UNIVERSIDADE ALVES FARIA

Arquitetura e Urbanismo

GABRIEL BIOLCHINI LADVOCAT

A IMPORTÂNCIA DA ILUMINAÇÃO NA ARQUITETURA

GOIÂNIA
2024

GABRIEL BIOLCHINI LADVOCAT

A IMPORTÂNCIA DA ILUMINAÇÃO NA ARQUITETURA

Trabalho de conclusão do curso superior em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Alves Faria – UNIALFA –, apresentado à Comissão de Seleção do Programa de Conclusão de Curso.

Orientador: Prof. Guilherme de Sena Esteves

GOIÂNIA
2024

Ficha catalográfica

GABRIEL BIOLCHINI LADVOCAT

A IMPORTÂNCIA DA ILUMINAÇÃO NA ARQUITETURA

Trabalho de conclusão do curso superior em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Alves Faria – UNIALFA –, apresentado à Comissão de Seleção do Programa de Conclusão de Curso.

Aprovado em 04 de junho de 2024.

BANCA EXAMINADORA

_____

Professor Guilherme De Sena Esteves (Orientador)

_____

Professor João Marchiori (Avaliador)

_____

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço ao meu pai, Marcelo Ladvocat, por todo o apoio, financiamento e orientação que me proporcionou ao longo deste trabalho. Sua trajetória acadêmica exemplar e seu conhecimento vasto sempre foram fontes de inspiração para mim.

Agradeço também à minha mãe, por todo o conforto emocional que me ofereceu nos momentos mais difíceis. Sua presença e apoio incondicional foram fundamentais para que eu mantivesse a confiança e a determinação necessárias para completar este projeto.

Por fim, agradeço ao meu avaliador, João Marchiori, por dedicar seu tempo para ler e avaliar este trabalho. Sua contribuição foi essencial para a conclusão deste projeto.

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso analisa a evolução da iluminação, desde as fogueiras primitivas até os sistemas atuais avançados, enfatizando sua relevância técnica. Os termos técnicos mais relevantes da área, tais como lumens, lux, candelas, temperatura de cor e curva de distribuição de luz, são cruciais para a utilização eficiente e eficiente da iluminação

Os sistemas de iluminação evoluíram significativamente ao longo do tempo, desempenhando um papel crucial tanto em termos práticos, aprimorando a visibilidade e a segurança, quanto na criação de um ambiente harmônico. Este estudo examina o progresso desses sistemas e suas aplicações, com ênfase nos aspectos técnicos e regulamentares.

A história da iluminação começou com as fogueiras primitivas, passando pelas lâmpadas de óleo e velas até os modernos sistemas de iluminação elétrica e LEDs. Cada fase dessa evolução trouxe progressos significativos que não apenas aprimoraram a eficiência e a funcionalidade da iluminação, mas também abriram novas possibilidades estéticas e arquitetônicas.

Para melhorar a visibilidade e a segurança em diversos ambientes, é importante saber termos técnicos como lumens, que medem a quantidade total de luz emitida por uma fonte, e lux, que mede a iluminação recebida por uma superfície. Outros conceitos, como candelas, que medem a intensidade luminosa, e temperatura de cor, que descreve a aparência da cor da luz, também são relevantes para a escolha adequada das fontes de luz.

As normas brasileiras, tais como a NBR/ISO 8995-1 - Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior e a NBR 5413 - Iluminância de interiores, desempenham um papel crucial na regulamentação e padronização da iluminação. A NBR/ISO 8995-1 trata da iluminação de ambientes de trabalho, garantindo condições ideais para o desempenho das atividades. A NBR 5413 apresenta os níveis de iluminância recomendados para diferentes tipos de ambientes internos, proporcionando segurança e conforto. Essas diretrizes são cruciais para assegurar que a iluminação em diferentes ambientes siga os padrões que asseguram funcionalidade e segurança (ABNT], 2003, 2013)

O aplicativo DIALux foi utilizado para identificar e corrigir deficiências luminosas em diversos ambientes, permitindo a simulação de projetos de iluminação e fornecendo uma análise minuciosa da distribuição da luz e dos níveis de iluminação. Todos os cálculos obedeceram rigorosamente às regras da NBR 5413 (ABNT, 2003)

Ao examinar o ambiente de trabalho, constatou-se a necessidade de ajustar os níveis de iluminação para atingir os padrões recomendados. As modificações sugeridas garantiram um ambiente seguro e relaxante para o trabalho. A inspeção na cozinha confirmou que todos os requisitos legais estavam sendo cumpridos, corroborando a eficiência das soluções de iluminação empregadas. Apesar de a iluminação da mesa estar de acordo com as normas, foi necessário aprimorar a iluminação do piso para evitar sombras e aumentar a segurança.

Por meio de comparações visuais "antes e depois", o estudo demonstrou como a utilização adequada da iluminação, de acordo com as diretrizes técnicas, pode impactar significativamente os ambientes. Essas comparações evidenciaram tanto as deficiências iniciais quanto as melhorias obtidas com a implementação das soluções apresentadas.

Este estudo possibilitou uma compreensão técnica minuciosa da iluminação e incentivou uma percepção mais consciente e inventiva do papel da iluminação na arquitetura. A iluminação adequada e normatizada, de acordo com as normas NBR/ISO 8995-1 e NBR 5413, é indispensável para criar ambientes seguros, confortáveis e esteticamente agradáveis.

Palavras-chave: evolução da iluminação, normas brasileiras de iluminação, eficiência luminotécnica, a aplicação do DIALux e iluminação em ambientes residenciais.

ABSTRACT

This thesis analyzes the evolution of lighting, from primitive fires to advanced contemporary systems, emphasizing its technical relevance. Key technical terms in the field, such as lumens, lux, candelas, color temperature, and light distribution curve, are crucial for the efficient and effective use of lighting.

Lighting systems have evolved significantly over time, playing a crucial role both practically, enhancing visibility and safety, and in creating a harmonious environment. This study examines the progress of these systems and their applications, with a focus on technical and regulatory aspects.

The history of lighting began with primitive fires, progressing through oil lamps and candles to modern electric lighting systems and LEDs. Each phase of this evolution brought significant advancements that not only improved the efficiency and functionality of lighting but also opened new aesthetic and architectural possibilities.

To improve visibility and safety in various environments, it is important to understand technical terms such as lumens, which measure the total amount of light emitted by a source, and lux, which measures the illumination received by a surface. Other concepts, such as candelas, which measure luminous intensity, and color temperature, which describes the appearance of the light's color, are also relevant for the proper selection of light sources.

Brazilian standards, such as NBR/ISO 8995-1 - Lighting of Workplaces - Part 1: Indoor and NBR 5413 - Illuminance of Interiors, play a crucial role in regulating and standardizing lighting. NBR/ISO 8995-1 deals with the lighting of workplaces, ensuring ideal conditions for performing activities. NBR 5413 presents the recommended illuminance levels for different types of indoor environments, providing safety and comfort. These guidelines are essential to ensure that lighting in different environments adheres to standards that ensure functionality and safety (ABNT, 2003, 2013).

The DIALux application was used to identify and correct lighting deficiencies in various environments, allowing the simulation of lighting projects

and providing a detailed analysis of light distribution and illumination levels. All calculations strictly followed the rules of NBR 5413 (ABNT, 2003).

In examining the work environment, it was found necessary to adjust the lighting levels to meet the recommended standards. The suggested modifications ensured a safe and relaxing environment for work. The inspection in the kitchen confirmed that all legal requirements were being met, corroborating the efficiency of the employed lighting solutions. Despite the table lighting meeting the standards, it was necessary to enhance the floor lighting to avoid shadows and increase safety.

Through "before and after" visual comparisons, the study demonstrated how the proper use of lighting, according to technical guidelines, can significantly impact environments. These comparisons highlighted both the initial deficiencies and the improvements achieved with the implementation of the proposed solutions.

This study enabled a thorough technical understanding of lighting and encouraged a more conscious and inventive perception of the role of lighting in architecture. Proper and standardized lighting, in accordance with NBR/ISO 8995-1 and NBR 5413, is indispensable for creating safe, comfortable, and aesthetically pleasing environments.

