

## **A ILUMINAÇÃO ADEQUADA PARA UM PACIENTE EM LEITO HOSPITALAR**

*ASSIS, Ronaldo Claudio de. <sup>1</sup>*  
*Centro Universitário Academia – UniAcademia*  
*Fernando José Nogueira<sup>2</sup>*  
*Centro Universitário Academia – UniAcademia*

Linha de pesquisa: Eficiência Energética

### **RESUMO**

O presente trabalho é um estudo sobre a importância de se desenvolver um projeto luminotécnico utilizando tecnologia LED no interior de áreas hospitalares a partir da avaliação da atual iluminação de um leito de hospital em Juiz de Fora - MG, a fim de propor uma adequação da iluminação focando o resultado no melhor aproveitamento energético e bem-estar dos pacientes. Para se alcançar tais objetivos, apresenta-se inicialmente, revisão bibliográfica sobre conceitos luminotécnicos, tipos de lâmpadas, os impactos e potencialidades da luz artificial e seus efeitos psicológicos no tratamento dos pacientes. Em seguida é feita uma análise de campo com a proposta de aplicação de um projeto por simulação adaptado ao ambiente. Acredita-se que a pesquisa tenha grande relevância para a Engenharia Elétrica ao apresentar com as medições in loco a repercussão positiva da iluminação de LED em âmbito hospitalar, além de reforçar novas técnicas de um projeto luminotécnico na área da saúde. Por fim, é feita uma discussão dos resultados e proposta de intervenção que buscam esclarecer pontos importantes na compreensão de intervenções necessárias em sistema de iluminação para conforto visual e bem-estar.

**Palavras-chave:** Conforto visual. Iluminação artificial. Iluminação hospitalar. LEDs. Projeto luminotécnico.

---

<sup>1</sup> Discente do curso de graduação em Engenharia Elétrica da UniAcademia.

<sup>2</sup> Professor do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia – UniAcademia.

## 1 INTRODUÇÃO

Esse estudo envolve determinar qual deve ser a iluminação mais adequada para proporcionar conforto em um leito hospitalar, uma vez que essa afeta o rendimento interno da equipe de saúde em suas atividades, pode provocar posteriores acidentes de trabalho, além de prejudicar ou até mesmo retardar a recuperação de pacientes em tratamento.

O artigo ora desenvolvido é fundamentado em uma análise de referências bibliográficas em artigos, materiais didáticos e revistas online sobre o tema e posterior trabalho de campo que fundamentará a proposta. O projeto luminotécnico proposto baseia-se na demanda do ambiente através do uso de LEDs - *Lighting Emitted Diodes*, que auxiliarão no conforto e melhora de pacientes internados nos hospitais, propiciando qualidade de vida e atendimento apropriado.

O objetivo desse trabalho é avaliar a atual iluminação de um leito hospitalar e, a partir de então, apresentar as possibilidades de uma adequação dessa com foco no melhor aproveitamento energético e bem-estar dos pacientes. O principal questionamento que impulsiona as ações que serão apresentadas o qual deverá ser respondido nas considerações finais, é se a realização do projeto luminotécnico pode auxiliar na recuperação e conforto do paciente hospitalizado e gerar menos gasto energético.

Para que tal estudo seja desenvolvido, o trabalho divide-se em três partes. Inicialmente, apresentar-se-á os conceitos luminotécnicos. A criação de um projeto vinculando os conceitos principais de iluminação, busca por compreender melhor a importância da temática quanto ao bem-estar visual e os impactos positivos nas atividades em ambientes hospitalares, para pacientes e equipe técnica. O levantamento do sistema de iluminação é o primeiro passo para definir parâmetros de análise dos aspectos fundamentais da iluminação natural e artificial que darão subsídio a realização de medições da iluminância do ambiente.

De acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1 da ABNT (2013) – Associação Brasileira de Normas Técnicas quanto a luminância de interiores, existe um padrão de valores para iluminação média mínima nos serviços de iluminação artificial em instituições diversas, de acordo com a área de superfície. Esse processo, se bem desenvolvido, proporciona condições de iluminação apropriadas ao trabalho visual,

cuja medição deve ser feita no campo e segue tabelas que determinam o quanto de iluminação é necessária de acordo com as tarefas desenvolvidas no local.

Por essa razão, com o intuito de levantar uma análise dessas questões, a segunda parte desse trabalho terá como foco a revisão bibliográfica necessária para fundamentar o conforto visual em ambiente hospitalar. Ou seja, conceituar os termos principais, compreender um pouco sua aplicabilidade, impacto na vida dos pacientes e nas atividades dos funcionários e se há, a partir dessas análises e através das medições, possibilidade de melhorias.

O terceiro e último capítulo, será apresentado o trabalho de campo realizado em um Hospital de Juiz de Fora, com os resultados e análises quanto a relação proporcional entre iluminância e conforto visual que auxiliem em modificações cabíveis a fim de apresentar as vantagens em substituir iluminações anteriores.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Nesse tópico serão apresentados os conceitos primordiais para construção deste trabalho de iluminação artificial. Dentre esses as principais grandezas físicas: intensidade luminosa, fluxo luminoso, iluminância, luminância, eficácia luminosa, refletância, índice de reprodução de cor e temperatura correlata de cor, com o propósito de melhor compreensão do estudo na luz.

A luz solar sempre foi a fonte de iluminação dominante, além do fogo. Ao ser utilizada nos espaços, marcou um período histórico. Na Renascença, surge conceitos de conforto e novas respostas solares, como instalações de janelas com vidros amplos, aproveitando mais a luz, explica Mascaró (2005). Com a Revolução Industrial e o advento das tecnologias, a eletricidade se torna popular. A década de 70 fez emergir a questão ambiental e com ela novos sistemas de conceitos sustentáveis e métodos de avaliação de materiais utilizados em construções. A modernidade do século XX é amplamente impactada pela luz elétrica aperfeiçoada, tendo como principal inovação as lâmpadas de tubo fluorescente.

O campo das ondas eletromagnéticas e seus diversos comprimentos nos dão a ideia de luz enquanto radiação, e essa produz sensação visual. Algumas são visíveis a olho nu e outras não, como as lâmpadas incandescentes que trabalham em temperatura baixa (as infravermelhas). Já o ultravioleta possui uma excitação da

fluorescência tendo o UV-A como pertencente a radiação da luz solar, podendo ser gerado artificialmente, cuja radiação não impacta na visão. – O sistema visual humano é sensibilizado pela amplitude de onda da luz, proporcionando assim a sensação da visão II (SIMPLÍCIO, 2021, p. 15, apud COSTA, 2019).

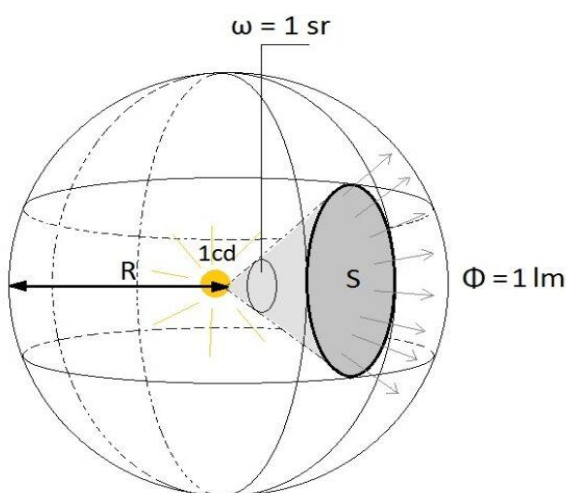
A luminotécnica, explica Ferreira (2010), envolve o estudo detalhado das técnicas de iluminação artificial utilizando a energia elétrica, um conceito de importante discussão principalmente por possuir alguns conceitos.

## 2.1 CONCEITOS E GRANDEZAS

A seguir, serão apresentados os principais conceitos luminotécnicos (LUZ, s.d.):

- a) Eficiência Luminosa ( $\eta$ ): correlaciona fluxo total emitido e potência em watts consumida.
- b) Luminância (L): É a intensidade luminosa fluindo de uma superfície qualquer. A única grandeza mencionada que é visível a olho nú. Transmite a sensação de claridade (FERREIRA, 2010).
- c) Fluxo Luminoso (lm): potência da radiação total perceptível aos olhos, dado em lúmen, cujo conceito é apresentado na Figura 1.

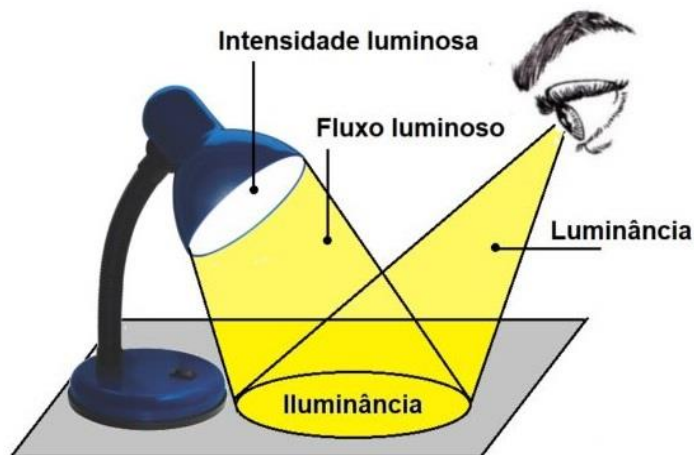
**Figura 1** -Conceito de Lúmen.



Fonte: VIANA (2019).

- d) Iluminância (E): fluxo luminoso na superfície ao qual incide, ou seja, a quantidade lúmens por unidade de área, expressa em lux. É através da iluminância que as pessoas conseguem enxergar, seu principal conceito está na densidade de luz necessária a realização de uma atividade visual, por essa razão possui valores adequados de luz para um projeto de iluminação bem desenvolvido.
- e) Intensidade Luminosa (I): É a potência da luminosidade em todas as direções. Ou seja, a curva de distribuição luminosa enquanto intensidade luminosa em todos os ângulos. A Figura 2 mostra a relação entre os principais conceitos luminotécnicos apresentados:

**Figura 2** - Relação entre os principais conceitos luminotécnicos.



Fonte: VIANA (2019).

## 2.2 TRANSFORMAÇÕES LUMÍNICAS

Pode-se perceber uma significativa transformação nas formas de luminosidade, explica Ferreira (2010), desde as lâmpadas que duram horas até as incandescentes com ciclos de funcionamento mais curtos, que necessitam de aquecimento para gerar luz. Boa parte das lâmpadas incandescentes possuem sensibilidade a flutuações de tensão, gerando cintilações luminosas ou efeito *flicker*<sup>3</sup>. A flutuação de tensão é um fenômeno caracterizado pela variação aleatória, repetitiva ou esporádica do valor eficaz ou de pico da tensão instantânea (FRAGOSO, 2020).

