na medição, mesmo que seja pouca.

Figura 12 - Luxímetro digital.



Fonte: O autor.

## 2.16 Software DIALux

DIALux é um *software de design* de iluminação, que visa calcular, projetar iluminações internas e externas. É um programa que facilita e recolhe resultados, como, por exemplo, projetar um ambiente e fazer adaptação da iluminação, LED sem ter que ir ao ambiente e troca toda iluminação para fazer um teste. Apresentando os resultados, será utilizado o *software* DIALux, onde ele consegue projetar em 3D através de uma planta baixa e os resultados através de determinada lâmpada LED escolhida do ambiente. Essa ferramenta pode aplicar a iluminação desejada e necessária por norma, mostrando a eficiência luminosa do local, fator de temperatura e perspectiva do ambiente, para essa ferramenta mostrar esses resultados necessita de um mapeamento que vai ilustrar um esboço do ginásio poliesportivo escolhido.

### 3. METODOLOGIA

Existem muitos pontos positivos em migrar a iluminação convencional para a tecnologia LED, entretanto conhecer todos os detalhes para adquirir um produto de qualidade não é uma tarefa fácil, exigindo cada vez a especialização dos profissionais da área.

Para aplicar todo estudo referente a iluminação, LED, foi escolhido um ginásio poliesportivo situado na cidade de Três Corações - MG, devido a não ter uma iluminação tão eficiente ter uma quantidade de lâmpada relativamente alta e mal distribuída. Para elaboração dos resultados, foi dividido em alguns pontos, estudo do local, iluminação instalada, proposta de uma iluminação, mas eficiente, ganhos e retorno financeiro com a aplicação.

#### 3.1 Iluminação do ginásio

O ginásio tem uma iluminação de 24 lâmpadas a vapor metálico, com uma potência individual de 400W e com um total de 9600W. A edificação não está com uma iluminação adequada devido à má distribuição dos refletores, existem pontos mais iluminados e outros não, isso causa sombra em alguns pontos e ofuscamento em outros, devido ao excesso de iluminância, conforme a Figura 13.

Figura 13 - Distribuição incorreta dos refletores.



Fonte: O autor.

(4)

$$\begin{aligned} \text{Consumo: Potência (w) x Horas (h) x Mês (30) / 1000} &= \text{Kwh/mês} \\ 9600\text{W} \times 2\text{h} \times 30 \text{ dias} / 1000 & \\ \text{Kwh/mês} &= 576 \\ \text{Kwh/Ano} &= 6912. \end{aligned}$$

Como podemos ver pela Equação 4 do consumo do ginásio, fica em média de 576 Kwh/mês, esse consumo varia dependendo do mês, portanto, em média a quadra fica ligada 2 horas por dia, no período de hora ponta (HP), que tem um preço da tarifa mais elevado.

### 3.2 Custo

Como levantamento de dados, foi escolhido algumas lojas de material situada na cidade de Três Corações, inclusive a loja que fornecesse material para o clube onde fica situado esse ginásio poliesportivo. Uma lâmpada a vapor metálico para seu funcionamento, são necessários alguns itens, como:

- Lâmpada a vapor metálico de 400W;
- Reator 400w/220V;
- Bocal E40;
- Refletor de alumínio.

Portanto, são necessários esses equipamentos além do circuito que já está instalado no local para o funcionamento de uma lâmpada a vapor metálico que está instalada no ambiente, às vezes comprando o refletor de alumínio já vem com o bocal E40, porém, não são todos.

No local está instalado os seguintes itens, como, lâmpadas da Kian de 400W/220V, reator Intral de 400W/220V, bocal de louça E40 instalado num projetor Olivo RC400P. As Figuras 14 e 15 mostram os respectivos equipamentos da lâmpada.

Figura 14 - Modelo de equipamentos instalado no local.



Fonte: O autor.

Figura 15 - Modelo de projetor.



Fonte (OLIVO, MAIO,15,2021).

É necessário saber o custo que sai para comprar uma lâmpada a vapor metálico por completas, pois, para fazer uma comparação com o LED, onde é a proposta para substituir essas lâmpadas, quando comprado ele vem por completo, não necessita de nenhum equipamento auxiliar para seu funcionamento, como, por exemplo, um reator, ou seja, é necessário somente a rede para seu funcionamento, pois, o equipamento é bivolt (100v a 240V).

Então por comparação o preço do equipamento dessa lâmpada é muito importante. Foi feito um orçamento nas lojas situadas na cidade, principalmente onde fornece material para o ginásio, descrito da Tabela 4.

Tabela 4 - Orçamento do refletor e a média de preço.

LOJAS	Lâmpada	Reator	Refletor + Bocal E40	Total
Loja 1	R\$ 60,00	R\$ 155,00	R\$ 60,00	R\$ 275,00
Loja 2	R\$ 82,00	R\$ 140,00	R\$ 62,00	R\$ 284,00
Loja 3	R\$ 71,00	R\$ 154,00	R\$ 60,00	R\$ 285,00
			<b>Média</b>	<b>R\$ 281,33</b>

Fonte: O autor.

A Tabela 4 trouxe um valor médio de R\$281,33 para ter uma lâmpada vapor metálico por completo. Esse valor pode alterar conforme a marca do fabricante e também a quantidade de lâmpadas compradas.