Keywords: evolution of lighting, Brazilian lighting standards, lighting efficiency, the application of DIALux, and lighting on residential environments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O fogo 20
Figura 2 – Vela de Cera 20
Figura 3 – Lamparina 21
Figura 4 – Lampião 22
Figura 5 – Poste a gás 23
Figura 6 – Thomas Edson 25
Figura 7 – A primeira lâmpada de filamento de Thomas Edison 27
Figura 8 – Lâmpadas de Fio de Platina 27
Figura 9 – Lâmpadas de Vapor de Mercúrio 28
Figura 10 – Lâmpadas fluorescentes 29
Figura 11 – Lâmpadas de Halogênio 29
Figura 12 – Lâmpadas de Sódio de Alta Pressão 30
Figura 13 – Lâmpadas Bulbo de LED aberta 30
Figura 14 – Shuji Nakamura 32
Figura 15 – Exemplo ICR 33
Figura 16 – Lâmpadas Bulbo de LED aberta 35
Figura 17 – Fita de LED 36
Figura 18 – Fita de LED 240led/m 37
Figura 19 – Fita de LED COB 38
Figura 20 – Plafon Embutido Square 39
Figura 21 – Lustre Chandelie 40
Figura 22 – Pendente 41
Figura 23 – Arandela Femarte com Lente 42
Figura 24 – Balizadores e Poste 43
Figura 25 – Poste 43
Figura 26 – Spot Altena 44
Figura 27 – Embutido de solo (Imagem ambientada pela PowerLume) 45
Figura 28 – Espeto de Jardim 45
Figura 29 – Subaquática 46
Figura 30 – Efeito Iluminação Direta e Indireta 46
Figura 31 – Pendente Iluminação Direta e Indireta 47
Figura 32 – Wall Wash (Down Light) 47
Figura 33 – Up light 48
Figura 34 – Cênica 48
Figura 35 – Contorno / Difusas 49
Figura 36 – Decorativa 50
Figura 37 – Acento ou Destaque 50
Figura 38 – Temperatura de cor 53
Figura 39 – Lúmens 54
Figura 40 – Exemplo IRC 55
Figura 41 – Tabela Índice de Proteção (IP) 56
Figura 42 – Lente ou Ângulo de abertura 57
Figura 43 – Gráfico curva fotométrica (Representação intensidades luminosas). 59
Figura 44 – Curva fotométrica (Representação curva polar). 59
Figura 45 – A curva fotométrica nos projetos luminotécnicos. 59
Figura 46 – Lúmen, Candela e Lux. 61
Figura 47 – Lux e distância. 62
Figura 48 – Zonas de iluminação. 63
Figura 49 – Luxímetro. 64
Figura 50 – Opções de fachos de abertura. 66
Figura 51 – Estudo de Lente e Potência Powerlume. 67
Figura 52 – NBR5413 (Residências). 72
Figura 53 – Escritório. 74
Figura 54 – Planta Escritório Antes. 75
Figura 55 – Refletor - Curva IES e Produto. 76
Figura 56 – Render Escritório Antes. 76
Figura 57 – Malha Escritório Antes. 77
Figura 58 – Malha Mesa Escritório Antes. 78

Figura 59 – Pendente - Curva IES e Produto. 79
Figura 60 – Embutido - Curva IES e Produto. 80
Figura 61 – Render Escritório Depois. 80
Figura 62 – Planta Escritório Depois. 81
Figura 63 – Malha Escritório Depois. 82
Figura 64 – Malha Mesa Escritório Depois. 83
Figura 65 – Quadro de Análise Escritório Antes e Depois. 84
Figura 66 – Cozinha. 85
Figura 67 – Planta Cozinha. 85
Figura 68 – Plafon - Curva IES e Produto. 86
Figura 69 – MR11 - Curva IES e Produto. 87
Figura 70 – Render Cozinha. 87
Figura 71 – Malha Cozinha. 88
Figura 72 – Indicador fontes de luz. 89
Figura 73 – Malha Mesa Cozinha. 89
Figura 74 – Malha Fogão. 90
Figura 75 – Quadro de Análise Cozinha. 91
Figura 76 – Banheiro. 92
Figura 77 – Planta Banheiro. 93
Figura 78 – Dicroica - Curva IES e Produto. 94
Figura 79 – Embutido Par-20 - Curva IES e Produto. 94
Figura 80 – Render Banheiro Antes. 95
Figura 81 – Malha Banheiro Antes. 96
Figura 82 – Malha Mesa Banheiro Antes. 96
Figura 83 – Fita - Curva IES e Produto. 97
Figura 84 – Fita Flexível Espelho - Curva IES e Produto. 98
Figura 85 – Render Banheiro Depois. 98
Figura 86 – Teste Luz Laboratório. 99
Figura 87 – Render Visão Fita Aplicada. 100
Figura 88 – Malha Mesa Banheiro Depois. 100
Figura 89 – Malha Banheiro Depois. 101
Figura 90 – Quadro de Análise Banheiro Antes e Depois. 101

INTRODUÇÃO 15

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 18

2.1 Evolução da iluminação 20
2.1.1. Iluminação Primitiva e Antiga 20
2.1.2. A revolução industrial e a iluminação a gás. 23
2.1.3. Identificação da Lâmpada Elétrica 25
2.1.4 Luzes Fluorescentes e LEDs. 26
2.1.4.1 Lâmpada de Filamento de Carbono (1879) 26
2.1.4.2 Lâmpada de Filamento de Bambu (1880) 27
2.1.4.3 Lâmpadas de Fio de Platina (1880s) 27
2.1.4.4 Lâmpadas de Filamento de Metal (1880s-1890s) 28
2.1.4.5 Lâmpadas de Vapor de Mercúrio (1930s) 28
2.1.4.6 Lâmpadas Fluorescentes (1930s) 28
2.1.4.7 Lâmpadas de Halogênio (1950s) 29
2.1.4.8 Lâmpadas de Sódio de Alta Pressão (1960s) 30
2.1.4.9 Lâmpadas de LED (1960) 30
2.1.4.10. LED Violeta (2014) 32
2.1.5. Futuro da iluminação 34

2.2. Tipos de Iluminação 35

2.2.1 Lâmpadas 35
2.2.2. Fita de Led 36
2.2.3 Luminárias decorativas 38
2.2.3.1 Plafons 39
2.2.3.2 Lustres 39
2.2.3.3 Pendente 40
2.2.3.4 Arandelas 41
2.2.3.5 Balizadores e Postes 42
2.2.4 Iluminação Técnica 43
2.2.4.1 Spots 44
2.2.4.2 Embutido de solo e espeto de Jardim 44
2.2.4.3 Luminárias Subaquáticas 45

2.3 Efeitos de iluminação 46

2.4 Análises Técnicas da Iluminação 51
2.4.1. Informações Técnicas 51
2.4.1.1 Watts (Potência) 52
2.4.1.2 Volts 52
2.4.1.3 Temperatura de cor (K) 53
2.4.1.4 Lumens (Fluxo Luminoso) 54
2.4.1.5 Índice de Reprodução de Cor (IRC) 54
2.4.1.6 Índice de Proteção (IP) 55
2.4.1.7 Ângulo de abertura e Lentes 57
2.4.1.8 Curva da Luz (CDL) ou Curva Fotométrica 57
2.4.2 Cálculos 60
2.4.2.1 Cálculo de Lux 63
2.4.2.2 Cálculo de Lumens por m² 64
2.4.2.3 Cálculo de Potência e lente 65
2.4.5. Ciclo circadiano 68
2.4.6. Normas e Regras 69
2.4.7. Observações Contemporâneas 69

2.5 Proposta..... 70

2.6 Metodologia 71
2.6.1. Malha de Lux..... 71
2.6.2. Aplicação da NBR 5413 72
2.6.3. Metodologia Detalhada 73

2.7. Ambientes e Estudo 74
2.7.1. Análise Escritório 74
2.7.1.1. Ajuste Escritório 79
2.7.2. Análise Cozinha 84
2.7.3. Análise Banheiro 92
2.7.3.1. Ajuste Banheiro 97

3 CONCLUSÃO 103

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 105

INTRODUÇÃO

A história da iluminação é formada por séculos de inovações, criatividade e progresso tecnológico. Desde as fogueiras primitivas que afastavam a escuridão da noite até os sistemas de iluminação de alta tecnologia do século XXI, a história da iluminação é rica em inovação, criatividade e avanços tecnológicos. Entretanto, a luz não se limita apenas à funcionalidade; ela também reflete aspectos culturais, estéticos e a busca incessante por aprimorar a qualidade de vida. Este estudo é justificado pela necessidade de compreender o progresso dos sistemas de iluminação e sua influência na sociedade atual. Além de garantir a segurança e a funcionalidade dos ambientes, a iluminação tem um impacto direto na estética e no bem-estar das pessoas. Sendo assim, investigar esses elementos é crucial para aperfeiçoar as técnicas de design e aplicação de iluminação.

A originalidade deste estudo está na abordagem integrada dos aspectos técnicos e culturais da iluminação. Ao investigar a evolução dos sistemas de iluminação, o estudo oferece uma perspectiva única que combina a análise técnica com a apreciação estética e cultural, proporcionando uma visão ampla e detalhada do tema. A relevância deste estudo é evidente em sua contribuição para o campo da arquitetura e design de ambientes. Para criar ambientes funcionais e agradáveis, a iluminação adequada tem um impacto significativo na produtividade, segurança e bem-estar dos usuários. Este trabalho oferece informações valiosas para profissionais e acadêmicos que desejam melhorar suas técnicas de iluminação. O propósito geral deste estudo é examinar a evolução da iluminação, desde as fogueiras primitivas até os sistemas modernos, enfatizando sua relevância técnica e cultural.