<sup>3</sup> *Flicker* é uma variação temporal ou cintilação da luz emitida (potencialmente visível). (BIGONI, 2020, p. 110)

Seus efeitos, quanto ao sistema de iluminação, são indesejáveis e incômodos aos olhos, causando fadiga e podendo ocasionar acidentes.

O *flicker*, como explica Bigoni (2020), cuja quantidade em excesso pode impactar nas pessoas através de vários incômodos psicológicos e até mesmo neurológicos. Esses efeitos dependem da modulação da luz, como essa está posta no ambiente, o quanto de sensibilidade os indivíduos que ocupam aquele determinado espaço possuem e as ações desenvolvidas ali.

A crise energética grave que ocorreu em 2001, fez com que fossem necessárias medidas para minimizar esse efeito com lâmpadas fluorescentes compactas (LFC's) devido a melhor eficiência, a base de gases, trifósforos para melhor desempenho. Elas foram as mais utilizadas nos anos seguintes, além das lâmpadas halógenas que trabalham com tensão de rede e gás halogênio, até a chegada dos LEDs com sua eficácia em energia.

A aplicabilidade das lâmpadas depende do processo de emissão de luz e seu aproveitamento energético. Araújo, Cavalcante, Aragão (2018) explicam que os LEDs foram inventados na década de 60, com luminosidade baixa e a cor predominante vermelha. Na década seguinte descobriram a cor verde e já na década de 90 a cor branca. A partir daí criou-se lâmpadas de LED com qualidade e longa durabilidade.

Quando surgiram, eram utilizadas basicamente para sinalizadores de aparelhos eletrônicos, e hoje, dominam o mercado. As lâmpadas LEDs, constituídos de cristais de silício, chegaram como dispositivos diferenciados ao converter energia elétrica em luminosa de forma direta, por meio de mini chips, possuindo até composição colorida através de elementos químicos - são de baixo consumo e vida longa extensa.

Sendo elementos de corrente contínua, os LEDs necessitam de um sistema de acionamento para se conectar à rede chamado de *driver*, explica Batista (2020). Esses são circuitos impressos em placas e colocados nas lâmpadas LED, que possuem em seu interior filtro de altas frequências, retificador ou conversores em alguns casos. (FRAGOSO, 2020).

Para os LEDs, uma avaliação dos *drivers* e correção do fator de potência (CFP) é uma solução viável em projetos luminotécnicos de engenharia elétrica. Sua função com dimerizador, protege das falhas de circuito; métodos de acionamento em conversor sem capacitores eletrolíticos, e outros, podem ser implementados a *drivers*

(Santos, 2017). Um modelo de confiabilidade do sistema que integre os mecanismos de falha nos vários subsistemas de luminárias criaria uma estimativa de vida útil muito mais precisa por parte dos fabricantes de luminárias LED (BIGONI, 2020).

Os LEDs têm inúmeras vantagens, desde ajuste de temperatura de cor e iluminância por meio de sistema de dimerização, até melhor qualidade da luz, segurança e conforto. Seu fluxo luminoso é diretamente proporcional a corrente aplicada, o que significa que quanto maior a corrente, maior o fluxo. São amigos do meio ambiente em comparação as lâmpadas comuns, não emitem radiação UV ou IR, não possuem mercúrio nem qualquer material pesado, são baixo custo de manutenção, tem ótimo controle ótico e dinâmico de cores, e outros, explica Simplício (2021). Podem chegar até 50 mil horas de uso, e são de fácil descarte devido a inexistência de gás em seus interiores.

Pelos diversos tipos de lâmpadas vistos até aqui, as de LED são as que possuem melhor aproveitamento com menor consumo de energia. Essa lâmpada faz uso de 80% menos energia que as lâmpadas convencionais devido a ótima capacidade luminosa do diodo. Sua durabilidade se deve a resistência de vibrações, e também por não sofrer falhas de transmissão ao não fazendo uso de reatores para ligar. Detalhe importante apontado por Barbara (2016) é o pouco espaço que o LED ocupa nas luminárias, dando destaque a luz e não a lâmpada.

A busca por uma energia eficiente depende diretamente do tipo de lâmpada escolhida e sua capacidade em converter o máximo de energia em luz. Com base em estudos anteriores dos sistemas de iluminação e suas características, a Tabela 1 a seguir mostra de maneira simplificada as diferenças entre as lâmpadas existentes no mercado hoje e seu consumo, a fim de correlacionar melhor configuração e necessidade.

Boa parte de uma iluminação correta está ligada também a temperatura de cor correlata (TCC), explica Acurra (2013), pois impacta no rendimento uma vez que, quanto maior, mais consumo de energia. As cores mais fortes ou quentes (com tonalidade mais amarelada) são utilizadas em ambientes sociáveis, intimistas como bares, residências e outros, enquanto as frias têm uma temperatura mais alta e são utilizadas em locais formais como escritórios, e as neutras em ambientes comerciais.

**Tabela 1 - Tipos de lâmpadas.**

			
Lâmpada incandescente	Lâmpada Halógena	Lâmpada Fluorescente	Lâmpada de LED
Consumo 60 W	Consumo 42 W	Consumo 12W	Consumo 6W
Economia Zero	Economia 30%	Economia 80%	Economia 95%

Fonte: ARQPLANE (2015).

Compreender a transformação na maneira como se trata a intensidade da luz reflete na conclusão de que a iluminância, cujo valor anterior era acima de 1000 lux para regular ciclos circadianos, hoje possui valores menores com níveis mais baixos de iluminação interna (raramente acima de 500 lux), gerando um efeito biológico mais adequado. A variabilidade da intensidade de luz também é um mecanismo que impacta com exposições variadas de claro e escuro ao longo do dia.

O Índice de Reprodução de Cores (IRC) é uma grandeza que tem escalas de números ideais para o desempenho de cada fonte de luz em relação a um padrão, o que faz com que lâmpadas de mesma temperatura de cor tenha índices de reprodução diferentes. Freitas (s.d.) aponta que a temperatura de cor correlata (TCC) não pode ser usada sem o IRC, que é expressa em Kelvin (K), e as cores quentes vão até 3.000K, as neutras entre 3.000K e 4.000K e as frias acima desse. Quanto maior o IRC, mais próximo com a cor natural vai parecer aos olhos. As medições do IRC variam em 60 como razoável, 80 como bom, 90 é excelente e 100 é a reprodução da luz solar. Na Tabela 2 são mostrados os IRCs de algumas fontes luminosas.

Os estímulos dos espaços são afetados pela cor, por essa razão precisa ser utilizada com cautela, pois modifica toda dinâmica em que será inserida, como mostra a Figura 3. Ela não está relacionada diretamente ao calor da lâmpada e sim a temperatura de cor correlata no ambiente (ASCURRA, 2013).



**Figura 3 - Luzes e Temperatura de cor correlata.**



Fonte: Dinâmica elétrica (luz quente ou fria), 2020

**Tabela 2 – Índice de reprodução de cores de diferentes fontes luminosas.**

Lâmpada	IRC
Incandescente	100
Fluorescente	60
Vapor de mercúrio	55
Vapor metálico	70
Vapor de sódio A. P.	30
Vapor de sódio B. P.	0

Fonte: Luminotécnica e Lâmpadas Elétricas (s. d.)

A cor da luz não interfere na eficiência energética de uma lâmpada. Se um corpo metálico, por exemplo, passa do vermelho ao branco, quanto mais branco, maior 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 (FERREIRA, 2010).

A categoria que identifica o fluxo luminoso é o fator de desempenho, uma vez que lâmpadas em luminárias apresentam menor irradiação. As lâmpadas comerciais são caracterizadas por todos os elementos apresentados até aqui: potência em W, o lúmen (lm), temperatura de cor (K) e índice de reprodução de cor. O sistema de iluminação artificial depende da eficiência energética, por isso, merece destaque na elaboração de um projeto luminotécnico com vistas ao uso eficaz de energia.

Definir um sistema de iluminação adequado a cada aplicabilidade exige considerar os diversos tipos de lâmpadas existentes, quais luminárias serão utilizadas e o tipo de serventia para cada atividade a ser desenvolvida de forma a alcançar uma iluminação média dentro das normas técnicas e seus valores de referências. Ferreira (2010) explica que deve-se demarcar em números essa categoria através da iluminância média ( $E_M$ ).

A NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) aponta como condição para uma iluminação adequada no campo, em um nível de plano horizontal, valor de 0,75 m do piso com iluminância não inferior a 1/10 ou 70% da iluminação média determinada pela NBR 5382. No caso de hospitais, por exemplo, que é o foco desse estudo, a iluminância é subdividida nos vários ambientes internos com variações de 100 a 750 de acordo com cada local.

Se a atividade a ser realizada tem uma exigência visual maior, proporcionalmente eleva-se o valor da iluminância média ( $E_M$ ). Lembrando que o tempo de uso reduz o fluxo luminoso por conta do desgaste e quantidade de poeira na luminária, diminuindo a iluminância. Existe aqui o que Ferreira (2010) apresenta como Fator de Depreciação  $d$ , exigindo aumento no número de luminárias para evitar desgaste ou redução de valores abaixo do recomendado.

Freitas (s.d.) coloca outro conceito importante em luminotécnica: a curva de distribuição luminosa (CDL), representando a intensidade luminosa em todos os ângulos, cujos valores levam em consideração a luminária com fluxo luminoso de 1000 lm. Para uma luminância harmoniosa, a proporção é de 1:2:3 para se evitar desconfortos devido a diversas luminâncias que causam fadiga visual.

A vista em um ambiente de excessivo trabalho pode levar a uma acomodação visual e a variações bruscas de sensação de luz. Esse desconforto também pode

acontecer quando há um ofuscamento com luz direcionada ao campo de visão, ou reflexivo com reflexão da luz no plano de trabalho, explica Ferreira (2010). Esse desconforto pode diminuir a capacidade de se perceber objetos, causando desconforto visual em um determinado ambiente. Ou seja, todo cuidado deve ser dado quando se direciona a luz, até mesmo em uma luminária, para evitar sombras que não se pode identificar ou incomodar.

Existem dois tipos de iluminação: a direta (aquela direcionada no alvo a ser iluminado) e a indireta (que irradia por todo o ambiente), as que podem ser classificadas como mostra na Tabela 3.

**Tabela 3** -Tipos de Iluminação.

Tipo de Iluminação	Direta	Semi-direta	Direta-Indireta	Semi- Indireta	Indireta
Componente p/cima (%)	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Componente p/ baixo (%)	80-100	60-80	40-60	20-40	0-20

Fonte: Manual de Luminotécnica (2010).