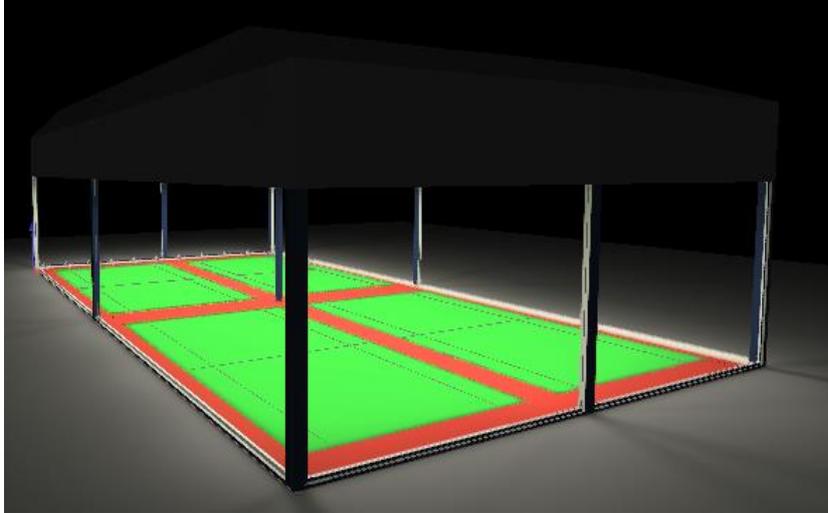
### 3.3 Mapeamento

Como meio de obter os resultados da eficiência da iluminação LED, será necessário a implementação delas, para fazer isso sem ter que substituir as lâmpadas no local, terá que fazer um projeto luminotécnico, através de um mapeamento da planta baixa no local.

Para a executar o mapeamento do ginásio poliesportivo foi necessária uma planta baixa em DWG feita por outro *software* (AutoCAD) e exportada para o DIALux onde foi construída a edificação.

A edificação possui uma área total de 648 m<sup>2</sup>, sendo 36 m de comprimento por 18 m de largura com pé direito de 7 m. Nesta área existem quatro quadras que podem ser utilizadas para algumas categorias de esporte, conforme as perspectivas mostradas na Figura 16 e 17.

Figura 16 - Ginásio perspectiva da iluminação.



Fonte: O autor.

Figura 17 - Edificação feita no DIALux, vista superior.



Fonte: O autor.

### **3.4 Características técnicas da lâmpada LED escolhida para a implementação**

No mercado existe vasta variedade de refletores LEDs, então para escolher um ideal foi elaborado uma pesquisa, no Brasil tem empresas que fabricam refletores de alta performance, que geralmente não são comercializadas nas lojas físicas de materiais elétricos. Esse refletor entrega uma grande quantidade de lumens, consumindo menos energia que lâmpadas convencionais e até alguns modelos de LEDs comuns e mais baratos.

O refletor para ser implementado em meios de comparação com a lâmpada vapor metálico é o Conexled linha Indaiá, modelo CLF-MP150C. Esse projetor possui um sistema modular que proporciona facilidade na manutenção e proporciona ótimo desempenho e versatilidade em aplicações.

Devido ao avançado sistema óptico, o conjunto de LED e lente proporciona alta uniformidade luminosa e excelente distribuição da luz, reduzindo o ofuscamento e aumentando os índices de iluminação. (CONEXLED,2021).

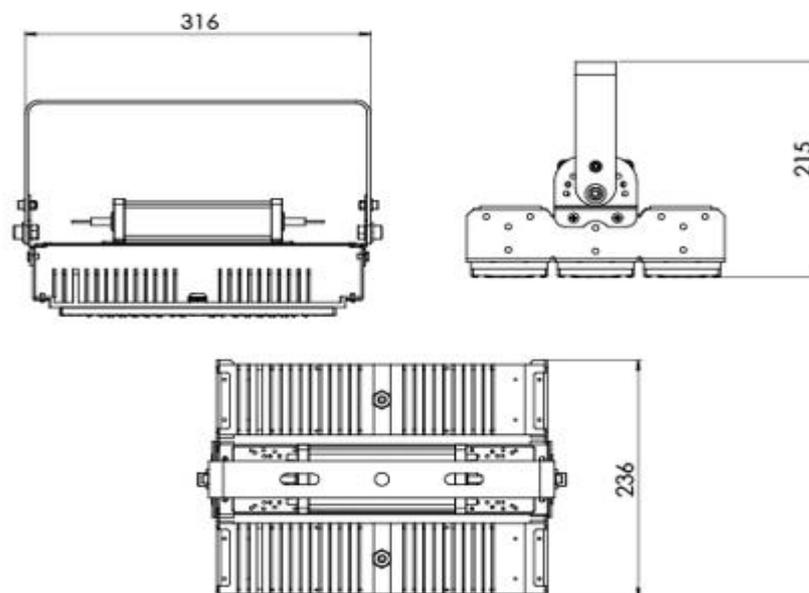
Esse projetor trabalha com uma tensão de 110-240VAC, com uma potência de 147 Watts e entrega uma quantidade de luz de 19.720 lm. A temperatura de cor deste refletor é de 5000K com um ângulo de abertura de fecho de 90<sup>o</sup>, trabalhando numa frequência de 50/60 HZ, mostrado na Figura 18 e 19. (CONEXLED,2021).

Figura 18 - Refletor LED CLF-MP150C.



Fonte: (CONEXLED,2021).

Figura 19 - Medida refletor LED.



<b>Medidas</b>	316 x 215 x 236mm
<b>Peso</b>	3,7 kg
<b>Material do Corpo</b>	Alumínio

Fonte: (CONEXLED,2021).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Resultado da medição no ginásio com as lâmpadas a vapor metálico

Com base no ginásio poliesportivo Figura 20 citado neste trabalho, foi utilizado um luxímetro da marca Minipa, modelo MLM — 1020, para efeito de medição da intensidade de iluminação do local. A medição do lux feito nessa quadra, foi em vários pontos, incluído o mais importante que é perto da rede, pois, essa quadra a rede é mais usada como esporte de peteca e vôlei, por exemplo.

Figura 20 - Ginásio poliesportivo.



Fonte: O autor.

Figura 21 - Medição em LUX no ginásio.



Fonte: O autor.

Verifica-se na Figura 21 em relação às medições da quadra poliesportiva escolhida, a medição onde está 512 lx está próximo da rede, ou seja, no meio da quadra, já na outra medição está medindo 188 lx, que se encontra nas laterais da quadra cerca de 2 metros.

Sendo assim, conforme é previsto pela norma uma média de 300 lux em uma quadra poliesportiva, a iluminação a vapor metálico que se encontra no ambiente não está qualificado conforme o que a norma pede, pela Figura 20 é possível perceber que a um sombreamento em determinados pontos e excesso de luminância em outros que causa ofuscamento, devido ao mau dimensionamento de iluminação e posição das luminárias.