O estudo examina a trajetória da iluminação e seus principais eventos evolutivos, examina os termos técnicos mais importantes relacionados à iluminação, tais como lumens, lux, candelas, temperatura de cor e curva de distribuição de luz, examina a aplicação prática desses conceitos em projetos de iluminação, apresenta comparações visuais antes e depois, os efeitos de uma iluminação eficiente em diferentes ambientes e sugere recomendações para a utilização adequada de

estratégias de iluminação em diferentes contextos arquitetônicos.

Ao longo dos séculos, houve uma grande evolução nos termos técnicos que fundamentam a iluminação, desempenhando um papel crucial em nossa interação com a luz e com os ambientes que habitamos. Dentre esses elementos, destacam-se os fundamentais que dão uma compreensão fundamental das características e eficácia da iluminação em diferentes contextos. O lúmen (lm), uma medida que indica o fluxo luminoso emitido por uma fonte de luz, indica sua potência luminosa - quanto maior o número de lumens, mais brilhante é a fonte de luz. O lux (lx) analisa a luz em uma área específica, levando em conta a distribuição dos raios e a distância entre a fonte e a superfície. Além desses termos, a candela (cd) mede a intensidade luminosa em uma direção específica, o ângulo de abertura determina a distribuição espacial da luz e a temperatura de cor (Kelvin – K) descreve a aparência da luz, afetando a atmosfera do espaço iluminado. A curva de distribuição de luz mostra como a luz é emitida por uma luminária em diferentes direções, o que interfere diretamente na eficiência da iluminação ao direcionar a luz de acordo com as necessidades específicas do ambiente. Esses termos técnicos, embora concisos, têm um papel crucial nas técnicas de design de iluminação, proporcionando uma base para a criação de ambientes luminosos funcionais e esteticamente agradáveis.

A história da iluminação começou com as fogueiras primitivas, passando pelas lâmpadas de óleo e velas até os modernos sistemas de iluminação elétrica e LEDs. Cada etapa dessa evolução trouxe avanços técnicos relevantes que não somente melhoraram a eficiência e a funcionalidade da iluminação, como também permitiram novas possibilidades estéticas e arquitetônicas. Para melhorar a visibilidade e a segurança em diversos ambientes, é crucial compreender os termos técnicos apresentados anteriormente. As normas brasileiras, como a NBR/ISO 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior e a NBR 5413: Iluminância de interiores, têm um papel relevante na regulamentação e padronização da iluminação. A NBR/ISO 8995-1 trata da iluminação de ambientes de trabalho, garantindo condições ideais para o desempenho das atividades. A NBR 5413 especifica os níveis de iluminância recomendados para diferentes tipos de ambientes internos, proporcionando segurança e conforto. Essas diretrizes são cruciais para assegurar que a iluminação em diferentes ambientes siga os padrões que asseguram

funcionalidade e segurança (ABNT], 2003, 2013)

O aplicativo DIALux foi utilizado para identificar e corrigir deficiências luminosas em diversos ambientes, permitindo a simulação de projetos de iluminação e fornecendo uma análise minuciosa da distribuição da luz e dos níveis de iluminação. Todos os cálculos obedeceram rigorosamente às regras da NBR 5413 (ABNT, 2003) Durante a análise no ambiente de trabalho, verificou-se a necessidade de ajustes nos níveis de iluminação para alcançar os padrões recomendados. As mudanças propostas garantiram um ambiente seguro e confortável para o trabalho. Na cozinha, a avaliação mostrou que todos os requisitos legais estavam sendo atendidos, o que comprova a eficiência das soluções de iluminação aplicadas. Apesar de a iluminação da mesa estar de acordo com as normas, foi necessário aprimorar a iluminação do piso para evitar sombras e aumentar a segurança.

Por meio de comparações visuais "antes e depois", o estudo demonstrou como a utilização adequada da iluminação, de acordo com as diretrizes técnicas, pode impactar significativamente os ambientes. Essas comparações evidenciaram tanto as deficiências iniciais quanto as melhorias obtidas com a implementação das soluções apresentadas. Este estudo permitiu uma compreensão técnica mais aprofundada da iluminação e inspirou uma apreciação mais aprofundada e criativa do papel da luz na arquitetura. A iluminação adequada e normatizada, de acordo com as normas NBR/ISO 8995-1 e NBR 5413, é indispensável para criar ambientes seguros, confortáveis e esteticamente agradáveis. Por meio de comparações visuais, o objetivo final deste projeto é oferecer uma abordagem prática e visualmente perceptível sobre a iluminação, enfatizando a relevância da iluminação em termos de funcionalidade e visibilidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A iluminação é essencial para a humanidade e tem um papel crucial no progresso de nossa sociedade e arquitetura. Este tópico abordará os seguintes marcos históricos da iluminação: as fogueiras primitivas, as lâmpadas de óleo e velas, a iluminação a gás da Revolução Industrial, a invenção da lâmpada elétrica, o desenvolvimento das lâmpadas fluorescentes e a introdução dos LEDs, além dos principais aspectos técnicos e normativos ligados à iluminação.

Desde tempos remotos, a humanidade tem buscado maneiras de dissipar a escuridão e iluminar seu mundo. A seguir, será debatido o progresso da iluminação ao longo de diversas épocas. De acordo com McNeill (2010), a iluminação artificial teve início de maneira primitiva com as fogueiras, que além de afastar a escuridão, proporcionavam calor e segurança. Com o progresso das civilizações, surgiram as lâmpadas a óleo e as velas, que representaram um avanço significativo na forma de iluminar ambientes (Schivelbusch, 1995)

A Revolução Industrial trouxe consigo inovações relevantes na área de iluminação. Como apontado por Schivelbusch (1995), a invenção das lâmpadas a gás no século XIX revolucionou a maneira como as cidades eram iluminadas. A utilização de energia a gás possibilitou a iluminação pública em grande escala, alterando significativamente a vida urbana. A luz a gás era mais brilhante e confiável do que as velas e lâmpadas a óleo, e seu uso foi amplamente difundido.

O surgimento da lâmpada elétrica no final do século XIX marcou o início de uma nova era na iluminação pública. Thomas Edison e Joseph Swan foram os primeiros a criar a lâmpada incandescente, que utilizava um filamento aquecido por eletricidade para produzir luz (Friedel & Israel, 1986) A iluminação elétrica era mais eficiente e segura do que as tecnologias anteriores, e logo se tornou a regra em residências e espaços públicos. Como apontado por Brock (2008), a eletricidade permitiu a iluminação contínua, independentemente das condições climáticas, e abriu espaço para o desenvolvimento de novos tipos de lâmpadas.

Durante o século XX, a iluminação avançou com o advento das lâmpadas fluorescentes e, mais recentemente, dos diodos emissores de luz (LEDs) As lâmpadas fluorescentes, que foram introduzidas nos anos 1930, apresentavam maior eficiência

energética e uma vida útil mais longa em comparação com as lâmpadas incandescentes (Smith, 2004) Os LEDs, que foram criados nos últimos anos do século XX, são a expressão máxima da eficiência energética e versatilidade na iluminação. De acordo com Narendran (2002), eles consomem menos energia, têm uma vida útil muito longa e podem ser usados em uma grande variedade de aplicações, desde iluminação residencial até grandes instalações industriais.

A compreensão dos termos técnicos relacionados à iluminação é indispensável para o desenvolvimento de sistemas de iluminação eficientes. O lúmen (lm) mede o fluxo de luz total emitido por uma fonte de luz, enquanto o lux (lx) mede a iluminância ou a quantidade de luz que uma superfície específica recebe (Rea, 2000) A candela (cd) é a medida da intensidade luminosa em uma determinada direção. A temperatura de cor, medida em Kelvin (K), descreve a aparência da luz, variando entre tons quentes e frios. Ademais, a curva de distribuição de luz revela como a luz é dispersa em diferentes direções, afetando diretamente a eficiência da iluminação em um ambiente.

As normas técnicas, como a NBR/ISO 8995-1 e a NBR 5413, são fundamentais para assegurar a qualidade e a segurança da iluminação. A NBR/ISO 8995-1 estabelece requisitos para a iluminação de ambientes de trabalho, enquanto a NBR 5413 especifica os níveis de iluminação recomendados para diferentes tipos de ambientes internos. Essas regras garantem que a iluminação seja adequada para suas finalidades, proporcionando o conforto e a segurança dos usuários (Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT], 2003; 2013)

Atualmente, a iluminação é empregada não apenas para fins funcionais, mas também para criar espaços estéticos agradáveis e influenciar o bem-estar das pessoas. A iluminação arquitetônica, por exemplo, é utilizada para destacar características arquitetônicas e criar atmosferas específicas (Ganslandt & Hofmann, 1992) A iluminação inteligente, que pode ser controlada de forma remota e ajustada de acordo com as necessidades, representa o futuro da iluminação, oferecendo maior flexibilidade e eficiência (Miller & Spoolman, 2009)

Desde tempos remotos, a humanidade tem procurado maneiras de dissipar a escuridão e iluminar o mundo. Neste capítulo, será discutida a evolução da iluminação

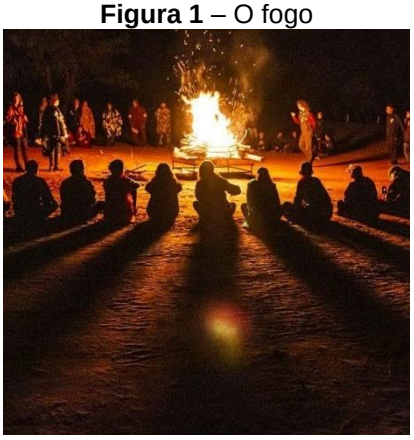
ao longo dos vários períodos.