O índice de reflexão, de acordo com Freitas et. al. (s.d., p.13), é a relação entre o fluxo luminoso refletido e o incidente, ou ainda, é a porcentagem de luz refletida por uma superfície em relação à luz incidente. A seguir, na Tabela 4, serão mostrados os índices de reflexão tanto de teto quanto de paredes e pisos.

Pode-se dizer que a iluminação artificial foi uma inovação que mudou os princípios de projetos diversos, e para sua eficácia deve levar em conta o aproveitamento da luz natural (principal recurso para qualidade de um ambiente, pois direciona toda visão quanto aos elementos a serem desenvolvidos) e calcular com diversos circuitos de iluminação artificial baseados em pontos de luz, evitando gastos. Portanto, exige avaliação dos diferentes tipos de lâmpadas e luminárias e a aplicabilidade com determinado grau de precisão de acordo com a atividade que será desenvolvida no local. Levando em consideração a iluminância média para cada espaço e ações ali estabelecidas, segue-se as normas técnicas cujos valores de referência foram apresentados nessa seção.

**Tabela 4 – Índices de Reflexão.**

Refletância das diversas cores	
Branco	75 a 85%
Marfim	63 a 80%
Creme	56 a 72%
Amarelo claro	64 a 75%
Marrom	17 a 41%
Verde Claro	50 a 65%
Verde escuro	10 a 22%
Azul claro	50 a 60%
Rosa	50 a 58%
Vermelho	10 a 20%
Cinza	40 a 50%

Fonte: Luminotécnica e Lâmpadas Elétricas (s. d.).

Contudo, a tecnologia afastou o projeto do meio natural e dos indivíduos, ou seja, não incorpora os humanos e suas emoções, sendo exclusivos de trabalhos engenhosos. Como a dependência do uso de luz artificial tem se intensificado cada vez mais, uma iluminação harmoniosa provoca satisfação visual tanto de relaxamento quanto de estímulo, valorização do local e muda toda estrutura do lugar, como ver-se-á a seguir. Desenvolver mecanismos para criar atmosfera de prazer, concentração, descanso, são elementos que devem ser defendidos em um projeto de iluminação.

### 2.3 IMPORTÂNCIA DA ILUMINAÇÃO HOSPITALAR

A presença de iluminação em um ambiente interfere na saúde e percepção das pessoas. Este aspecto subjetivo da percepção da luz provoca alterações comportamentais e de humor que determinarão avaliações sobre o espaço físico e a qualidade dos ambientes construídos (VARGAS, 2009; NASCIMENTO, 2014).

A satisfação dos usuários em um ambiente depende de alguns fatores para além do recomendado pelas normas para realizar tarefas. A percepção também é afetiva, a iluminação é um elemento carregado de expectativas e objetivos.

Os projetos devem levar em consideração fatores dos quais se constitui o ser humano. O Engenheiro Eletricista envolvido em um projeto luminotécnico de acordo com a Resolução nº2233/CUN/2016, é treinado para atender aos requisitos quantitativos da iluminação, necessita de um conjunto de conhecimentos interdisciplinares para alcançar as reais demandas levando em conta dimensões sociais, biológicas e psicológicas.

A iluminação deve ser tratada pela praticidade, normativas, e também alcançar aspetos individuais. O uso de fontes de iluminação artificial com variadas temperaturas e cores que correspondem aos horários do dia, são importantes para a saúde do ser humano, auxiliam no bem-estar e demais sensações de conforto, além de manterem o ecossistema.

Cavalcanti (2002) mostra que Flynn-Spencer foi o primeiro pesquisador a tratar dos impactos emocionais e de conduta causados pelo sistema de iluminação. Tais impactos são descritos na Tabela 5.

**TABELA 5:** Sistema de pesquisa de Flynn-Spencer: impressões subjetivas e características da iluminação.

Impressão subjetiva	Formas de iluminação que a realçam
Impressão de Claridade Visual	Modo de iluminação claro e uniforme. Alguma ênfase ao perímetro com elevadas refletâncias das paredes ou iluminação das paredes.
Impressão de Amplidão	Iluminação periférica (paredes) uniforme. Claridade como um fator que reforça, mas não decisivo.
Impressão de Relaxamento	Modo de iluminação não uniforme. Ênfase ao perímetro (paredes), preferencialmente à iluminação no teto.
Impressão de Privacidade ou Intimidade	Modo de iluminação não uniforme. Tendência à iluminação de baixa intensidade no local imediato do usuário, com luminosidades mais elevadas afastadas do mesmo. Ênfase ao perímetro (parede) é um fator que reforça, mas não decisivo.
Impressão de Agradabilidade ou Preferência	Modo de iluminação não uniforme. Ênfase ao perímetro (paredes).

Fonte: CAVALCANTI (2002).

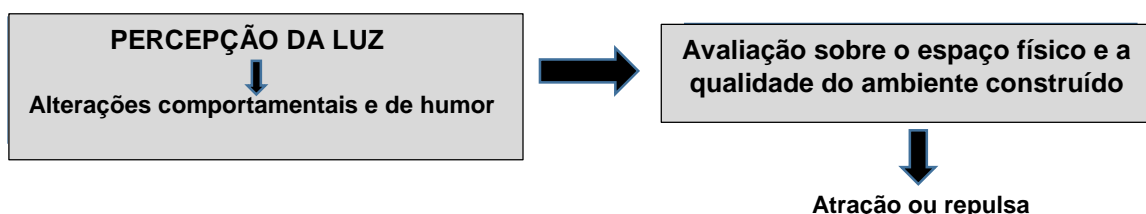
Quando se trata de iluminação, relembra Santos (2017), o *flicker* sempre deve ser levado em consideração por sua incidência comum. A frequência da rede elétrica no Brasil é de 60Hz, e o *flicker* acontece a 120 Hz. Existe uma frequência crítica de fusão do *flicker* (*CFF- Critical Flicker Fusion Frequency*) que vai de 60 Hz a 90 Hz. Acima de 100 Hz a modulação de luminância fica imperceptível aos indivíduos, mas sua sensação ocorre indiretamente devido aos efeitos estroboscópicos até 300 Hz ou mais. O documento *IEEE Std 1789-2015 (Recommended Practices for Modulating Current in HighBrightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers)* foi desenvolvido com a finalidade de minimizar os efeitos do *flicker*, devido a riscos de epilepsia, náusea, cansaço visual, pânico, vertigem e outras intercorrências.

Os avanços tecnológicos permitem um uso adequado e seguro da iluminação com o conforto ofertado pela industrialização e utilização de energia. A iluminação artificial exige um bom projeto para economizar energia, ter melhor aproveitamento do espaço e atender as necessidades através de novas exigências e aplicação adaptativa de uso, ampliando as possibilidades de efeitos e satisfação visual.

### 2.3.1. Impacto da luz nos seres humanos

A forma como se percebe a luz altera o comportamento e isso determina análises de espaço físico e qualidade do local, como mostra a Figura 4. Ou seja, uma iluminação adequada deve se atentar aos usuários, a precisão das tarefas visuais a serem realizadas no espaço e o quanto de refletância uma superfície possui. Tendo em vista o processo, quando o trabalho visual é crítico como no caso de hospitais, é preciso inicialmente o desenvolvimento de medições para verificar se está dentro das normas, possibilitando ajustes.

**FIGURA 4** - Processo subjetivo de apreensão do ambiente iluminado.



Fonte – VARGAS (2009)

Com novos estudos nos conceitos de conforto e credibilidade, as lâmpadas passaram de filamentos e tungstênio a mini cristais e fibras. Os projetos necessitam

de adequação aos ambientes tanto externos quanto internos para sua efetividade e funcionalidade, gerando boa distribuição de luz no local, evitando perturbações visuais, relembra Feiden et. al. (2018).

Na atualidade existem muitas soluções e técnicas visuais como texturas, ângulos, efeitos, e focos de luz distintos dos já conhecidos. A utilização harmoniosa de luz faz com que o local ganhe profundidades diferentes, altera a produtividade e rendimento, traz aconchego e suavidade. Nascimento (2014) evidencia que a distribuição de luminosidade correta em um espaço aguça a visão, ajuda na iluminância, no ofuscamento e contrastes, e as sensações ocorrem por experiências particulares vivenciadas por cada um.

A dimerização, proporcionada pelas lâmpadas empregando diodos emissores de luz, é um ótimo recurso ao diminuir o nível de iluminância, impactando todo ambiente, levando a uma compensação visual necessária, aumentando ou diminuindo a iluminação em função das ações executadas e atendendo as necessidades gerais. Por meio de percepções e sugestões é possível propor um projeto que atende a iluminância média com aferição nos mais diversos pontos no local (NASCIMENTO, 2014).

Como mencionado anteriormente, a luz elétrica transformou toda dinâmica ambiental, tornando essencial uma integração entre iluminação artificial, natural e os inúmeros mecanismos disponíveis hoje para se desenvolver uma iluminação adequada.

Um projeto pensando todos os níveis de iluminância e as estruturas de potência e corrente elétrica tornam possíveis soluções simples para se pensar mudanças da dinâmica de iluminância de um ambiente.

Além de seguir as normas estabelecidas pela NBR ISO/CIE 8995-1 (2013), um projeto de iluminação precisa considerar também os tipos de atividades que serão feitas naquele espaço para determinar a quantidade de luz necessária, uma vez que jornadas longas de trabalho exigem necessariamente uma iluminação maior

Outro elemento importante a considerar são as cores nas paredes, móveis e chão, pois esses auxiliam a definir o quanto de luz refletida no ambiente é necessário ou não. Cada material, textura e cor possui seu próprio índice de refletância, como por exemplo, uma superfície lisa clara reflete mais do que uma fosca, mesmo possuindo igual tonalidade (FEIDEN et. al., 2018).

Por meio do IRC fica mais fácil compreender a influência de uma iluminação artificial sobre a aparência das cores, que pode ser moderada, boa e excelente e seus valores vem expressos nas embalagens das lâmpadas. Já a temperatura impacta nas sensações que os usuários têm no local como tranquilidade, conforto e intimidade em tons quentes, enquanto em locais de trabalho e estudo as cores frias transmitem sensação de eficiência.

Diversos conhecimentos científicos reconhecem a interferência da iluminação no bem-estar das pessoas. A luz impacta diversos processos químicos do corpo e a eficiência de ações desenvolvidas em determinado espaço. O bom funcionamento de determinados organismos depende de condições favoráveis e de certo equilíbrio; esse nomea-se homeostase, que é a condição estável em que um organismo ou objeto de estudo deve permanecer para realizar suas funções adequadamente.