Embora tenha esses pontos negativos, tem como ser feito corretamente essa iluminação através de um projeto luminotécnico, dividindo corretamente os espaços entre refletores, colocando uma iluminação LED com uma eficiência luminosa melhor e entregando 300 lx conforme a norma NBR 8995-1 pede.

## 4.2 Resultados da implementação da iluminação LED no ginásio

A implementação da iluminação LED foi feita através do *software* DIALux evo, com intuito de apresentar como a iluminação dos projetores Conexled linha Indaiá se comportam no ambiente.

Conforme a Figura 22 foram utilizados 24 projetores LEDs ConexLED no ginásio, com uma potência total 3528W e um fluxo luminoso de 473256 lm, assim a eficiência luminosa desse refletor chega a 134.1 lm/w.

Figura 22 - Dados da luminária aplicada no software.



Fonte: O autor.

A Conexled empresa fabricante dos refletores projetado no ginásio forneceu um orçamento sobre o produto, na Figura 23 está o resultado, onde o valor unitário de cada refletor está custando R\$799,02, porém com o imposto do produto industrializado sai R\$918, 87 cada. Como no ginásio serão utilizados 24 refletores LED o valor total sairá em média R\$22052,95, entregue em 30 dias utei no máximo.

Figura 23 - Orçamento dos valores do refletor LED.

COOII00	Produto(s) Detalhe Técnico						ct. fiscal	
01104190007	CLF-MP150CK50CF90 - PROJETOR MODULAR LED - 5.000K - LENTE 90°						9405.10.93	
Dias úteis entrega	UM / Ord.	vl. unitario	aliq. icms	aliq. Ipi	Valor Ipi Unitario	Valor Dital / ST Unitario	valor UNIT. c/ imposto	
30	PC / 24	R\$ 799,02	% 12	% 15	R\$ 119,85	R\$	R\$ 918,87	
Valor dos Produtos		19.176,48	Valor total IPI		2.876,47	Base Icms		22.052,95
Frete			Seguro			Base Icms sub.		
VL total Icms		2.646,35	VL Icms Sub			Base desp. acess.		
Despesas acessórias			Total dos Produtos + Ipi		R\$ 22.052,95	<b>TOTAL DO ORÇAMENTO</b>		R\$ 22.052,95

Fonte: (CONEXLED,25, SETEMBRO,2021).

A Figura 24 mostra resultados através do *software*, sendo a implementação do refletor LED CLF-MP150 C. Na imagem é possível ver o resultado mínimo, máximo e médio em lux a 1 metro de altura entregue no ginásio e em cada quadra da edificação, sendo assim, a iluminação atingiu os 300 lx que a norma NBR 8995-1 exige em um ginásio conforme a segunda coluna da Figura 24.

Figura 24 - Quantidade de iluminância no ginásio com os refletores LED.

DIALux

TCC 2

Edifício 1 - Andar 1  
**Objectos de cálculo**

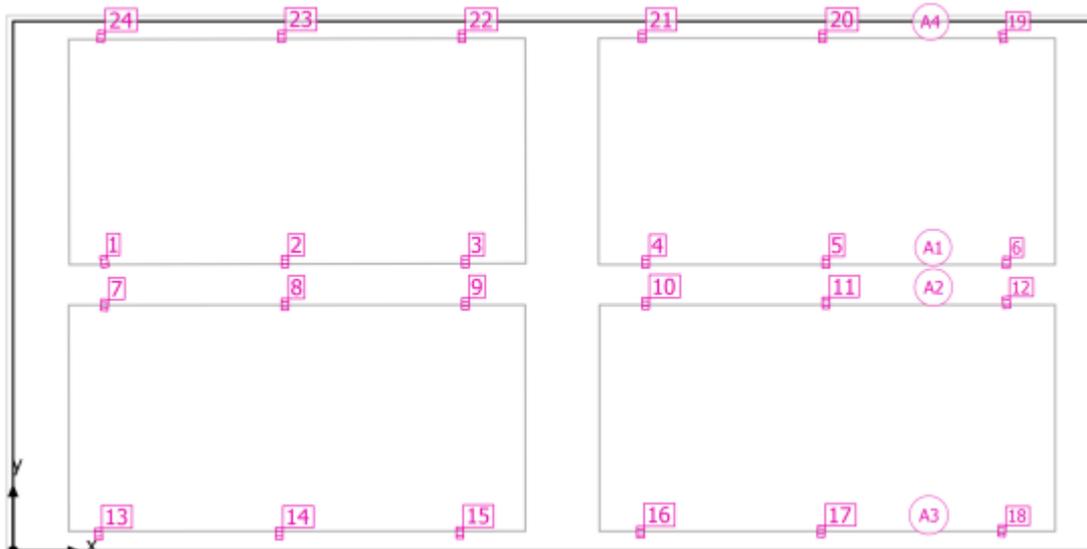
Níveis de uso

Propriedades	E (Nominal)	E <sub>min</sub>	E <sub>máx</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Índice
Plano de uso (Ginásio ) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 1.000 m, Zona marginal: 0.000 m	467 lx (≥ 300 lx) ✓	187 lx	655 lx	0.40	0.29	S2
Quadra 1 Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 1.000 m, Zona marginal: 0.000 m	485 lx (≥ 300 lx) ✓	345 lx	616 lx	0.71	0.56	S3
Plano de uso (Quadra 3) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 1.000 m, Zona marginal: 0.000 m	484 lx (≥ 300 lx) ✓	337 lx	611 lx	0.70	0.55	S4
Plano de uso (Quadra 4) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 1.000 m, Zona marginal: 0.000 m	479 lx (≥ 300 lx) ✓	309 lx	615 lx	0.65	0.50	S5
Plano de uso (Quadra 2) Potência luminosa perpendicular (adaptivo) Altura: 1.000 m, Zona marginal: 0.000 m	482 lx (≥ 300 lx) ✓	306 lx	621 lx	0.63	0.49	S6

Fonte: O autor.

A Figura 25 mostra a posição dos 24 refletores distribuídos no ginásio, os refletores foram direcionados para as 4 quadras que tem na edificação com uma distância igual um do outro. Em média, cada quadra tem 6 projetores em sua direção, com o propósito de deixar a intensidade luminosa o mais adequada possível.