2.1 Evolução da iluminação

2.1.1. Iluminação Primitiva e Antiga

No início da civilização, a iluminação era limitada e rude. As fogueiras (Figura1), uma das primeiras formas de iluminação artificial, foram fundamentais para a sobrevivência humana, fornecendo calor e afastando predadores. Com o avanço das sociedades, surgiram as lâmpadas a óleo e as velas, que representaram um avanço significativo. As lâmpadas de óleo, encontradas em diversas culturas antigas, usavam óleos vegetais ou animais para gerar luz. As velas (Figura2), confeccionadas com cera de abelha ou sebo, se tornaram uma fonte comum de iluminação na Idade Média, sendo amplamente empregadas.

Figura 1 – O fogo



Fonte: disponível em: https://diminua.me/d/0dI. Acesso em: nov. 2023.

Figura 2 – Vela de Cera



Fonte: disponível em: https://diminua.me/j/4iB. Acesso em: nov. 2023

Figura 3 – Lamparina



Fonte: disponível em: https://diminua.me/h/0bF. Acesso em: nov. 2023.

A introdução das lamparinas (Figura3) trouxe consigo a capacidade de controlar melhor a intensidade da luz, ajustando o fluxo de óleo e o tamanho do pavio. Isso não apenas melhorou a eficiência do uso de recursos, mas também permitiu uma adaptação mais flexível à luminosidade desejada em diferentes situações.

Além disso, as lamparinas proporcionaram uma maior segurança e conforto em ambientes internos. A sua utilização disseminou-se em residências, templos e outros espaços fechados, proporcionando uma fonte de luz mais controlável e protegida contra as intempéries.

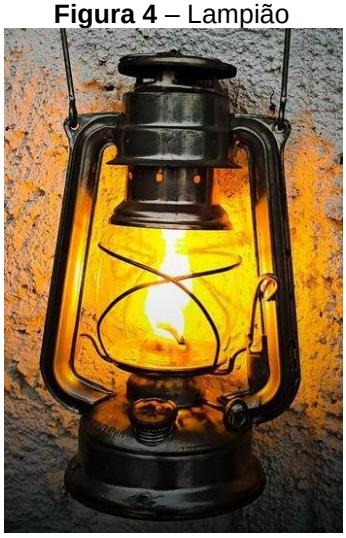
A transição para as lamparinas reflete não apenas a busca pela melhoria técnica na iluminação, mas também a crescente importância da iluminação em ambientes fechados, marcando um passo significativo em direção ao desenvolvimento de tecnologias que proporcionam conforto e praticidade nas atividades diárias. A história das lamparinas destaca como as inovações na iluminação têm sido fundamentais para a evolução da vida humana, desde a mobilidade das tochas até a estabilidade e controle oferecidos por essas fontes de luz mais avançadas.

A evolução da lamparina para os lampiões introduz inovações que aprimoraram a praticidade, eficiência e segurança das fontes de luz. Os lampiões, frequentemente alimentados por querosene ou combustíveis similares, incorporaram mecanismosreguláveis, conhecidos como “queimadores”, permitindo

ajustar a intensidade da luz conforme necessário. Essa flexibilidade não apenas superou as limitações das lamparinas, mas também proporcionou uma adaptação eficaz da iluminação às diferentes condições ambientais e preferências individuais.

Essa evolução destaca não apenas o progresso técnico na iluminação, mas também a crescente relevância das fontes de luz em ambientes diversos, representando um passo significativo no desenvolvimento de tecnologias que visam oferecer conforto e praticidade nas atividades diárias. A história dessas inovações sublinha a importância fundamental da iluminação na evolução da vida humana, desde as primeiras tochas móveis até os lampiões com maior estabilidade e controle luminoso.

Figura 4 – Lampião



Fonte: disponível em: https://diminua.me/h/6eH. Acesso em: nov. 2023.

Além disso, a presença de vidros transparentes ou translúcidos nos lampiões (Figura4) protegia a chama contrafatores externos, como vento e chuva, melhorando a estabilidade da fonte de luz. Essa inovação não apenas ampliou a utilidade prática dos lampiões, mas também contribuiu para sua adoção generalizada em áreas urbanas, iluminando estradas, praças e até mesmo residências antes da disseminação dos sistemas de iluminação elétrica.

Os lampiões não apenas aprimoraram a iluminação noturna de maneira eficaz, mas também desempenharam um papel significativo nas transformações sociais e culturais. Utilizados frequentemente em postes urbanos, os lampiões contribuíram para a estética das áreas urbanas, promovendo uma sensação de comunidade e

fornecendo orientação em deslocamentos noturnos. Assim, a transição para os lampiões não apenas representou uma evolução técnica, mas também influenciou a forma como as sociedades interagem e percebem o ambiente noturno.

2.1.2. A revolução industrial e a iluminação a gás.

A Revolução Industrial trouxe consigo inovações relevantes na área de iluminação. A invenção das lâmpadas a gás no século XIX revolucionou a maneira como as cidades eram iluminadas. A iluminação a gás permitiu a iluminação pública(Figura5) em grande escala, modificando radicalmente a vida urbana. A luz a gás era mais brilhante e confiável do que as velas e lâmpadas a óleo, e seu uso foi amplamente difundido.

Figura 5 – Poste a gás



Fonte: disponível em: https://diminua.me/e/8dD. Acesso em: nov. 2023.

A iluminação pública a gás representou uma quebra de paradigma nos estudos arquitetônicos, urbanísticos e paisagísticos, além de inaugurar uma nova disciplina: o *design* de iluminação urbana. Essa inovação não apenas alterou a paisagem noturna das cidades, mas também desencadeou uma mudança na abordagem ao *design* urbano. A capacidade de criar ambientes urbanos mais luminosos e acolhedores teve um impacto direto na maneira como as áreas urbanas eram planejadas, influenciando desde o *layout* de ruas até a escolha de elementos arquitetônicos e paisagísticos.

Uma referência notável no campo do *design* de iluminação urbana é o livro "*Urban Lighting*, *Light Pollution and Society"*, de Ute Besenecker e Martina Keitsch. Publicado em 2006, esse livro explora a interação entre a iluminação urbana, a poluição luminosa e a sociedade. Ele abrange temas que vão desde a história da iluminação urbana até as implicações sociais, ambientais e estéticas da iluminação nas áreas urbanas.

Além disso, a publicação "*The Urban Lighting Book:* A Guide for *Sustainable Lighting Design*", de Rogier van der Heide, oferece uma visão abrangente sobre práticas sustentáveis de *design* de iluminação urbana. O autor explora temas como eficiência energética, impacto ambiental e criação de ambientes urbanos mais seguros e agradáveis por meio da iluminação.

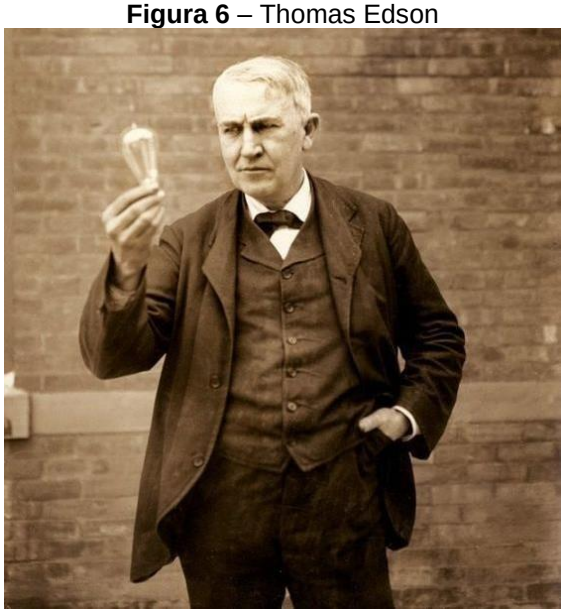
Ambos os livros fornecem informações valiosas para profissionais e estudiosos interessados no *design* de iluminação urbana, abordando não apenas os aspectos técnicos, mas também as implicações sociais e ambientais dessa disciplina em constante evolução.

A introdução da iluminação pública a gás não apenas estendeu as atividades diárias para além do anoitecer, mas também inaugurou uma nova era na qual a luz desempenhava um papel central na configuração e na experiência das cidades. Essa mudança representou uma revolução não apenas tecnológica, mas também cultural, marcando o início de uma conscientização mais aprofundada sobre a importância do *design* de iluminação urbana e seu impacto na qualidade de vida nas áreas urbanas.