Em ambiente hospitalar, local escolhido para apresentar esse estudo, pode impactar no cuidado aos acamados, necessitando, portanto, de mudanças nos aspectos internos e externos dos ambientes de saúde para garantir tratamento ao paciente com resultados satisfatórios. Afinal, nas condições em que o paciente se encontra, necessita estar em um espaço saudável, que cria boas sensações e amenize a dor. Evidências mostram que hospitais barulhentos, onde não há privacidade, nem controle sobre o ambiente, interferem no comportamento e pioram as condições de saúde.

A iluminação artificial em hospitais possui uma especificação de lâmpadas que atendem demandas econômicas e médicas, explica Peccin (2002). Deve-se considerar equipamentos de alto rendimento luminoso e com longa duração, diminuindo custos, e usar lâmpadas boas, facilitando a verificação dos impactos orgânicos nos pacientes.

A fragilidade dos enfermos, as longas permanências nas instituições e as mudanças de temperamento, exigem uma iluminação de qualidade. Um projeto desse tamanho é complexo, uma vez que deve satisfazer as normas técnicas e o conforto humano, facilitando, inclusive, as atividades ali executadas.

No próximo capítulo será abordado os principais pontos para a elaboração de um projeto de iluminação em LED que leve a um conforto visual e minimização das falhas. Serão realizadas medições dentro de um hospital de Juiz de Fora, MG, com o



máximo de segurança e cuidado com todos os atores envolvidos para testar as lâmpadas nas mais diversas condições de aplicação.

O local escolhido para as análises de campo necessita de elaboração de um estudo de qualidade da iluminação para alcançar bem-estar e melhor aproveitamento dos ambientes no tratamento de pacientes, levando em consideração todas as apresentações feitas quanto ao uso de lâmpadas de LED. A partir das explicações apresentadas pode-se pensar em um projeto adequado e que atenda às necessidades em dada aplicação, chegando aos objetivos propostos para esse estudo.

### **3 METODOLOGIA**

Esse artigo pretende contribuir para que haja um tratamento mais terapêutico dos pacientes hospitalizados, concomitante a um serviço de qualidade ofertado pelos profissionais com sistema lumínico apropriado à área de saúde. A iluminação pode ajudar ou dificultar as ações humanas nesse âmbito, exigindo uma proposta que proporcione satisfação, envolvendo a estrutura física do prédio e mecanismos de organização que tragam um ambiente humanizado, explica Nascimento (2019).

Teoricamente, os hospitais não foram projetados para atender a demandas de conforto lumínico, principalmente pelo custo elevado de construção e equipamentos, restringindo financeiramente os projetos. Isso muda a partir da década de 80 e as novas tecnologias que levam em consideração a iluminação como funcionalidade e satisfação, mudando a realidade e empregando novas técnicas para melhor desempenho e cuidado dos internos. O controle de iluminação – [...] em hospitais, associado ao conhecimento dos materiais, equipamentos e tecnologias construtivas diretamente entrelaçados a eficiência energética é alternativa de reduzir o consumo e minimizar custos das edificações II (EPE, 2005, n.p).

O espaço hospitalar possui distintas realidades e precisa priorizar a qualidade de atendimento para a melhora dos usuários. A iluminação é fundamental nesse tipo de projeto, sendo fator determinante para maior e melhor percepção do lugar, e melhor contato do paciente e familiares com o espaço. Os profissionais que ali atuam poderão ampliar a visão do local, tornando-o confortável com uma iluminação personalizada.

As normas da NBR 155575/2008 recomendam uso de iluminação natural durante o dia, e a noite um sistema de iluminação artificial que assegure ocupação e segurança. Contudo, o nível disposto na norma para esse período noturno é maior do

que o diurno, sendo que o ideal em leitos hospitalares seria o inverso, uma vez que para a melhora de pacientes, relaxamento e conforto, não há necessidade de muita luz, como ocorre em outros setores.

Um ambiente com iluminação exacerbada pode causar irritabilidade, estresse, dores, fadiga e tantos outros desconfortos. Pacientes em áreas de internação passam por interferências de ruídos, movimentação constante e luzes quase sempre ficam acesas, incomodando bastante. Resultados satisfatórios na iluminação e influência sobre a fisiologia de acamados, dependem de conhecimento sobre como a luz se comporta e quais equipamentos se tem disponível hoje para desenvolver um projeto com desempenho luminotécnico.

Os efeitos diversos devem ser explorados considerando dimensões do local, tipos de manutenção dos materiais, priorizando soluções de baixo custo e principalmente conforto visual.

Em lugares onde há pouco incidência de luz natural, a utilização correta de luz artificial pode criar efeitos que diminuem tensões e desconfortos. Em clínicas e hospitais, uma iluminação colorida pode ajudar na recuperação de pacientes. Para os acamados, a luz pode ser um remédio, por regular os ritmos circadianos<sup>4</sup>, dando ânimo e levando a recuperação.

A sensação visual gera estímulos luminosos e impulso transmitidos pelo cérebro por meio do nervo ótico, onde vem a interpretação da intensidade de luz. O que ocorre é que a retina envia informações luminosas ao córtex cerebral para a formação da visão, como também envia informações para o ajuste do relógio biológico, interferindo no entendimento da percepção da luz e sua influência sobre os ritmos biológicos (VARGAS, 2009, p.89).

A luz controla vários processos químicos, o relógio biológico, rendimento de tarefas, sono e cura de doenças, tornando a iluminação um recurso benéfico e até mesmo redução do tempo de internações devido as percepções do paciente. Além do fator recuperação em casos de grande fragilidade, longa permanência e qualidade física, ainda tem a economia de energia com uma iluminação assertiva.

---

<sup>4</sup> São mudanças regulares dos estados mentais e físicos que ocorrem no período de 24 horas; é o relógio interno dos indivíduos, cujo controle ocorre pela luz.

Outro ponto importante está na adequação entre luz artificial e natural e a utilização de cores, pois impactam diretamente nas ações que serão realizadas e o resultado delas (BETTEGA, 2015; BECK, 2007).

A iluminação local de internação deve levar em conta questões visuais e a norma indica iluminação composta por iluminação geral abrangente para atividades e higienização; iluminação localizada nas cabeceiras dos leitos para diversos procedimentos como medicar pacientes; iluminação para exames com luminosidade concentrada; iluminação de vigília para orientar e auxiliar na locomoção dos parentes e da equipe do hospital; iluminação de observação para acompanhar o paciente com interruptor na porta para observação sem aproximação (PECCIN, 2002).

Um hospital precisa de projeto de iluminação e cores adequados cujos fatores são determinantes para o rumo das ações sem sacrificar a qualidade do sistema devido a uso de lâmpadas ruins que fazem aumentar os custos de manutenção e geram prejuízos visuais. Apesar de ser uma lâmpada cara para aquisição, o LED possui inúmeras vantagens ambientais e econômicas que torna esta tecnologia atrativa ao consumidor (ARAÚJO, 2018).

Os estímulos causam distração e mudança de olhar diminuindo stress e ansiedade nos pacientes. Por essa razão, a leitura aqui definida propõe analisar a luz no ambiente hospitalar, os impactos no sistema visual dos assistidos, fadigas e desconfortos visuais, e a mudança desse com a interferência de um conjunto de iluminação diferenciada em LEDs, os impactos positivos e possibilidades que afetem diretamente na melhora e satisfação dos usuários.

### 3.1 NORMAS E UTILIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS

A metodologia aqui utilizada após pesquisa bibliográfica e coleta de informações, é a mensuração da iluminância referente ao estudo de campo em um quarto dentro do ambiente hospitalar.

As medições práticas foram aplicadas com luxímetro digital do modelo MLM-1011, semelhante ao apresentado na Figura 5, e uma câmera para registro das imagens locais, a fim de propor modificações da iluminação anterior por novas a base de LED.

**Figura 5** - Equipamento de medição de iluminância, luxímetro MLM-1011.



Fonte: AUTOR (2022).

Todo trabalho realizado de medição do projeto luminotécnico desenvolvido buscou seguir a normativa da ABNT, inclusive a NBR-5382 que dispõe de ensaio com luxímetro para análise de luminosidade.

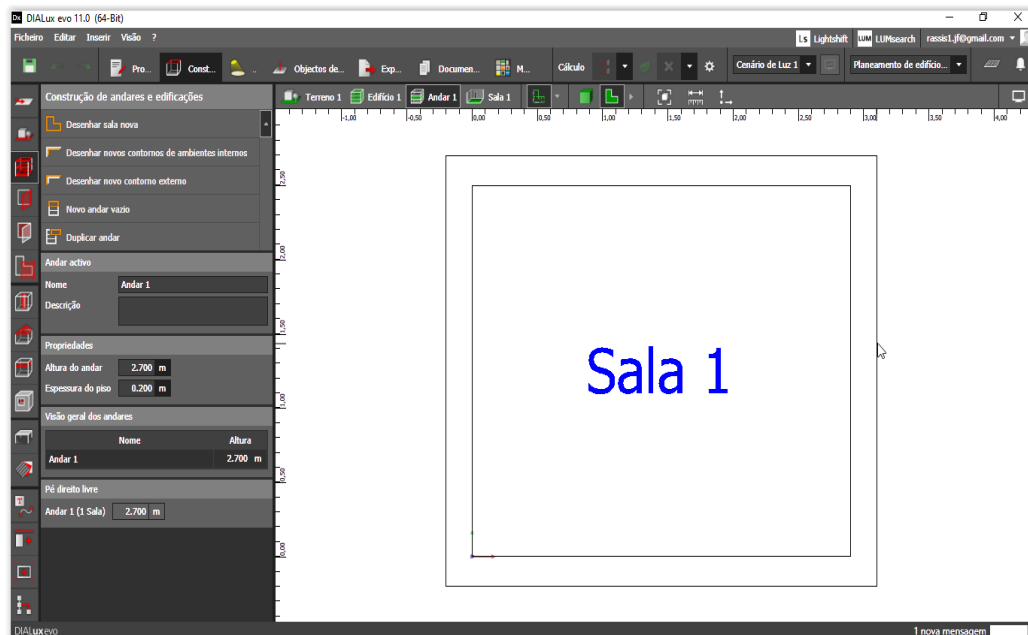
Para alcançar os objetivos propostos, fez-se uso dos principais conceitos do Método de Lúmens e da estrutura de simulação de luz artificial e natural do *Software* Dialux Evo 11, como apresentado na Figura 6.

O Método de Lúmens, explica Simplício (2021), serve de modelo de previsão de carga elétrica, baseado nos níveis adequados de iluminância. A definição coloca que, por meio de fluxo luminoso total é possível fornecer iluminância adequada dentro de um local, explicam Moraes e Claro (2013).

Através do Dialux é feita a elaboração de uma planta 3D de um dos quartos do hospital pesquisado com apresentação de projeto luminotécnico desse quarto, de forma a se obter a iluminância mínima prevista em norma.