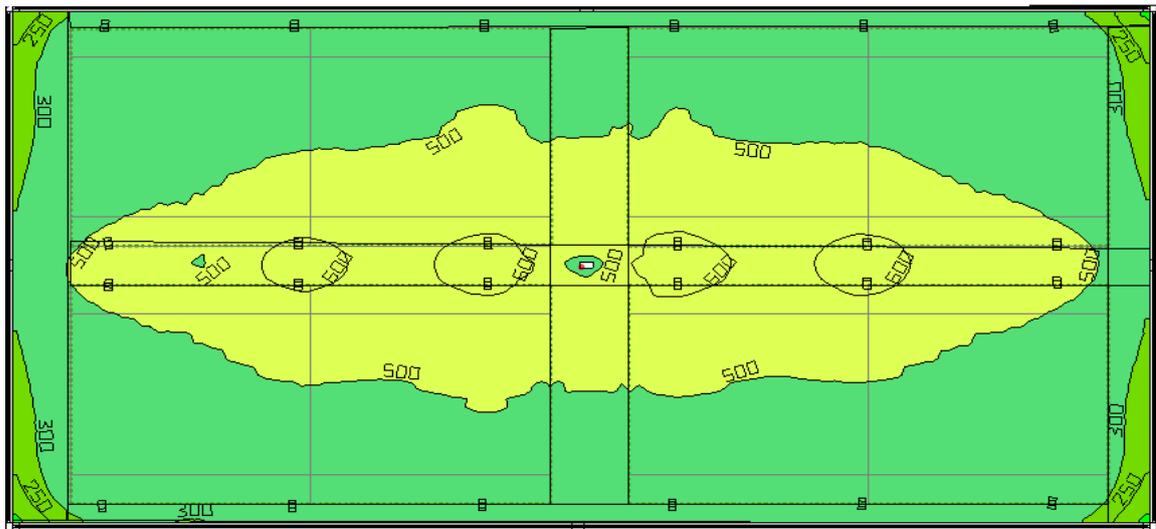
Figura 25 - Posição das luminárias no ginásio



Fonte: O autor

Com a distribuição dos refletores, posição e a eficiência luminosa que eles entregam, através das cores falsas e linhas isométricas, no *software* é capaz de ver os resultados que vão proporcionar no ambiente conforme a Figura 26. Sendo assim os resultados são que no ginásio na parte amarela está apontando uma média de 500 lux, já na parte verde 300 lx, atingindo o que a norma NBR 8995 -1 pede.

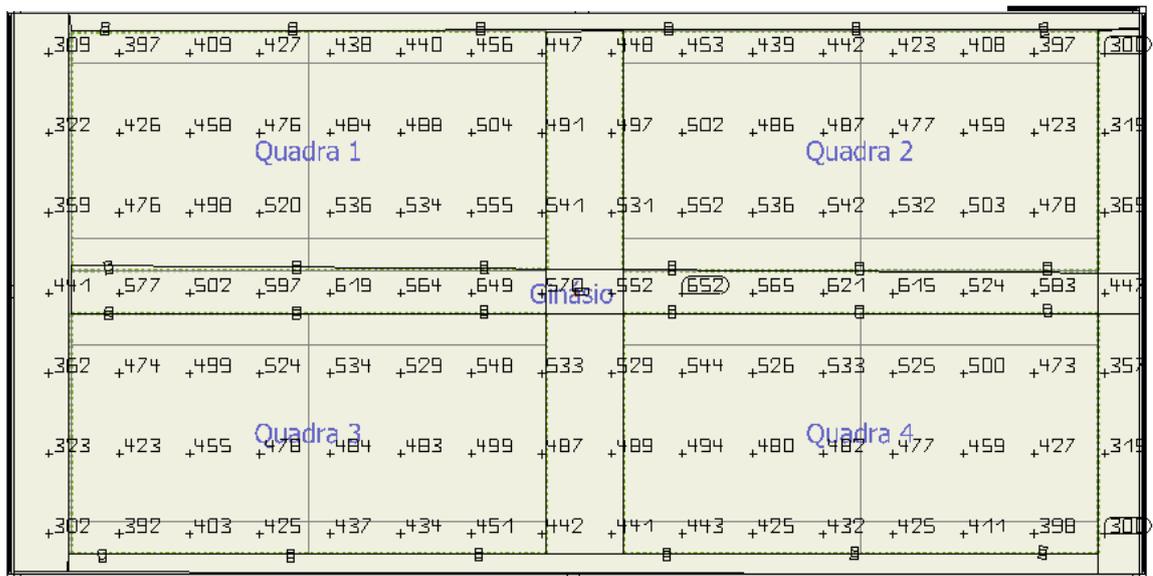
Figura 26 - Cores falsas e linhas isométricas (lx), ginásio



Fonte: O autor

Na Figura 27 é possível ver que em cada ponto do ginásio a quantidade de lux entregue e também o ponto máximo e mínimo, sendo de 652 lx e 300lx.