2.1.3. Identificação da Lâmpada Elétrica

O surgimento da lâmpada elétrica no final do século XIX marcou o início de uma nova era na iluminação pública. Thomas Edison (Figura6) foi pioneiro na criação da lâmpada incandescente, a qual utilizava um filamento aquecido por eletricidade para gerar luz. A iluminação elétrica era mais eficiente e segura do que as tecnologias anteriores, e logo se tornou a regra em residências e espaços públicos. A eletricidade permitiu a iluminação contínua, independentemente das condições climáticas, e abriu espaço para o desenvolvimento de novos tipos de lâmpadas.

Figura 6 – Thomas Edson



Fonte: disponível em: https://diminua.me/c/4iC. Acesso em: nov. 2023.

Esse avanço trouxe consigo uma série de benefícios quando comparado às tecnologias anteriores, como lamparinas e lampiões. A capacidade de produzir luz instantaneamente, sem a necessidade de aquecimento prévio, representou uma mudança significativa em termos de praticidade e eficiência. Além disso, a iluminação elétrica ofereceu ainda mais controle sobre a intensidade da luz do que as tecnologias passadas, proporcionando ambientes mais ajustáveis e adaptáveis às necessidades específicas de cada contexto.

No contexto urbano, a iluminação elétrica transformou radicalmente as paisagens noturnas das cidades, criando ambientes mais vibrantes e seguros.

As ruas iluminadas permitiram uma extensão das atividades sociais e econômicas para além do anoitecer, alterando dinâmicas urbanas e promovendo uma sensação de segurança nas áreas urbanas.

A introdução da iluminação elétrica não apenas influenciou a vida cotidiana, mas também teve implicações profundas nos campos do *design* arquitetônico e urbanístico. A possibilidade de criar ambientes mais versáteis e dinâmicos levou a uma reavaliação da concepção de espaços urbanos e edifícios, impactando o modo como arquitetos e urbanistas abordam o planejamento luminotécnico.

Assim, a iluminação elétrica não apenas iluminou fisicamente os ambientes, mas também lançou uma nova luz sobre a forma como concebemos, projetamos e interagimos com o mundo à noite, moldando profundamente a experiência humana nos espaços urbanos e domésticos.

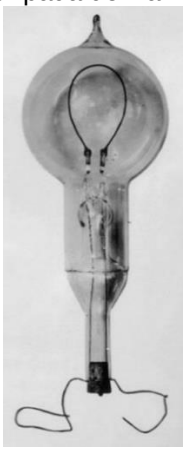
2.1.4 Luzes Fluorescentes e LEDs.

Durante o século XX, a iluminação avançou com o advento das lâmpadas fluorescentes e, mais recentemente, dos diodos emissores de luz (LEDs) As lâmpadas fluorescentes, que foram introduzidas nos anos 1930, apresentavam maior eficiência energética e uma vida útil mais longa em comparação com as lâmpadas incandescentes. Os LEDs, criados nas últimas décadas do século XX, são o ápice da eficiência energética e da versatilidade na iluminação. Utilizados em diversas aplicações, desde iluminação residencial até grandes instalações industriais, eles têm uma vida útil prolongada:

2.1.4.1 Lâmpada de Filamento de Carbono (1879)

A primeira lâmpada (Figura7) incandescente bem-sucedida de Edison utilizava um filamento de carbono como fonte luminosa. A passagem de corrente elétrica pelo filamento aquecia-o a altas temperaturas, resultando na emissão de luz. Essas lâmpadas eram inicialmente alimentadas por corrente contínua.

Figura 7 – A primeira lâmpada de filamento de Thomas Edison



Fonte: disponível em: https://diminua.me/i/3eC Acesso em: nov. 2023.

2.1.4.2 Lâmpada de Filamento de Bambu (1880)

Logo após a lâmpada de filamento de carbono, Edison experimentou filamentos de bambu carbonizado. Esses filamentos eram mais duráveis e eficientes do que os de carbono, mas posteriormente foram substituídos por materiais mais eficazes.

2.1.4.3 Lâmpadas de Fio de Platina (1880s)

Edison também desenvolveu lâmpadas com filamentos de platina (Figura8), conhecidas por sua durabilidade. No entanto, devido ao alto custo desse material, não foram amplamente adotadas.

Figura 8 – Lâmpadas de Fio de Platina



Fonte: disponível em: https://diminua.me/d/6cH. Acesso em: nov. 2023.

2.1.4.4 Lâmpadas de Filamento de Metal (1880s-1890s)

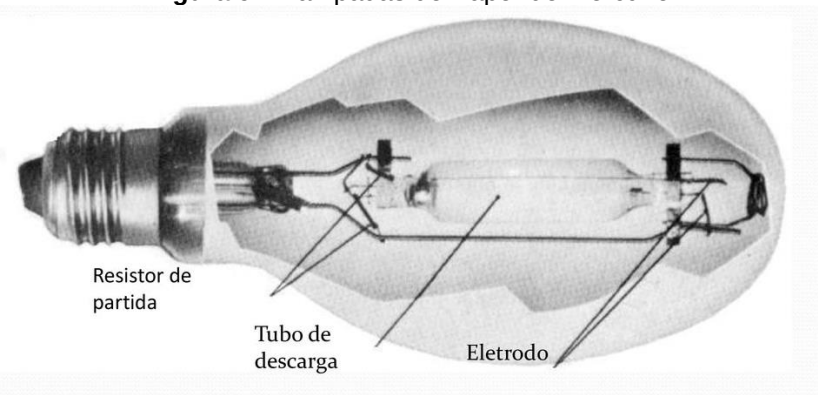
Vários metais foram testados como filamentos, incluindo tungstênio e osmium. O tungstênio, por sua alta resistência e durabilidade, tornou-se o material padrão para filamentos em lâmpadas incandescentes.

Essas primeiras lâmpadas incandescentes contribuíram significativamente para a iluminação artificial, proporcionando uma alternativa mais segura e eficiente às fontes de luz anteriores. No entanto, ao longo do tempo, as lâmpadas incandescentes passaram por diversas melhorias, com destaque para a adoção generalizada do filamento de tungstênio e o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes.

2.1.4.5 Lâmpadas de Vapor de Mercúrio (1930s)

Introduzidas na década de 1930, essas lâmpadas utilizam vapor de mercúrio (Figura9) para produzir luz. Elas foram amplamente utilizadas em iluminação pública devido à sua eficiência energética, mas tendem a ter uma qualidade de cor pobre.

Figura 9 – Lâmpadas de Vapor de Mercúrio



Fonte: disponível em: https://diminua.me/a/1aA. Acesso em: nov. 2023.

2.1.4.6 Lâmpadas Fluorescentes (1930s)

Desenvolvidas na década de 1930, as lâmpadas fluorescentes (Figura10) utilizam vapor de mercúrio e fósforo para produzir luz. Elas são conhecidas por sua

eficiência energética em comparação com as lâmpadas incandescentes, mas podem apresentar problemas relacionados à qualidade de cor e à presença de mercúrio.

Figura 10 – Lâmpadas fluorescentes



Fonte: disponível em: https://diminua.me/a/1fD. Acesso em: nov. 2023.

2.1.4.7 Lâmpadas de Halogênio (1950s)

Introduzidas na década de1950, as lâmpadas de halogênio (Figura11) são uma variação das lâmpadas incandescentes convencionais, utilizando um filamento de tungstênio em um invólucro preenchido com um gás halogênio. Elas oferecem uma vida útil mais longa e uma qualidade de luz melhorada.

Figura 11 – Lâmpadas de Halogênio



Fonte: disponível em: https://diminua.me/j/4jD. Acesso em: nov. 2023.

2.1.4.8 Lâmpadas de Sódio de Alta Pressão (1960s)

Estas lâmpadas de sódio (Figura12) são utilizadas em iluminação pública e em alguns ambientes industriais. As versões de vapor de sódio de alta pressão têm uma eficiência luminosa muito alta, mas sua reprodução de cores é limitada.

Figura 12 – Lâmpadas de Sódio de Alta Pressão

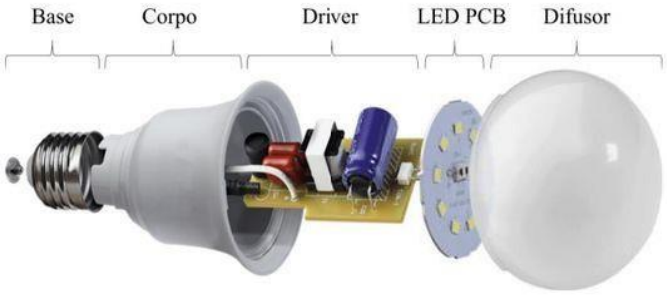


Fonte: disponível em: https://diminua.me/j/4bJ. Acesso em: nov. 2023.

2.1.4.9 Lâmpadas de LED (1960)

Desenvolvidas na década de 1960, as lâmpadas de LED (Light Emitting Diode) passaram a ser comercialmente viáveis posteriormente. Elas revolucionaram a iluminação devido à sua eficiência energética, longa vida útil e capacidade de produzir uma ampla gama de cores (Figura13).