Com o Método de Lúmens determinando a quantidade de fluxo luminoso necessário para cada tipo de atividade em um ambiente, levando em conta cores de parede, teto e lâmpadas escolhidas, o próximo passo foi desenvolver um novo sistema, com diferenciação de fotometria e localização da lâmpada.

Figura 6 - Software Dialux.



Fonte: AUTOR (2022).

A maneira de efetivar esse método é pela expressão (1).

$$\Phi = \frac{E \cdot S}{\mu \cdot d} \quad (1)$$

Sendo que:

- $\Phi$ : fluxo luminoso;
- E: iluminância;
- S: área do recinto;
- $\mu$ : coeficiente de utilização;
- d: fator ou coeficiente de depreciação.

Ao alterar o brilho e tom da luz, o sistema alcança a eficiência desejada aproximando das condições externas e ocasionando conforto. O objetivo implica construir um projeto lumínico de engenharia elétrica cumprindo as normas técnicas com ferramenta computacional (Dialux), resultando no máximo de aproveitamento e controle da iluminação artificial a fim de criar um ambiente funcional do ponto de vista técnico-operacional hospitalar, confortável e tranquilo.

Dessa forma, tanto pacientes quanto funcionários podem se beneficiar com uma humanização do espaço: melhor iluminação, maior satisfação visual e melhor exercício das funções, atendendo as reais necessidades. O conjunto iluminação e

fatores tanto fisiológicos quanto psicológicos possibilitam um estudo mais amplificado da qualidade da iluminação em um hospital. Um ambiente bem iluminado tem como justificativa não somente segurança e qualidade, mas também economia, ergonomia, ocupação e equilíbrio do relógio biológico dos sujeitos, evita acidentes de trabalho, doenças e outros incidentes, apontam LOSSO, et. al. (2013)

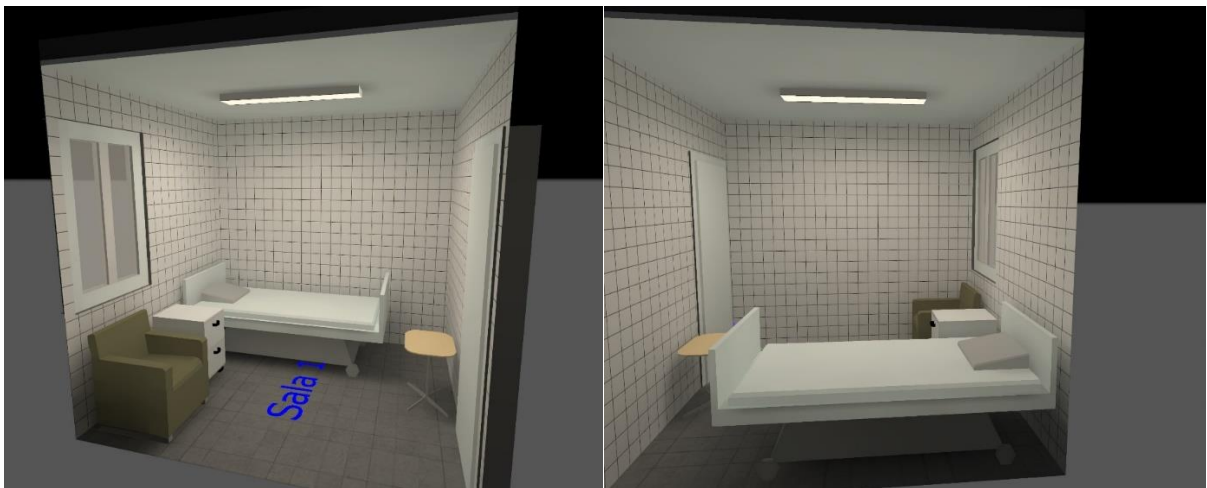
#### 4 RESULTADOS E DICUSSÕES

As medições ocorreram no dia 03 de novembro de 2022. O hospital escolhido para análise apresenta atendimento misto, ligado ao SUS e convênios. Cabe ressaltar que o trabalho de campo foi realizado em um quarto individual voltado a internação que se encontra disponível, na maioria dos hospitais os quartos são padronizados.

O procedimento envolveu levantamento do espaço físico e sua dimensão que serviram de parâmetro para determinar fatores energéticos, lumínicos e sociais por meio de simulador. O quarto do hospital é mobiliado com poucos aparelhos de assistência (uma cama, uma cômoda para acomodar os objetos pessoais, um sofá de acompanhante, e um suporte embutido na parede perto da porta de entrada).

Os dados de refletância e fator de manutenção foram usados em simulador, pois na prática não é possível obter esses parâmetros com um luxímetro. A área trabalhada no Dialux é de pequena profundidade, com superfície básica do leito de 7.25 m<sup>2</sup>, altura de 2.550m, e grau de reflexão do teto no valor de 80.7%, enquanto as paredes somam 73.7% e o piso 22.3%. O ambiente modelado é visto na Figura 7.

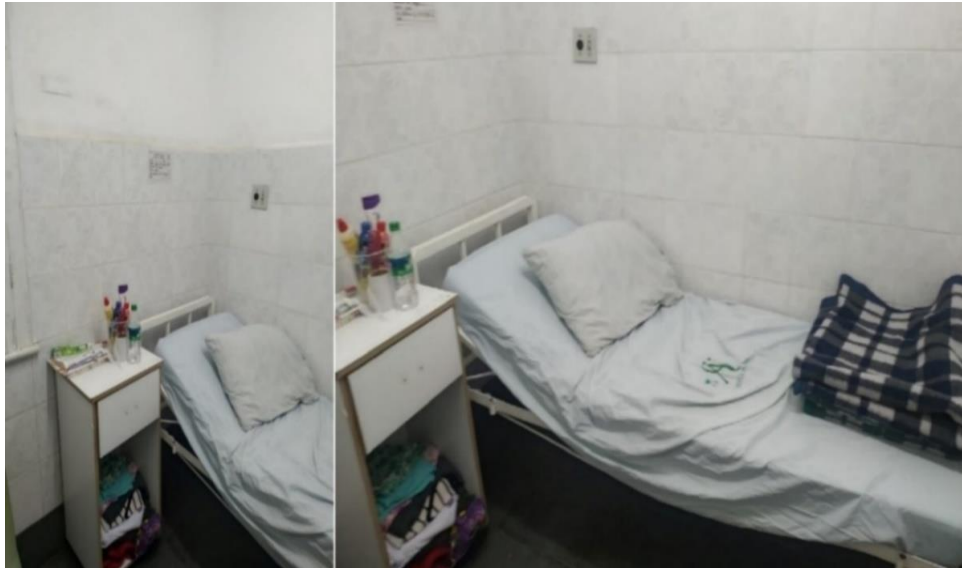
**Figura 7** - Ambiente modelado no Dialux.



Fonte: AUTOR (2022).

O fator de manutenção chega a um valor fixo de 0.80. As paredes são compostas por metade em azulejos claros e metade, incluindo teto, brancos, com dois interruptores visíveis como pode ser visto na Figura 8.

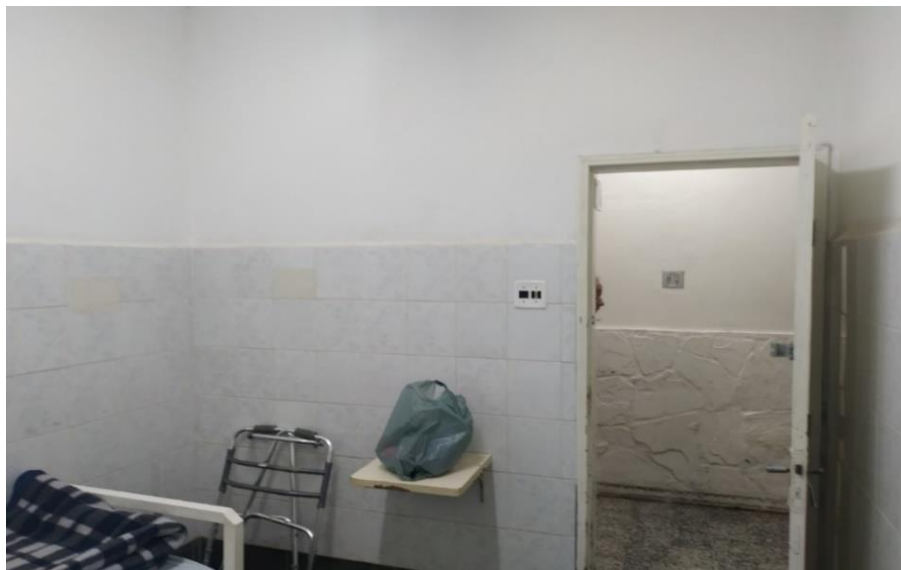
**Figura 8-** Quarto de Internação.



Fonte: AUTOR (2022)

A circulação no percurso todo do quarto, como pode-se perceber na Figura 9, é mínima, mesmo com poucos móveis disponíveis e acesso a luz natural no local. Contudo, recebe grande carga de luz artificial, como será mostrado mais adiante.

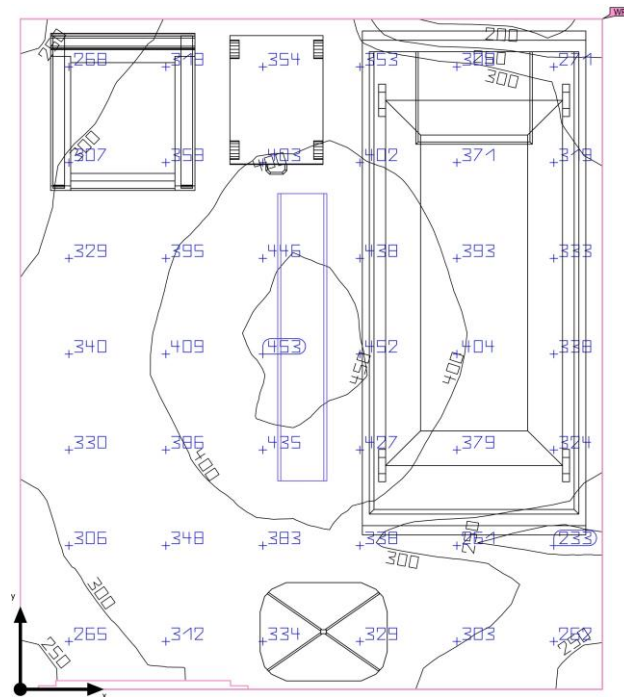
**Figura 9 -** Porta de acesso ao leito individual com acesso ao corredor da ala.



Fonte: AUTOR (2022).