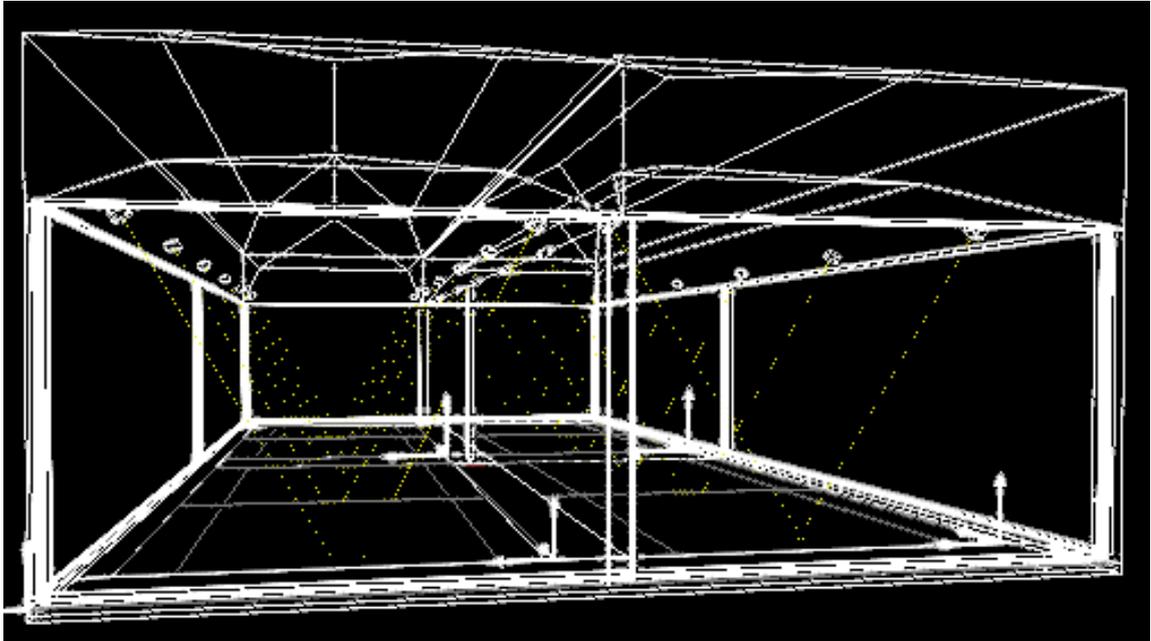
Figura 27 - Marcação por ponto em lux no ginásio



Fonte: O autor

A visão de grelha na Figura 28, mostra, a direção dos refletores na edificação, é possível perceber o alinhamento de ambos que traz melhores resultados no desempenho da iluminação.

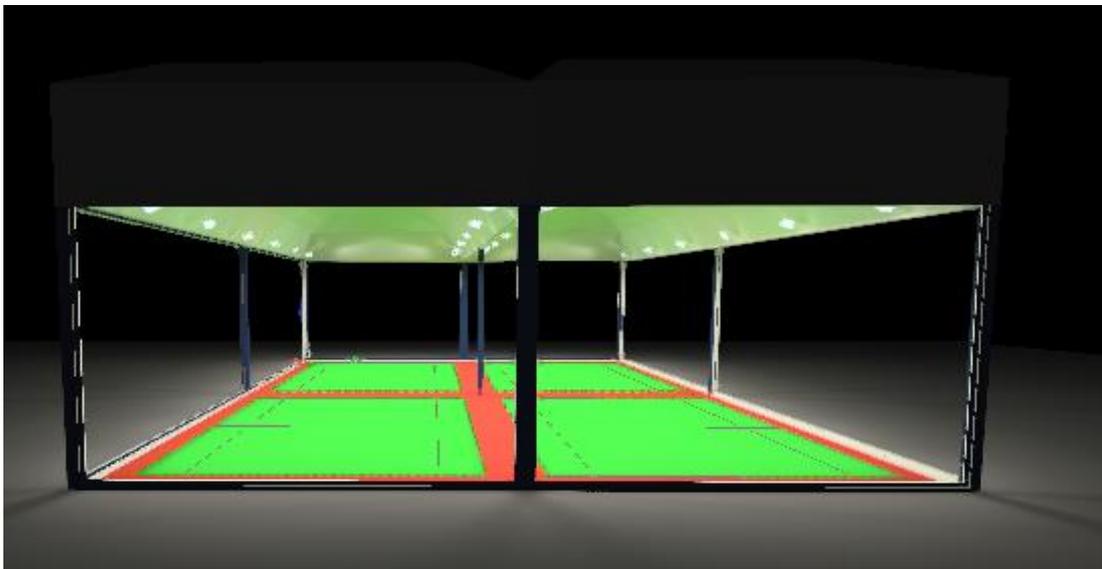
Figura 28 - Visão grelha de arame direção dos refletores ginásio



Fonte: O autor

A Figura 29 mostra a perspectiva de como fica a iluminação do ginásio com a implementação da iluminação LED, um ambiente com uma iluminação de 5000k, com uma média 467 lx, atendendo que a norma exige e também uma distribuição correta dos refletores.

Figura 29 - Perspectiva da iluminação LED.

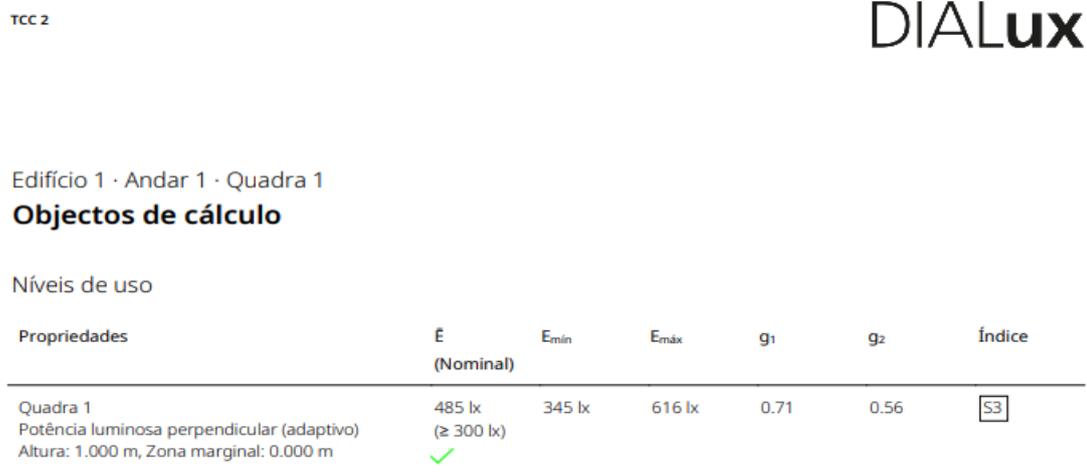


Fonte: O autor.