Figura 13 – Lâmpadas Bulbo de LED aberta



Fonte: disponível em: https://diminua.me/d/7hA. Acesso em: nov. 2023.

Essa variedade de tecnologias reflete a evolução contínua na busca por fontes de luz mais eficientes, duráveis e sustentáveis. As lâmpadas de LED, em particular, têm se destacado como uma escolha popular devido às suas vantagens em termos de eficiência energética e versatilidade.

A criação do LED (Light Emitting Diode) é um marco significativo na evolução da tecnologia de iluminação. O LED é uma fonte de luz semicondutora que emite luz quando uma corrente elétrica passa por ele. Aqui está um resumo do desenvolvimento e da criação do LED:

a) Década de 1920 e 1930:

O fenômeno da eletroluminescência, no qual um material emite luz quando uma corrente elétrica é aplicada, foi descoberto nas décadas de 1920 e 1930. Entretanto, as primeiras aplicações práticas não foram imediatamente realizadas.

b) Década de 1960:

Nick Holonyak Jr., engenheiro elétrico da General Electric, é frequentemente creditado como o inventor do primeiro LED prático. Em 1962, ele desenvolveu o LED de arseneto de gálio, que emitia luz na faixa do espectro visível. Esse LED inicial emitia luz na cor vermelha.

c) Década de 1970:

Outras cores, como amarelo, verde e laranja, foram desenvolvidas na década de 1970. O LED, nesse ponto, começou a ser utilizado em diversos dispositivos, como *displays* de calculadoras e relógios digitais.

d) Décadas Posteriores:

Ao longo das décadas seguintes, a tecnologia LED continuou a avançar. O desenvolvimento de LEDs de alta potência e eficiência energética permitiu sua aplicação em iluminação geral. A criação de LEDs brancos, muitas vezes alcançada

por meio da sobreposição de diferentes materiais fosforescentes sobre um LED azul, foi um avanço crucial para sua aplicação em iluminação residencial, comercial e pública.

O LED destacou-se devido à sua eficiência energética, longa vida útil, durabilidade e capacidade de produzir luz em uma variedade de cores. Sua criação não apenas revolucionou a indústria da iluminação, mas também teve impactos significativos em diversas áreas, desde eletrônicos até medicina e sinalização. Nos tempos atuais, os LEDs são amplamente utilizados em iluminação doméstica, automotiva, de rua, e em diversas outras aplicações devido às suas notáveis vantagens tecnológicas.

2.1.4.10. LED Violeta (2014)

Shuji Nakamura (Figura14), renomado por suas contribuições pioneiras no campo dos LEDs, contribuiu na evolução do Índice de Reprodução de Cor (IRC) com a invenção do LED violeta. O IRC (Figura15) é uma medida crucial que avalia a capacidade de uma fonte de luz reproduzir as cores de maneira fiel em comparação com uma fonte de luz ideal, como a luz solar.

Figura 14 – Shuji Nakamura



Fonte: disponível em: https://diminua.me/d/0gD. Acesso em: nov. 2023.

Figura 15 – Exemplo ICR



Fonte: disponível em: https://diminua.me/i/6jG. Acesso em: nov. 2023.

Antes da invenção de Nakamura, os LEDs tradicionais tinham dificuldades em reproduzir cores precisas em comparação com fontes de luz convencionais. No entanto, com a criação do LED violeta, ele possibilitou uma nova abordagem para a produção de luz branca de alta qualidade. Nakamura percebeu que, combinando o LED violeta com materiais fósforos, era possível criar uma luz branca mais equilibrada e com um espectro mais amplo.

Essa inovação não apenas melhorou a eficiência e a qualidade da luz branca produzida por LEDs, mas também permitiu um aumento significativo no IRC. A capacidade de reproduzir cores de forma mais precisa tornar-se uma característica importante para uma variedade de aplicações, desde iluminação residencial e comercial até aplicações em saúde e ciências.

O LED violeta de Nakamura abriu caminho para a criação de LEDs brancos com temperaturas de cor variadas e uma reprodução de cor mais fiel, impulsionando ainda mais a adoção de LEDs em aplicações que exigem alta qualidade de luz. Essa evolução é especialmente notável nas aplicações de iluminação, nas quais a reprodução precisa de cores é crucial, como em lojas, museus, estúdios fotográficos e até mesmo em ambientes hospitalares.

A invenção do LED violeta por Shuji Nakamura representou uma transformação significativa no campo da iluminação, aprimorando não apenas a eficiência energética, mas também a qualidade da luz produzida, principalmente no que diz respeito à reprodução de cores, contribuindo para uma experiência visual mais rica e precisa.

2.1.5. Futuro da iluminação

O futuro dos LEDs promete uma evolução notável, especialmente no que diz respeito à eficiência energética e durabilidade. A tecnologia de LEDs desempenha um papel importante no mercado de iluminação segundo Shuji Nakamura, a pesquisa e o desenvolvimento serão direcionados a melhorias significativas nesses aspectos.

Em termos de eficiência luminosa, espera-se que os LEDs avancem para oferecer uma maior intensidade de luz com um consumo de energia ainda menor. Esse aprimoramento será alcançado por meio da otimização contínua dos materiais semicondutores e dos processos de fabricação. O objetivo é criar fontes de luz mais eficientes que não só reduzam os custos operacionais, mas também contribuam para práticas mais sustentáveis.

Além disso, o desenvolvimento de novos materiais desempenhará um papel crucial nessa evolução. Materiais avançados, incluindo nanomateriais e compostos inovadores, serão explorados para melhorar não apenas o desempenho, mas também a estabilidade e a flexibilidade no *design* dos LEDs.

A durabilidade dos LEDs também receberá atenção especial, com esforços concentrados em técnicas que minimizem a degradação ao longo do tempo. O objetivo é aumentar significativamente a vida útil dos LEDs, tornando-os ainda mais atrativos para uma variedade de aplicações.

A inteligência integrada será uma característica proeminente dos futuros LEDs. Sistemas avançados de controle, sensores e conectividade à IoT permitirão uma adaptação dinâmica da iluminação com base em condições ambientais e necessidades específicas dos usuários.

Além disso, espera-se que os LEDs ofereçam um espectro de cores mais amplo, abrindo possibilidades para aplicações mais personalizadas e suportando avanços em áreas como iluminação para saúde e bem-estar.

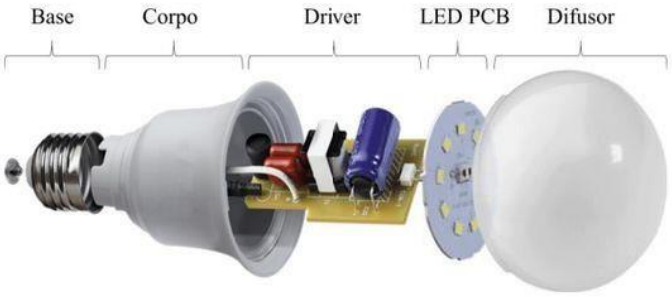
No geral, a próxima fase dos LEDs representará uma convergência de eficiência, durabilidade e inteligência, consolidando ainda mais sua posição como a tecnologia líder na indústria de iluminação.

2.2. Tipos de Iluminação

2.2.1 Lâmpadas

As lâmpadas de Diodos Emissores de Luz (LED) são dispositivos semicondutores que convertem a corrente elétrica diretamente em luz. Essa tecnologia inovadora oferece eficiência energética superior a outras fontes de iluminação tradicionais, com uma vida útil notavelmente longa. Além da economia de energia, as lâmpadas de LED (Figura16) destacam-se por sua versatilidade, permitindo a criação de uma variedade de cores, temperaturas de cor e intensidades luminosas. Sua aplicação abrange desde iluminação residencial e comercial até setores industriais e de rua, representando uma opção sustentável e adaptável para diversas necessidades de iluminação.

Figura 16 – Lâmpadas Bulbo de LED aberta



Fonte: disponível em: https://diminua.me/d/7hA. Acesso em: nov. 2023.

A diversidade das lâmpadas LED é impressionante, atendendo a uma ampla gama de necessidades de iluminação. As lâmpadas LED estão disponíveis em diferentes formatos, desde modelos padrão, vela, globo, até tubulares, oferecendo opções estéticas variadas. Além disso, a variedade de temperaturas de cor permite a criação de ambientes específicos, desde luzes quentes e aconchegantes até luzes mais frias e concentradas. As lâmpadas LED também são encontradas em diversos formatos de base, como E27, E14, GU10, proporcionando compatibilidade com uma variedade de luminárias. Modelos inteligentes oferecem recursos como controle remoto, regulagem de intensidade e até mesmo integração com sistemas de automação residencial. Essa diversidade torna as lâmpadas LED uma escolha versátil para aplicações residenciais, comerciais e industriais.