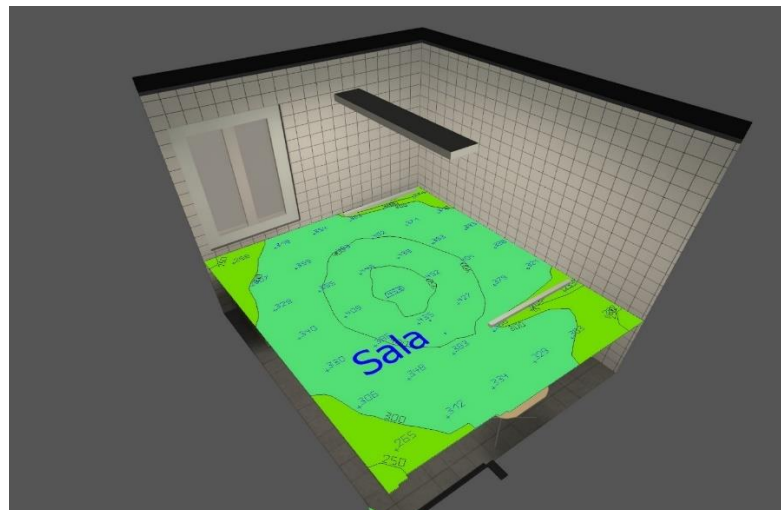
Inicialmente, a primeira simulação foi realizada com lâmpadas fluorescentes (Figuras 10 e 11) que existiam antes no local, para análise de incidência lumínica. Na altura da cabeça do paciente, notam-se valores de 300 lux a 371 lux. Esses valores são bem maiores que o recomendado pela NBR 8995-1, que recomenda uma iluminância média de 100 lux para salas de descanso. Os elevados valores obtidos com as lâmpadas fluorescentes podem causar ofuscamento no paciente.

**Figura 10** - Linhas Isográficas.



Fonte: AUTOR (2022)

**Figura 11** - Diagrama de cores falsas.



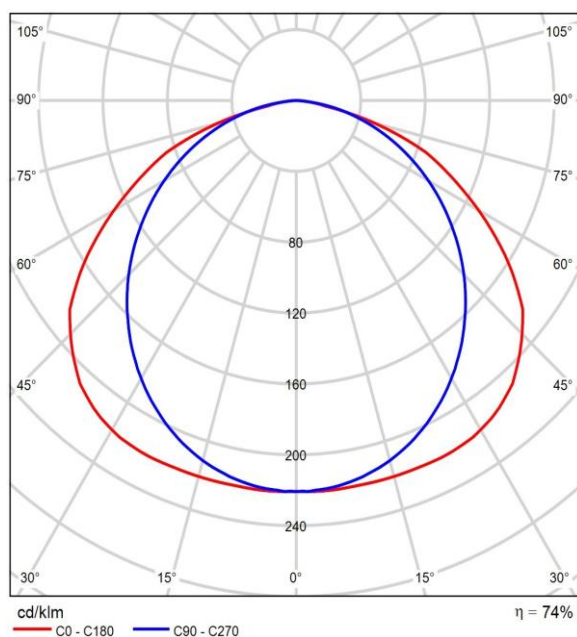
Fonte: AUTOR (2022).



A luminária utilizada na primeira simulação é a EE-821 2X32W T8S, 2x Philips 32W N2 e N3, de acordo com as especificações do fabricante, cuja potência é de 64W e fluxo luminoso de 3.715 lm, gerando uma eficácia luminosa de 58.0 lm/w.

A Figura 12, obtida no relatório de simulação do software DIALUX, mostra a curva de distribuição luminosa da luminária utilizada na simulação e os dados informados pelo fabricante da fonte luminosa.

**Figura 12** - Curva de distribuição luminosa e parâmetros da luminária de lâmpada fluorescente.



Nº do artigo	N/A
P	64.0 W
$\Phi$ lâmpada	4997 lm
$\Phi$ luminária	3715 lm
H	74.35 %
Eficácia Luminosa	58.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100

Fonte: AUTOR (2022).

O quarto era basicamente composto por uma lâmpada central com radiação de luz extrema. A lâmpada fluorescente disponível no leito, por consequente desgaste precoce e alto consumo energético, foi substituída por uma lâmpada tubular de LED dupla. Sua cor é branca de fluxo luminoso intenso e aplicação uniforme e extensa, como mostra a Figura 13.

O ambiente adquiriu recentemente iluminação de melhor qualidade após a fiscalização da Cemig – Companhia Energética de Minas Gerais – ocorrida no hospital que sugeriu reestruturação luminosa do espaço.

Esse estudo não pôde apresentar as especificações do fabricante acerca da atual fonte lumínica de duplo LED, por falta de informações advindas do hospital. Com as medições coletadas em campo, foi possível estimar a incidência lumínica.

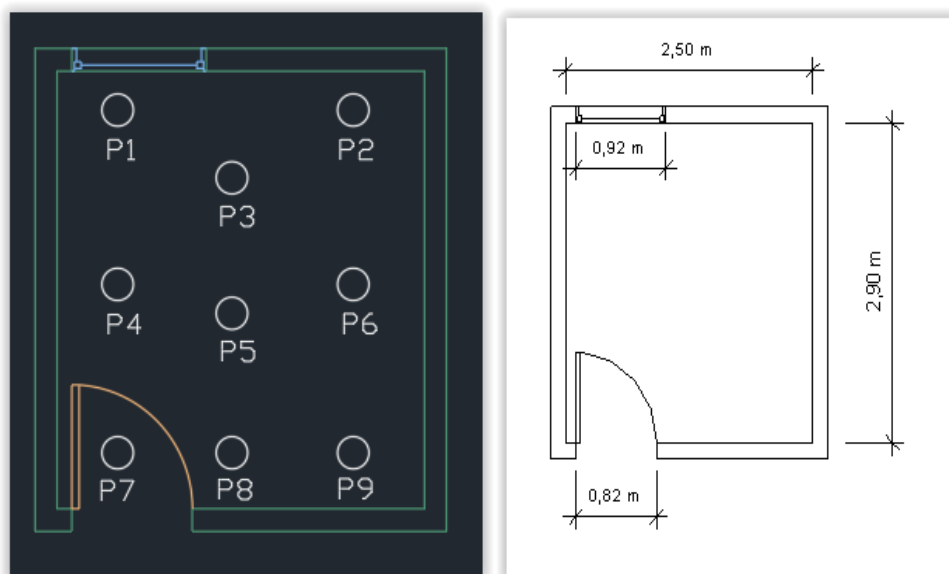
**Figura 13** - Iluminação com LEDs recém instalada no quarto estudado.



Fonte: AUTOR (2022).

Foram feitas medições com o luxímetro em 9 pontos do cômodo a partir do desenvolvimento da planta baixa e as dimensões do quarto, procurando minimizar qualquer distorção. A quantidade de pontos foi obtida mediante metodologia presente na norma NBR 8995-1 (ABNT, 2013) e aplicada às dimensões do ambiente do estudo de caso, como observado na Figura 14.

**Figura 14** - Pontos de medição do quarto através da planta baixa.



Fonte: AUTOR (2022).

A interferência das variadas condicionalidades como obstruções diversas e refletividade das superfícies, foram analisadas por meio das medições em horário normal de funcionamento do hospital, na parte da tarde, exigindo uma adaptação de cálculo da média aritmética mais simplificada dos valores encontrados.

Contudo, a iluminação com duplo LED tubular ainda encontra-se com valores lumínicos muito acima do descrito na ABNT- NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) como adequados a um leito de hospital com a estrutura apresentada ao longo do texto. As medidas em lux de todo o ambiente mostraram um excesso de iluminação que seriam considerados inadequados para um quarto de internação, como pode se verificar na Tabela 6.

**Tabela 6** - Valores em lux encontrados nos 9 pontos aferidos no leito.

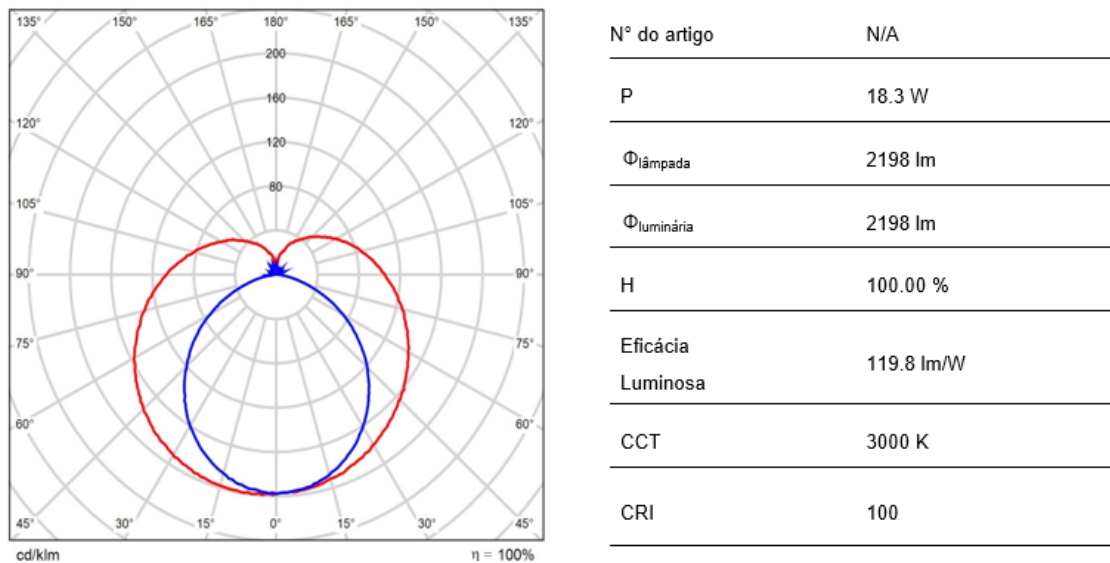
Ponto	Iluminâncias aferidas (lux)
P1	390
P2	387
P3	444
P4	470
P5	570
P6	450
P7	445
P8	350
P9	392
Média Total:	444

Fonte: AUTOR (2022).

Uma vez que o sistema atual ainda não está otimizado, será proposto por meio de um novo projeto luminotécnico uma nova iluminação empregando LEDs, que atenda as normativas e ofereça um maior conforto visual aos pacientes do leito

estudado. A luminária TUBOLED utilizada na nova simulação da ala hospitalar estudada é a STELLA – STH9618/40 – Tubular T5 18W, com potência de 18.3W, Im no valor de 2.198 e um rendimento luminoso equivalente a 119.8lm/W. A curva de distribuição luminosa e os principais dados luminotécnicos dessa luminária são mostradas na Figura 15, obtida no relatório do software DIALUX.