### 4.3 Resultados da implementação da iluminação LED na quadra

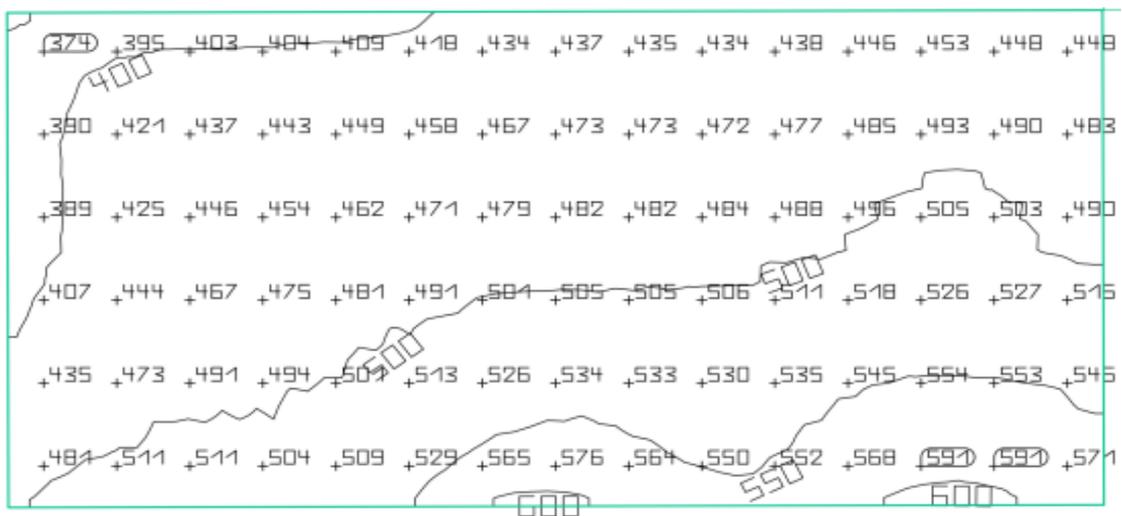
Para ser mais específico nos resultados, foi escolhido uma quadra do ginásio, onde teve uma média de 485 lx com ponto máximo de 616 lx e mínimo de 345 lx. Esse nível de iluminância foi calculado a 1 metro de altura, sendo que nesta quadra é utilizado esporte com rede, medindo o ponto mais baixo de 1 metro, conforme a Figura 30. Na Figura 31 e 32, mostra os resultados das cores falsas, linhas isográficas e a marcação por ponto na quadra.

Figura 30 - Resultados em lux da quadra 1.



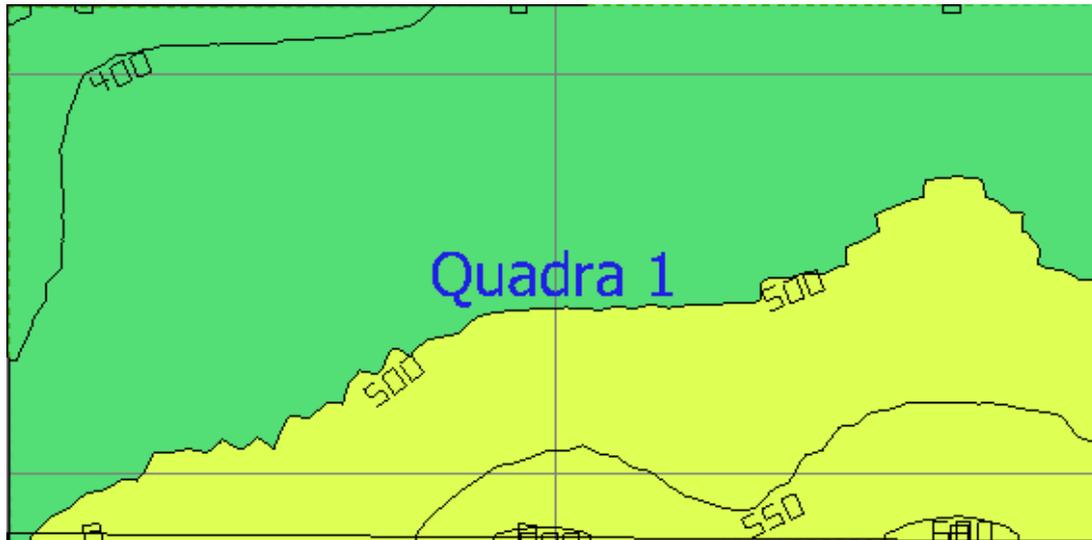
Fonte: O autor.

Figura 31 - Linha isográficas e marcação por ponto em lux.



Fonte: O autor.

Figura 32 - Cores falsa e linhas isográfica quadra 1.



Fonte: O autor.

#### 4.4 Comparação da lâmpada a vapor metálico e LED

Os resultados da implementação da iluminação LED mostram que realmente satisfaz os requisitos que a norma pede NBR 8995 -1 pede. Embora para saber qual lâmpada é mais eficiente e se realmente compensa o investimento na substituição das lâmpadas, é preciso fazer uma comparação entre elas.

##### 4.4.1 Eficiência luminosa

A Tabela 5 foi feita no Excel, onde foram produzidos os cálculos da quantidade de luz emitida, dividido pela energia consumida da lâmpada em Watts. Obteve os seguintes resultados, a lâmpada LED implementada tem uma eficiência de 134,14 Lm/W, enquanto a lâmpada de vapor metálico no local tem 80 Lm/W. Isso significa que a lâmpada LED se sobressai, pois, quanto maior o resultado, maior será o nível de iluminância no ambiente.

Tabela 5 - Eficiência luminosa.

<b>Eficiência Luminosa</b>	<b>Watts</b>	<b>Lumens</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Lm/W</b>
Lâmpada vapor metálico	400	32000	24	80
Lâmpada LED	147	19720	24	134,1497

Fonte: O autor.

#### 4.4.2 Consumo anual

Consumo anual conforme a Tabela 6, foi feito no Excel, onde retrata a quantidade de lâmpadas vezes a potência de cada lâmpada, vezes o consumo de 2 horas por dia, durante 30 dias, 12 meses e multiplicado por 1000 para obter o resultado da unidade (K). O resultado foi de 6912 Kwh/ano para a lâmpada de vapor metálico e 2540,16 Kwh/ano para o LED. A diferença do consumo das duas lâmpadas é de 4371.84 Kwh/ano, ou seja, este valor é a economia anual que terá com a implementação da iluminação LED.