2.2.2. Fita de Led

A fita de LED (Figura17), consiste em uma série de pequenos diodos emissores de luz dispostos ao longo de uma fita flexível. Essa tecnologia oferece uma solução altamente adaptável para iluminação, permitindo que os usuários criem ambientes personalizados e dinâmicos. Com a capacidade de ajustar cores, intensidades luminosas e padrões, as fitas de LED são ideais para iluminação decorativa em ambientes residenciais, comerciais e eventos. Sua flexibilidade permite a instalação em superfícies curvas, cantos e locais de difícil acesso, proporcionando possibilidades criativas ilimitadas. Além disso, as fitas de LED são eficientes em termos energéticos e duráveis, tornando-as uma escolha popular para projetos de iluminação contemporâneos.

Figura 17 – Fita de LED



Fonte: disponível em: https://diminua.me/h/6cE. Acesso em: nov. 2023.

Hoje, no mercado, temos diversos modelos da Fita LED, cada um adaptado a diferentes necessidades e aplicações. Os modelos monocromáticos fornecem uma única cor, sendo ideais para iluminação ambiente ou destaque. Já as fitas RGB oferecem a capacidade de mudança entre cores, permitindo uma gama mais ampla de opções de iluminação personalizadas. As fitas digitais, por sua vez, são controladas por dispositivos eletrônicos, possibilitando efeitos dinâmicos e programáveis. As fitas de LED podem variar em densidade de LED por metro, proporcionando diferentes níveis de luminosidade. Há também modelos à prova d'água, adequados para aplicações externas ou em ambientes úmidos. A flexibilidade na escolha de modelos torna as fitas de LED uma solução versátil para uma variedade de projetos de iluminação.

Temos a de 240 leds/m (Figura18), que, por sua alta quantidade de LED’s por metro, marcará menos os pontos de led no acrílico.

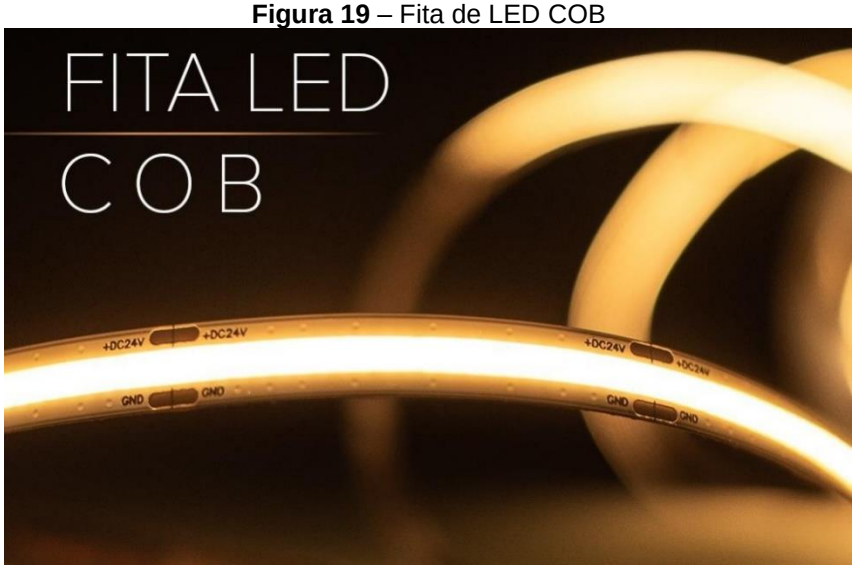
Figura 18 – Fita de LED 240led/m



Fonte: disponível em: https://diminua.me/g/0jI. Acesso em: nov. 2023.

Teremos diversos outros modelos de fita, assim como as fitas de LED COB (Chip-on-Board). No *design* COB (Figura 19), múltiplos LEDs são dispostos em uma única placa, proporcionando uma fonte de luz mais densa e intensa em comparação com fitas de LED tradicionais. Essa configuração permite uma distribuição uniforme da luz, eliminando pontos de luz visíveis e proporcionando uma iluminação mais suave. As fitas de LED COB são conhecidas por sua eficiência energética, longa vida útil e capacidade de oferecer uma iluminação mais potente em espaços diversos. Sua versatilidade e qualidade de luz as tornam ideais para uma variedade de aplicações, desde iluminação de destaque até projetos de iluminação ambiente em ambientes residenciais, comerciais e arquitetônicos.

Figura 19 – Fita de LED COB



Fonte: disponível em: https://diminua.me/b/8eG. Acesso em: nov. 2023.

2.2.3 Luminárias decorativas

As luminárias decorativas são elementos essenciais no *design* de interiores, projetadas não apenas para fornecer iluminação funcional, mas também para agregar estética e atmosfera aos ambientes. Os plafons, lustres, pendentes, arandelas, balizadores, postes e outras variedades de luminárias decorativas desempenham papéis específicos na criação de efeitos visuais e na definição da atmosfera de um espaço. Os plafons, fixados diretamente no teto, oferecem uma iluminação suave e difusa, enquanto os lustres, pendurados do teto, são muitas vezes peças centrais elegantes. Arandelas proporcionam uma iluminação decorativa de parede, contribuindo para criar ambientes acolhedores. Balizadores, instalados no chão, muitas vezes delimitam caminhos e realçam características arquitetônicas. Postes decorativos, por sua vez, são ideais para iluminar áreas externas com estilo. Essa diversidade de luminárias decorativas permite que *designers* e moradores personalizem a iluminação de um espaço de acordo com o estilo desejado, proporcionando não apenas funcionalidade, mas também expressão artística.

2.2.3.1 Plafons

Os plafons são luminárias fixadas diretamente no teto, podendo ser de embutir ou sobrepor, são projetadas para fornecer iluminação geral ou ambiental em um espaço. Essas luminárias são conhecidas por sua instalação rente ao teto, muitas vezes embutidas, resultando em uma aparência *clean*. Os plafons podem apresentar diferentes *designs*, desde modelos simples e discretos até opções mais elaboradas com detalhes decorativos.

Lembrando que os plafons, assim como todas as luminárias decorativas, existem em uma infinidade de modelos. Segue exemplo do Plafon embutido Square da Alloy.

Figura 20 – Plafon Embutido Square



Fonte: disponível em: https://www.alloy.com.br. (acessado nov de 2023)

2.2.3.2 Lustres

Lustres são luminárias suspensas do teto, geralmente com o uso de correntes ou hastes decorativas, que oferecem uma iluminação centralizada e muitas vezes são elementos distintivos na decoração de um espaço. Essas peças são conhecidas por sua elegância e impacto visual, muitas vezes servindo como ponto focal em salas de

jantar, *halls* de entrada ou salas de estar. Lustres estão disponíveis em uma ampla variedade de estilos, desde *designs* clássicos e ornamentados e minimalistas. Além da iluminação funcional, lustres frequentemente contribuem para a estética do ambiente, acrescentando um toque de sofisticação e personalidade.

Podem apresentar diferentes tipos de lâmpadas, como candelabros ou LED, proporcionando uma ampla gama de opções de intensidade luminosa e temperatura de cor para criar atmosferas variadas conforme Figura 21.

Figura 21 – Lustre Chandelie



Fonte: disponível em: https://www.chandelie.com.br . Acesso em: nov. 2023.

2.2.3.3 Pendente

Pendentes são luminárias suspensas individualmente do teto por meio de um cabo, corrente ou haste, proporcionando uma iluminação direcionada e muitas vezes servindo como elementos decorativos em um ambiente. Diferentemente de lustres, que frequentemente possuem múltiplos braços e elementos elaborados, os pendentes são mais simplificados em sua estrutura, oferecendo um *design* versátil. Essas luminárias são ideais para instalação sobre mesas de jantar, balcões de cozinha,

áreas de trabalho ou qualquer local que requeira iluminação focalizada. Pendentes vêm em uma variedade de formas, tamanhos e estilos, permitindo aos usuários escolherem peças que se alinhem com a estética desejada do espaço. Além de sua função prática, os pendentes contribuem para a estética do ambiente, criando pontos de interesse visual conforme Figura 22.

Figura 22 – Pendente



Fonte: disponível em: https://diminua.me/d/7eJ. Acesso em: nov. 2023.

2.2.3.4 Arandelas

Arandelas são luminárias fixadas nas paredes, projetadas para fornecer iluminação indireta e decorativa em um espaço. Essas luminárias são versáteis e podem ser utilizadas em uma variedade de ambientes, desde residências até espaços comerciais e públicos. Arandelas são ideais para criar atmosferas aconchegantes, destacar elementos arquitetônicos e fornecer iluminação funcional em locais específicos. Elas estão disponíveis em diversos estilos e *designs*, oferecendo opções que variam de modelos clássicos a contemporâneos. Além de sua função principal de iluminação, as arandelas podem contribuir significativamente para a estética geral de

um ambiente, acrescentando um toque decorativo e elegante às paredes conforme Figura 23.

Figura 23 – Arandela Femarte com Lente



Fonte: disponível em: https://www.femarte.com.br. Acesso em: nov. 2023.