**Figura 15** – CDL e dados da nova luminária LED proposta para o leito hospitalar estudado.

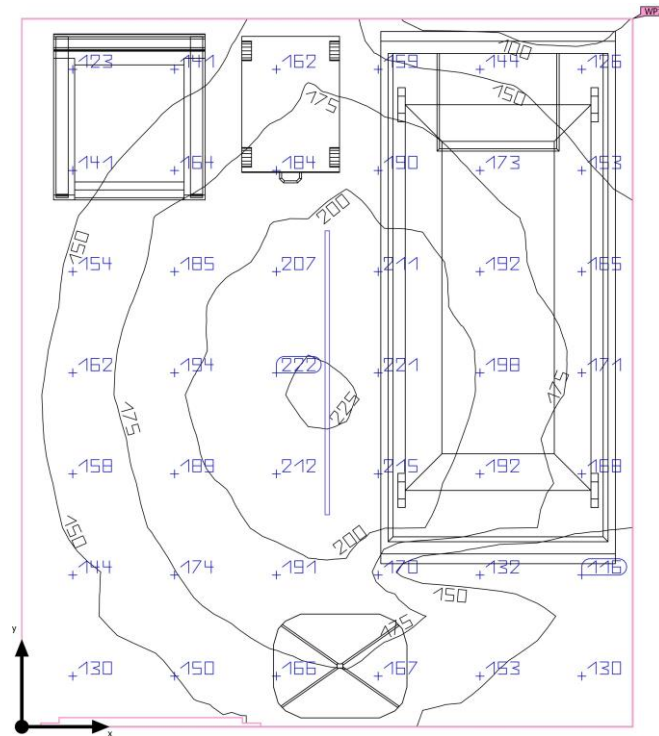


Fonte: AUTOR (2022).

A Figura 16 mostra o resultado de simulação obtido com a luminária STELLA. Nesse resultado pode-se notar que a iluminância obtida na altura da cabeça do paciente é de 150 lx e 173 lx, um valor que atende o mínimo previsto em norma, e que não causa um efeito de ofuscamento no paciente.

Logo, conclui-se que uma iluminação diferenciada pode regular e equilibrar a estrutura do ambiente, tornando mais aconchegante, seguro e de fácil acessibilidade aos trabalhos desenvolvidos pela equipe médica junto ao paciente. Por essa razão, foi construído um modelo de simulação a fim de estimar a disposição de iluminação artificial de acordo com essa distribuição em zonas de iluminação. Nesse caso, com a luminária STELLA foi obtida uma iluminância média de 170 lux, o que atende o mínimo previsto em norma (100 lux).

**Figura 16** - Valores de lux no quarto com lâmpadas LED.



Fonte: AUTOR (2022).

#### 4.1 DISCUSSÃO DOS PRINCIPAIS RESULTADOS

O setor analisado nesse estudo, quanto aos valores médios, foi enquadrado dentro de iluminação geral de enfermarias e UTIs, entre os ambientes que constam na tabela de especificação de iluminâncias da NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).

O local estudado apresenta um nível de luminosidade bem acima do exigido pela norma, principalmente sobre a cabeça do paciente. Embora a quantidade de luminosidade apresentada atenda o mínimo exigido pela norma, ela pode causar ofuscamento no paciente.

A simulação elaborada com a luminária TUBOLED STELLA – STH9618/40 contempla uma melhor distribuição de iluminação e uma maior economia de energia ao reduzir a potência elétrica da fonte luminosa.

Comparando os resultados encontrados entre a lâmpada fluorescente e o modelo proposto por meio de simulação com a nova luminária LED, foi levantada a Tabela 7.

**Tabela 7** - Resultados comparativos de simulação – fluorescente e LED.

Lâmpadas	EE – 821 2X32W T8S	STH9618/40 – TUBULAR T5
Fluxo Luminoso	3715 lm	2198 lm
Eficácia Luminosa	58 lm/W	119,8 lm/W
Iluminância Média	351 lx	170 lx
Iluminância Mínima	189 lx	82,1 lx
Uniformidade	0,54	0,48
Potência da Lâmpada	64W	18W
Temperatura de cor	3000K	3000K

Fonte: AUTOR (2022).

Uma iluminação natural influencia em um projeto hospitalar. O recinto possui janela com foco de iluminação satisfatória, porém uma média de luminosidade muito baixa, ocasionando efeito psicológico negativo e pouca interação com o ambiente. Sendo cada setor iluminado de forma diferenciada, a luminosidade em um quarto de hospital não será a mesma de uma recepção ou nos corredores, por exemplo.

#### 4.2 PROJETO PROPOSTO

De acordo com as diretrizes do projeto, as análises feitas e os resultados encontrados, a sugestão para melhorar a iluminação do espaço analisado da forma como ele se encontra, com lâmpada duplo LED, seria a utilização de cores e móveis que refletem menos a luz. Sendo um local de descanso e recuperação, recomenda-se uso de lâmpadas de LED de baixa temperatura, por volta de 2700K e 3000K.

Para a proposta final com uma lâmpada de LED, a iluminação entra nas normativas da ABNT. Caso fosse necessário, para não mantê-la acesa a maior parte do tempo, a iluminação poderia ser complementada com abajures e luminárias com

lâmpadas de cores quentes próximas as camas para criar uma atmosfera de tranquilidade em momentos noturnos, com foco no descanso.

A modificação proposta apresenta as possibilidades de criar um ambiente mais aconchegante, calmo, que leve o paciente a uma melhora também pela satisfação visual nos casos de internações, por meio de uma iluminação adequada ao tipo de ambiente hospitalar, considerando os tipos de iluminância e distribuição. Como é um ambiente onde ocorrem atividades de aferições, entrega de medicamentos e demais cuidados com os pacientes por parte dos funcionários, as lâmpadas precisam ter um índice de rendimento compatível com o ambiente.

Os resultados terão como efeito melhora da saúde e da qualidade de vida, bem como incentivo a produtividade, sentimento de satisfação e bem-estar. Um ambiente humanizado precisa observar o entorno para desfrutar de equilíbrio tanto físico como mental dos internos e do corpo hospitalar. O projeto oferece alternativas que possibilitam melhor realização de tarefas, segurança, descanso e conforto. Um sistema adequado de iluminação é fator importante para beneficiar um setor da população em situação de tamanha fragilidade como pacientes em hospitais.

## **5 CONCLUSÕES**

Esse trabalho teve como objetivo apresentar a importância de um projeto luminotécnico adequado ao espaço hospitalar e suas atividades, a partir do pressuposto que a iluminação nesse ambiente é um elemento que influencia positivamente no tratamento e na melhora de pacientes. Com o intuito de aplicar os conhecimentos adquiridos, a escolha do tema "iluminação adequada em leito hospitalar" se deu por uma vivência recente no hospital pesquisado em uma situação de internação de terceiros em extrema enfermidade. A observação do local fez surgir o tema da iluminação aplicada ao projeto luminotécnico adaptado, abordando questões de qualidade e conforto tanto físico quanto emocional.

Algumas estratégias foram tomadas a partir do fator humanização e qualidade de vida dos hospitalizados para a aplicação de métodos de iluminância em LED estabelecidos pelas normas da ABNT, a fim de encontrar resultados satisfatórios quanto a efetividade do projeto em serviços de saúde e todos os envolvidos. Substituir as lâmpadas comumente usadas por LED oferece inúmeras vantagens em economia,

duração e satisfação visual, possibilitando soluções viáveis que ajustem as falhas apontadas ao longo do texto quanto aos sistemas lumínicos, como o *flicker*.

As análises das informações deixam clara a importância de um projeto de iluminação bem planejado e que leve em conta a função e necessidade espacial hospitalar. O ambiente em questão envolve todos os tipos de emoções e sensações que devem ser analisadas para se alcançar o efeito desejado no tratamento e bom funcionamento do local, lembrando que se deve assegurar ao paciente respostas visuais com propostas que ofereçam localização do tempo (ritmo circadiano). Por essa razão, a iluminação deve levar a humanização, reabilitação, conforto visual e cuidado.

Fontes de luz suficientes em áreas de saúde impacta efetivamente nas atividades e atendimento. O hospital visitado ainda não pode ser considerado em total conformidade com as normas de iluminação, necessitando de adequação. O paciente não possui qualquer controle sobre o ambiente visual no leito devido à falta de dispositivos de comando da iluminação. O que se pretende mostrar é que a inexistência de um cálculo luminotécnico prévio impacta em iluminação exacerbada, ofuscamentos, stress e problemas decorrentes da baixa eficiência luminosa no local.

Iluminação em excesso, mudanças bruscas na forma de utilização da luz, não aproveitamento da luz natural, uso de materiais de baixa eficiência, e outros problemas comuns a uma iluminação que não foi bem planejada, afetam a eficiência, economia de energia e causa problemas visuais. A constante busca por um equilíbrio dependem da presença de uma iluminação eficaz para atividades como diagnósticos e tratamentos, cuja insuficiência acarreta adoecimento de profissionais, erros médicos, acidentes com pacientes, desconfortos que pioram o estado dos mesmos e outras consequências. O projeto luminotécnico aqui apresentado em LED traz um resultado eficiente e oferece uma iluminação de qualidade, além, claro, da necessária disposição mínima de luz natural. A adequação luminosa pelo sistema de LEDs evita prejuízos, investe na qualidade de vida e minimizar gastos.

Por fim, uma reforma no sistema lumínico precisa superar desafios de projetos diversos que levem em conta luminância para efetividade de ações nos hospitais. Ainda que tenhamos a disposição uma gama de tecnologias para garantia de eficiência energética e conforto visual, há muito o que se fazer quanto a efetiva acessibilidade de dados e real troca de lâmpadas nos diversos ambientes de saúde.



O estudo constata que o desenvolvimento de um sistema de iluminação necessita de um esforço humanizador, econômico e de reestruturação para além de toda normativa que deve ser seguida, a fim de contribuir com o planejamento de projetos luminotécnicos hospitalares. O contexto exige elaboração e estudo de cálculo precisos dados pela engenharia elétrica para se alcançar um resultado satisfatório.

Após análise e exposição dos dados, apresenta-se objetivamente, que todas as variáveis mencionadas ao longo do texto: iluminação artificial, projeto luminotécnico, conforto visual, indicam uma necessidade de propostas de iluminação para além do convencional e básico visando garantir bom iluminamento em áreas de saúde. Para isso, o projeto deve se desenvolver enquanto um mecanismo de proteção, relaxamento e eficácia.

Desse modo, todos os resultados voltam-se a instigar projetistas na área da engenharia elétrica a contribuir para esse estudo colocando em pauta os problemas encontrados em campo a fim de apresentar soluções efetivas. No tema em destaque, quando se pensa em ações, existem muitos interesses individuais em jogo que beneficiam o público alvo em qualidade de vida e saúde.