Tabela 6 - Consumo Anual.

<b>Consumo anual</b>	Qtd	Watts	Hora(s)	Mês (30)	Ano (12)	K	Consumo Kwh/ano
Lâmpada vapor metálico	24	400	2	30	12	1000	6912
Lâmpada LED	24	147	2	30	12	1000	2540,16

Fonte: O autor.

#### 4.4.3 Retorno financeiro

A Figura 33, é os valores das tarifas retiradas da conta de energia do clube onde fica situado o ginásio, assim é possível notar que existem alguns tipos de tarifa na conta como a demanda ativa onde é o custo fixo de energia contratada pelo clube, energia ativa HFP, demanda para os horários fora de Ponta, energia ativa HP, demanda para os horários Ponta, esse tarifa que será utilizado para meios de cálculos do retorno financeiro, sendo que a iluminação do ginásio só acende neste horário, por volta das 18:00h até as 20:00h.

A tarifa de energia reativa Kwh HFP, é uma multa aplicada pela concessionária, por um desperdício de energia. Com a implementação da iluminação LED pode minimizar esse valor cobrado na conta, pois em qualquer equipamento, uma parte da energia gerada é perdida, porém, quantidade dissipada na conversão da energia elétrica em energia para o funcionamento do equipamento LED é menor que a lâmpada a vapor que tem um reator para seu funcionamento.

Figura 33 - Descrição tarifas da fatura.

Informações Gerais	Valores Faturados			
Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 2.877, de 25/05/2021. ICMS aplicado conforme Lei nº 21.781/15. Conforme DECRETO Nº 46.213, DE 11 DE ABRIL DE 2013, não será exigido o recolhimento do ICMS sobre a parcela de Demanda de Potência não utilizada Considerar nota fiscal quitada após débito em sua c/c. AGENTE DE RELACIONAMENTO: ADEMAR NERY MACIEL E-MAIL: maciel@cemig.com.br	<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Tarifa/Preço</b>	<b>Valor(R\$)</b>
	Demanda Ativa kW HFP	157	20,73174985	3.254,87
	Demanda Ativa kW HFP s/ ICMS	43	15,54881239	668,59
	Energia Ativa kWh HFP	21.280	0,61603711	13.109,25
	Energia Ativa kWh HP	4.480	2,34101357	10.487,72
	Energia Reativa kWh HFP	700	0,38130515	266,89
	<b>Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar</b>			
	Bandeira Vermelha P2			3.411,27
AGO/2021 Band. Verm. P2 - AGO/2021 Band. Verm. P2				

Fonte: O autor.

Conforme a Figura 33, a descrição da fatura que será utilizada para meios de cálculos será apenas a energia ativa KWh HP, devido ao ginásio só ser utilizado no período de horários ponta (HP), onde a tarifa é de R\$2,34101357 e tem o valor mais alto.

Assim, utilizando a economia do consumo Kwh/ano da iluminação LED, multiplicado pela tarifa de HP, teremos um resultado um retorno de R\$10234,52/ano.

Dividindo o valor do custo da implementação da iluminação LED R\$22052,95, pela economia do consumo anual R\$10234,52, terá um retorno financeiro de 2,15 anos, a Tabela 7 mostra o resultado do retorno financeiro.

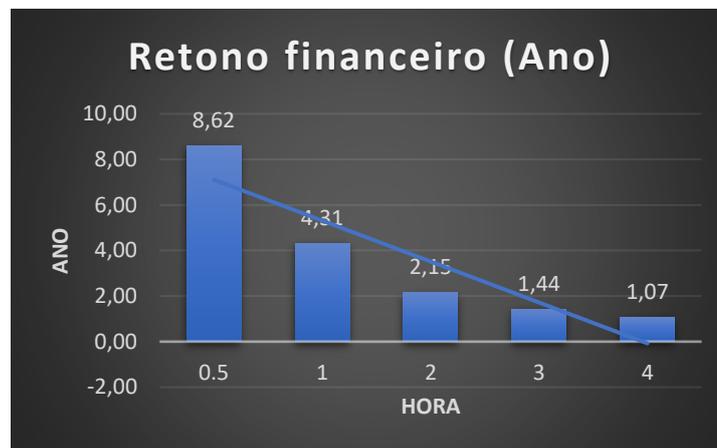
Tabela 7 - Retorno financeiro

Consumo Eco Kwh/ano	Valor Kwh	Custo iluminação	Retorno em anos
4371,84	2,34101	22052,95	2,154761289

Fonte: O autor

A Figura 34 representa o retorno financeiro em anos referente à quantidade de horas que o ginásio ficaria acesso no horário de ponta. O ginásio fica em média 2 horas, então o resultado dele em retorno financeiro é de 2 anos e 56 dias. Portanto, mostra que é possível pagar o investimento na implementação da iluminação LED em média 2 anos e 2 meses, então é sim viável o investimento, sendo que ao passar desses anos, a economia com o valor da tarifa cobrada hoje, é de R\$10234,52/ano. Embora esse valor de economia durante o ano, possa variar devido ao valor da tarifa.

Figura 34 - Retorno financeiro



Fonte: O autor.

A Figura 34 mostra também a linha de tendência e caso o ginásio ficasse aceso com outra quantidade de horas durante o horário ponta e assim mostrando quantos anos levaria para obter o retorno financeiro da implementação da iluminação.

## 5 CONCLUSÃO

Migrar de uma iluminação a vapor para o LED é um ponto importante para o desenvolvimento tecnológico, como tratado neste trabalho, existem vários pontos que devem ser comparados para escolha de uma lâmpada adequada, até na iluminação LED. O objetivo é utilizar tecnologia LED para substituir uma iluminação do ginásio de vapor metálico, assim, comparar as duas lâmpadas, verificar o desempenho, viabilidade, eficiência e retorno financeiro alcançado.

O resultado obtido é positivo, tendo em vista as comparações, mostra que o refletor LED predomina sobre a lâmpada de vapor metálico e o retorno financeiro é uma consequência da economia de energia que a tecnologia LED vai entregar. Este retorno é numa média de 2 anos e 2 meses, utilizado 2 horas por dia, valendo o investimento na implementação da iluminação. Contudo, a iluminação instalada atualmente no ginásio não está bem distribuída e nem conformidade com a norma, então fazendo a troca da iluminação, não será apenas o retorno financeiro, também terá uma iluminação bem distribuída, economia em Kwh e atendendo a iluminação recomendada pela norma NBR 8995 -1 para um ginásio poliesportivo.

Os resultados coletados tanto com a medição com luxímetro no ginásio como com a iluminação de vapor metálico e a perspectiva dos resultados através do *software* com a iluminação LED, mostra alguns meios que podem ser utilizados como recurso para obter os resultados, sem ter que implementar, na prática, a iluminação e testar. Este recurso é importante para o desenvolvimento e investimento de um projeto de iluminação.

Então quando for, colocar uma iluminação em determinado ponto que não tenha iluminação. O LED é uma boa opção, embora quando for substituir uma iluminação em um local, é bom verificar se a iluminação vai atender os padrões recomendados pela norma no ambiente e o *payback*, quanto tempo levaria referente ao gasto com essa substituição, pois, dependendo da situação o investimento é longo.

## 6 REFERÊNCIAS

EVERTON MORAIS. **Como funcionam as lâmpadas LEDs e suas principais características**. Disponível em: < <https://www.saladaeletrica.com.br/como-funcionam-as-lampadas-leds>>. Acesso em: 13 setembro de 2020.

MUNDO DA ELÉTRICA. **O que é LED**. Disponível em: < <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-led/> >. Acesso em: 14 setembro de 2020.

MAURO MASSANORI MIYASHIRO. **Avaliação de eficiência energética de lâmpada LED**. Disponível em: < <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-led/>> Acesso em: 14 de setembro de 2020.

CÁSSIA CRUZ LUIZ. **Estudo de eficiência energética em luminária**. Disponível em: < <http://sistemabu.udesc.br/> >. Acesso em 18 de setembro de 2020.

G – LIGHT. **Vantagem do Refletor LED para iluminação**. Disponível em: < <https://www.glight.com.br/> >. Acesso em 29 de setembro de 2020.

NBR 5413. **Iluminância de Interiores**. Acesso em: 10 de novembro de 2020.

G20 BRASIL. **A história e as vantagens da lâmpada LED**. Disponível em: < <http://www.g20brasil.com.br/a-historia-e-as-vantagens-da-lampada-led> > Acesso em: março.2021.

POWER LUME. **Lúmen, Candela e Lux | Conceitos básicos**. Disponível em:< <https://www.powerlume.com.br/> > Artigo. Fevereiro, 2019.

AKARI. **Como funciona o LED**. Disponível em: <<https://www.akarilampadas.com.br/>> Acesso em: maio.2021.

SALA DA ELÉTRICA. **Como funcionam as lâmpadas LEDs e o que é um LED.**

Disponível em: < <https://www.saladaeletrica.com.br/como-funcionam-as-lampadas-leds> >

Acesso em: abril.2021.

MUNDO DA ELÉTRICA, Henrique Mattede. **O que é lâmpada de vapor metálico e suas aplicações.** Conceitos de eletricidade. Disponível em: <[www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-lampada-de-vapor-metalico-e-suas-aplicacoes](http://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-lampada-de-vapor-metalico-e-suas-aplicacoes) > Acesso em: abril.2021

NBR 8995 – 1. **Iluminação de ambientes de trabalho.** ABNT,2013. Acesso em: maio.2021.

CRISTALLUX LED. **Refletores LED.** Disponível em: < <http://www.cristallux.com.br/> >

Acesso em: 15 maio 2021.

CONEXLED. **Refletores para iluminação.** Disponível em: <

<https://www.conexled.com.br/produtos/blindados-ou-com-vidro> > Acesso em: maio.2021.

PLANETA LED. **Vida útil das lâmpadas.** Disponível em: < [planetaledbrasil.com.br](http://planetaledbrasil.com.br)

>Acesso em: abril.2021.

BLUELUX. **O que observar na hora de comprar lâmpadas.** Disponível em: < [bluelux.com](http://bluelux.com)

> Acesso em: abril.2021.

O SETOR ELÉTRICO. Juliana Iwashita Kawasaki. **UGR – Novo parâmetro para análise do controle de ofuscamento.** Edição 63 – abril 2011. Disponível em <

<https://www.osetoreletrico.com.br/> > Acesso em maio.2021.

FELIPE ALBINO DA SILVA SANTOS. **Eficiência energética da indústria e luminotécnica.** Rio de Janeiro Agosto de 2013. Acesso em março 2021.

MARCELO MARCO. **Estudo da viabilidade econômica de lâmpadas LED na substituição de lâmpadas comerciais.** Foz do Iguaçu – PR 2013. Acesso em março 2021.

ROGER SARAIVA AGUERA. **Cenário brasileiro da iluminação pública.** São Carlos, 2015. Acesso em abril 2021.

JULIANA ZANDONA FERREIRA. **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes tubulares T8 e tubulares de LED.** Curitiba,2014. Monografia de especialização. Acesso em maio 2021.

CONEXLED. **Projektor, produtos linha Indaía.** Disponível em: < <http://www.cristallux.com.br/> > Acesso em: 10 setembro 2021.

ILUMINIM. **CONSUMO DE ENERGIA: O QUE É FATOR DE POTÊNCIA E ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DA COR.** Disponível em: < [iluminim.com.br/](http://iluminim.com.br/) > Acesso em 10 outubro 2021.

AUTOCAD. **Software do tipo CAD, desenho auxiliado por computador.**

DIALUX EVO. **Software de simulação real dos efeitos de luz de forma interativa.**

DEIVISION, Leandro. CLÁUDIO, Gleidson. TAIZE, Junia. **REDUÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA UTILIZANDO TECNOLOGIA LED.** UNIBH,2013, MG.

EPE, ABCDENEGIA. **Matriz Energética e Elétrica.** Disponível em < [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)> Acesso em maio 2021.