## **ABSTRACT**

The present work is a study on the importance of developing a lighting project using LED technology inside hospital areas from the evaluation of the current lighting of a hospital bed in Juiz de Fora - MG, in order to propose an adequacy of the lighting focusing on the result in better energy use and well-being of patients. In order to achieve these objectives, a bibliographical review on lighting concepts, types of lamps, the impacts and potentialities of artificial light and its psychological effects in the treatment of patients is initially presented. Next, a field analysis is carried out with the proposal of applying a simulation project adapted to the environment. It is believed that the research is of great relevance for Electrical Engineering as it presents the positive impact of LED lighting in the hospital environment with the on-site measurements, in addition to reinforcing new techniques for a lighting project in the health area. Finally, a discussion of the results and intervention proposal is made that seek to clarify important points in the understanding of necessary interventions in the lighting system for visual comfort and well-being.

**Keywords:** Artificial Lighting. Hospital Lighting. LEDs. Lighting design. Visual Comfort.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Francisco Jose Costa; CAVALCANTE, João Victor Bezerra de Menezes; ARAGÃO, Juliana Cordeiro. **A Engenharia Elétrica a Serviço do Meio Ambiente – Uso das Lâmpadas de LED**. Congresso Técnico Científico e da Agronomia. CONTECC. Maceió, ago. 2018, 1-4 p. Disponível em <[https://confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/eletrica/1\\_aveasdmaudl.pdf](https://confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/eletrica/1_aveasdmaudl.pdf)>. Acesso em: 29 out. 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5382: Verificação de Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, abr. 1985.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 54113: Iluminância de interiores**. 1992.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: interior**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, ed. 1, abr. 2013. Disponível em: [http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/instalacoes-prediais-1/normas-e-tabelas-de-dimensionamento/NBRISO\\_CIE8995-1.pdf/view](http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/instalacoes-prediais-1/normas-e-tabelas-de-dimensionamento/NBRISO_CIE8995-1.pdf/view) Acesso em: 12 nov. 2022

BARBARA, Cris. **A iluminação correta nos ambientes**. 2015. [S.l.]. Não paginado. Disponível em: <<http://www.lopes.com.br/blog/decoracao-paisagismo/iluminacao-correta-nosambientes/#axzz4ssnHEIL9>>. Acesso em: 19 set. 2022.

BATISTA, Ana Luísa do Amaral. **Efeitos da Disseminação de Lâmpadas LED nos Sistemas de Distribuição**. (Programa de pós graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 17 dez. 2020. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/2322>. Acesso em: 12 nov. 2022.

BECK, C.L.C., *et al.* **A linguagem sígnica das cores na resignificação (humanização) de ambientes hospitalares**. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação. In: XXX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. [S.l.] 2007.

BETTEGA, Patrícia; CONTI, Carla Jussara; SONDA, Carolina de Moraes. **Cores e iluminação em ambientes hospitalares**. In: ECCI, 13º Encontro Científico Cultural Interinstitucional. [S.l.] 2015, 1-3 p. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/ecci/anais/5babc9eda0209.pdf> Acesso em 04 nov. 2022

BIGONI, Sílvia. **O comportamento de luminárias LED utilizadas em instalações no setor comercial e a sua relação com a temperatura ambiente e umidade relativa do ar**. Universidade de São Paulo. Tese (Doutorado) Faculdade de

Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, 2020. 244p. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-28032021-232732/publico/TESilviaBigoni\\_rev.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-28032021-232732/publico/TESilviaBigoni_rev.pdf) Acesso em 15 nov. 2022

CAVALCANTI, Patrícia Biasi. **Qualidade da Iluminação em Ambientes de Internação Hospitalar**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós Graduação em Arquitetura. Porto Alegre, ago. 2002. 168 p. Disponível em: [https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Sa%FAde/qualidade\\_da\\_iluminacao\\_em\\_ambients\\_de\\_internacao\\_hospitalar.pdf](https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Sa%FAde/qualidade_da_iluminacao_em_ambients_de_internacao_hospitalar.pdf) Acesso em: 25 out. 2022

COSTA, E. G. D. **Guia de Laboratório – Instalações Elétricas**. UFCG. Campina Grande, 2019.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Leilão de Energia Nova A-5**, Brasília-DF, 2005. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/leilao-de-energia-nova-a-5-2005> Acesso em: 01 nov. 2022

FRAGOSO et al. **Análise do Efeito Flicker em Lâmpadas Domésticas do Mercado Brasileiro**. Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ 24210-240. v1i1.2400. 2020. Disponível em: [https://www.sba.org.br/open\\_journal\\_systems/index.php/sbse/article/view/2400](https://www.sba.org.br/open_journal_systems/index.php/sbse/article/view/2400) Acesso em: 7 nov. 2022

FEIDEN, Alessandra Cristina, *et. al.* Conforto visual através da iluminação artificial. **Ciência e Diversidade**. In: XXIII Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão. [S.I.] out. 2018, 1-10 p. Disponível em: <https://home.unicruz.edu.br/seminario/anais/anais-2018/XXIII%20SEMINARIO%20INTERINSTITUCIONAL/Ciencias%20Sociais%20e%20Humanidades/Mostra%20de%20Iniciacao%20Cientifica%20-%20TRABALHO%20COMPLETO/CONFORTO%20VISUAL%20ATRAVES%20DA%20LUMINACAO%20ARTIFICIAL.pdf> Acesso em: 01 nov. 2022

FERREIRA, Rodrigo Arruda Felício. **Manual de Luminotécnica**. Apostila auxiliar da disciplina ENE-065 - Instalações Elétricas I. Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2010. Disponível em: <http://joinville.ifsc.edu.br/~luis.nodari/Disciplinas/IEI/Catalogos/Luminot%C3%A9cnica/Manual%20Luminot%C3%A9cnica%20UFJF.pdf> Acesso em: 30 out 2022

FREITAS, Paula Campos Fadul de *et. al.* **Apostila de Luminotécnica e Lâmpadas Elétricas**. Universidade Federal de Uberlândia - Faculdade de Engenharia Elétrica. s.d., 69p. Disponível em: <https://docplayer.com.br/22688029-Luminotecnica-e-lampadas-eletricas.html> Acesso em: 31 out 2022

IEEE, I. de Engenheiros Eletricistas e E. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. [S.I.], 2014.

- LOSSO, E., *et. al.* **Iluminação em ambientes médico-hospitalares**. VI SEB-UFU/UTFPR, 2013, 1-4 p. Disponível em: <http://www.biolab.eletrica.ufu.br/simposios/viseb/ArtigoSEB-IluminacaoHospitalar.pdf> Acesso em 02 nov. 2022
- LUZ, Jeanine Marchiori da. **Luminotécnica**. Curso de luminotécnica. (s. d.). Disponível em: <https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/Luminotecnica.pdf> Acesso em: 30 out. 2022
- MASCARÓ, Lúcia. Iluminação e arquitetura: sua evolução através do tempo. *Arquitextos*, São Paulo, ano 06, n. 063.08, **Vitruvius**, set. 2005. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.063/438>>. Acesso em: 03 de nov. 2022.
- MORAES, Letícia Niero; CLARO, Anderson. Estudo comparativo de sistemas de iluminação artificial considerando luz natural e consumo de energia. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v.13, n. 4, p. 59-74, jul./set. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/wssxNWdMvMjpTqYD9gG6Jdj/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 03 nov. 2022
- NASCIMENTO, Cristhian Augusto Furquim do. Iluminação artificial e seu impacto no ser humano: uma ferramenta indispensável aos arquitetos e projetistas de interiores. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, v. 1, p. 1-14, dez. 2014. Disponível em: <https://docplayer.com.br/30006121-Iluminacao-artificial-e-seu-impacto-no-ser-humano-uma-ferramenta-indispensavel-aos-arquitetos-e-projetistas-de-interiores.html> Acesso em: 30 out. 2022.
- NASCIMENTO, Gúli Ricardo Fagundes. A saúde vista com outros olhos: Iluminação Hospitalar. **Revista SUSTINERE**, Rio de Janeiro, v.7, n.2, p.401-413, jul-dez, 2019. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/sustinere/article/view/42427> Acesso em 04 nov. 2022
- PECCIN, Adriana. Iluminação Hospitalar. Estudo de caso: espaços de internação e recuperação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Arquitetura. Programa de Pós graduação em arquitetura. Porto Alegre, maio 2002. 184 p. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3213/000333963.pdf?seque=1> Acesso em: 06 nov. 2022
- RIO GRANDE DO SUL. Resolução nº 2233/CUN/2016. **Dispõe sobre Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Elétrica da URI**. Rio Grande do Sul, 2016. Disponível em: [http://urisaoluiz.com.br/site/wp-content/uploads/2017/10/PPP\\_2017\\_S%C3%A3o-Luiz-Gonzaga\\_Engenharia-EI%C3%A9trica-Bacharelado.pdf](http://urisaoluiz.com.br/site/wp-content/uploads/2017/10/PPP_2017_S%C3%A3o-Luiz-Gonzaga_Engenharia-EI%C3%A9trica-Bacharelado.pdf) Acesso em: 11 nov. 2022
- REA, Mark. **Lighting Handbook**: reference & application. 8 ed. New York: IESNA, 1993.

SANTOS, Rodrigo Linhares dos. **Drivers para LEDs empregando o conceito charge-pump para redução do flicker**. Universidade Federal do Ceará. Programa de Pós graduação em Engenharia Elétrica e de Computação. Sobral, 2017. Disponível em: file:///C:/Users/Windows/Downloads/2017\_dis\_rlsantos.pdf Acesso em: 12 nov. 2022

SIMPLÍCIO, Rafael de Freitas. **Projeto Luminotécnico de uma academia de ginástica**. Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Engenharia Elétrica e Informática – CEEI. Departamento de Engenharia Elétrica – DEE. Campina Grande – PB, maio 2021. 64 p. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/21052/1/RAFAEL%20DE%20FREITAS%20SIMPL%3%8DCIO%20-%20TCC%20ENG.%20EL%3%89TRICA%202021.pdf> Acesso em: 9 nov. 2022

VARGAS, Cláudia R. de A. Os impactos da iluminação: visão, cognição e comportamento. 2009. 88-91p. **Caderno de Iluminação**. [s. n.] UFRJ- Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: [https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/artigos/o\\_impacto\\_da\\_iluminacao\\_no\\_comportamento\\_humano.pdf](https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/artigos/o_impacto_da_iluminacao_no_comportamento_humano.pdf) Acesso em: 05 nov. 2022

VIANA, Dandara. Entenda o que é Luminotécnica. Guia da Engenharia. 2019. Disponível em:< <https://www.guiadaengenharia.com/luminotecnica/>>. Acesso em 11 set. 2022.