2.2.3.5 Balizadores e Postes

Balizadores e postes são elementos essenciais na iluminação exterior, proporcionando não apenas funcionalidade, mas também estética ao ambiente externo. Os balizadores são pequenas luminárias instaladas rentes ao solo, geralmente ao longo de caminhos, jardins ou áreas externas, criando uma iluminação suave e direcionada. Essas peças são ideais para delinear trajetos, realçar características paisagísticas e oferecer orientação noturna com um toque decorativo.

Os postes, por outro lado, são estruturas mais altas, muitas vezes instaladas em áreas externas como jardins, pátios ou entradas. Essas luminárias verticais proporcionam uma iluminação mais abrangente, destacando espaços amplos e oferecendo uma presença visual marcante. Os postes são frequentemente utilizados para criar pontos focais em áreas externas, combinando funcionalidade e *design*.

Ambos os elementos, balizadores e postes, estão disponíveis em uma variedade de estilos, materiais e *designs*, permitindo que se integrem harmoniosamente à estética geral do ambiente exterior. Além de sua função prática

em termos de iluminação, essas peças contribuem significativamente para a atmosfera e segurança dos espaços ao ar livre conforme Figura 24 e Figura 25 referenciando balizadores e postes respectivamente.

Figura 24 – Balizadores e Poste



Fonte: disponível em: https://diminua.me/a/8dG. Acesso em: nov. 2023.

Figura 25 – Poste



Fonte: disponível em: https://diminua.me/a/8dG. Acesso em: nov. 2023.

2.2.4 Iluminação Técnica

A iluminação técnica desempenha um papel fundamental na criação de ambientes cativantes, explorando uma variedade de luminárias projetadas para gerar

efeitos específicos e sensações únicas. As luminárias com lentes oferecem controle preciso da direção e distribuição da luz, permitindo a criação de efeitos visuais específicos e atmosferas personalizadas.

2.2.4.1 Spots

Com iluminação direta, que proporcionam foco intenso em áreas específicas, realçando elementos arquitetônicos ou objetos de destaque conforme Figura 26.

Figura 26 – Spot Altena



Fonte: disponível em: https://diminua.me/f/6hB. Acesso em: nov. 2023.

2.2.4.2 Embutido de solo e espeto de Jardim

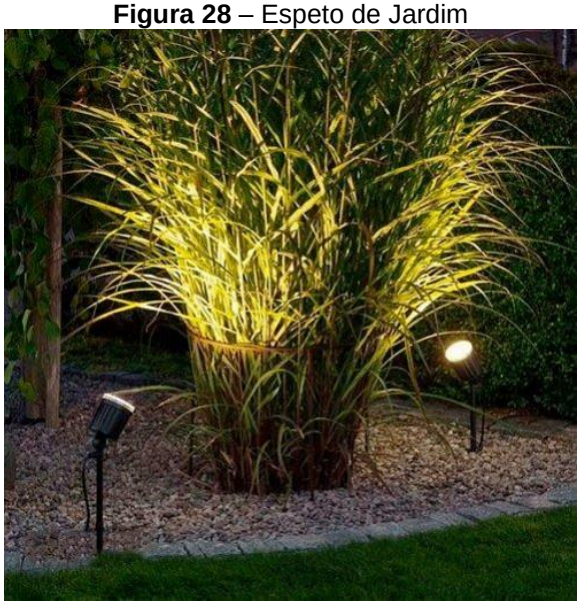
Para espaços exteriores, os embutidos de solo para jardim e espetos de jardim são escolhas ideais, integrando-se à paisagem, para iluminar caminhos, realçar vegetação e adicionar profundidade ao ambiente externo. Essas luminárias não apenas proporcionam iluminação funcional, mas também contribuem para a estética do jardim conforme Figura 27 para Embutidos de solo e Figura 28 para espetos de jardim.

Figura 27 – Embutido de solo (Imagem ambientada pela PowerLume)



Fonte: disponível em: https://www.powerlume.com.br. Acesso em: nov. 2023.

Figura 28 – Espeto de Jardim

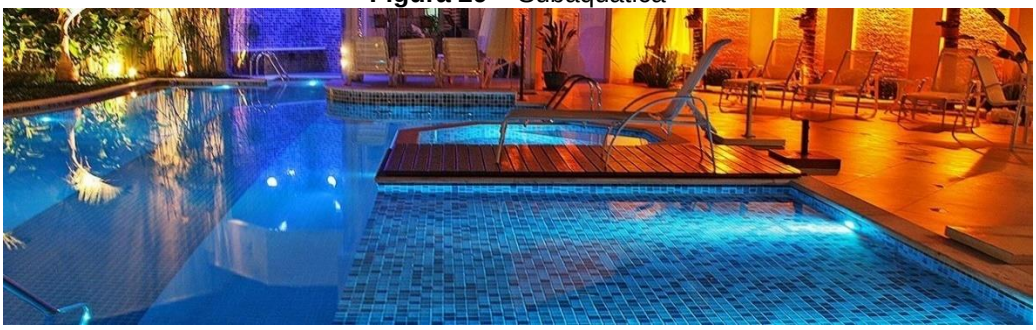


Fonte: disponível em: https://diminua.me/g/5jI. Acesso em: nov. 2023.

2.2.4.3 Luminárias Subaquáticas

As luminárias subaquáticas para piscinas criam jogos de luzes submersos conforme Figura 29. Essas luminárias são projetadas para resistir à exposição à água, adicionando um toque de sofisticação e tranquilidade às áreas aquáticas.

Figura 29 – Subaquática



Fonte: disponível em: https://diminua.me/g/2gD. Acesso em: nov. 2023

2.3 Efeitos de iluminação

A arte da iluminação transcende a mera funcionalidade, tornando-se uma expressão sofisticada que molda nossas experiências nos espaços que habitamos. Diversas técnicas e efeitos contribuem para essa tapeçaria luminosa, cada uma projetada para atender a propósitos específicos e evocar sensações distintas.

A iluminação direta incide com clareza, enquanto a indireta suaviza, refletindo em superfícies para criar uma atmosfera difusa e agradável. A luz pontual concentra-se em detalhes, enquanto a de destaque realça objetos específicos, adicionando profundidade visual. A luz direta é a que tem o ponto luminoso em contato direto, já a indireta rebate em algo antes de ter o contato conforme Figura 30 exemplificando o efeito aplicando no ambiente e na Figura 31 um pendente que produz luz direta e indireta.

Figura 30 – Efeito Iluminação Direta e Indireta



Fonte: disponível em: https://diminua.me/a/2bH. Acesso em: nov. 2023

Figura 31 – Pendente Iluminação Direta e Indireta



Fonte: disponível em: https://diminua.me/b/9gD. Acesso em: nov. 2023

A lavagem de parede, ou “Wall Wash” conforme Figura 32, cria uma aura suave, delineando as texturas verticais, normalmente criando ênfase na textura da parede. Em contrapartida, o “Up Light” direciona sua atenção para cima, destacando elementos arquitetônicos ou decorações. O “Down Light” conforme Figura 33, foca para baixo, proporcionando funcionalidade e destaque em áreas específicas.

Figura 32 – Wall Wash (Down Light)



Fonte: disponível em: https://diminua.me/e/5fG. Acesso em: nov. 2023.

Figura 33 – Up light



Fonte: disponível em: https://diminua.me/j/8gE. Acesso em: nov. 2023.

A iluminação cênica conforme Figura 34, pinta o espaço com cores e intensidades diversas, provocando emoções e narrativas visuais. A iluminação embutida se integra harmoniosamente, oferecendo uma estética e limpa. Utilizada em teatros e shows.

Figura 34 – Cênica



Fonte: disponível em: https://diminua.me/a/9aC /. Acesso em: nov. 2023.

A iluminação de contorno (Figura35) delineia, criando formas luminosas ao redor de objetos. A iluminação ambiente abraça o espaço com uma luz geral e difusa,

gerando uma atmosfera acolhedora. A iluminação difusa é uma técnica que suaviza e espalha a luz de forma homogênea, evitando sombras abruptas e criando uma atmosfera suave e agradável. Essa abordagem visa eliminar pontos de luz intensos, proporcionando uma distribuição uniforme e contribuindo para a estética geral do ambiente. A luz difusa é frequentemente utilizada em espaços onde se busca uma iluminação envolvente e acolhedora, como salas de estar, quartos e áreas de convívio, criando uma sensação de conforto e harmonia visual.

Figura 35 – Contorno / Difusas



Fonte: disponível em: https://diminua.me/e/0jC. Acesso em: nov. 2023.

Utilizando luminárias específicas, como lustres, pendentes ou luminárias de *design* elaborado, essa técnica visa adicionar estilo, personalidade e um toque distintivo aos espaços. Além de cumprir sua função prática, a iluminação decorativa conforme Figura 36 torna-se uma peça central na composição visual, criando pontos de interesse e influenciando a atmosfera do ambiente. Com diversas opções de estilos, materiais e *designs*, a iluminação decorativa oferece uma oportunidade para a expressão criativa, transformando espaços com elegância e charme.

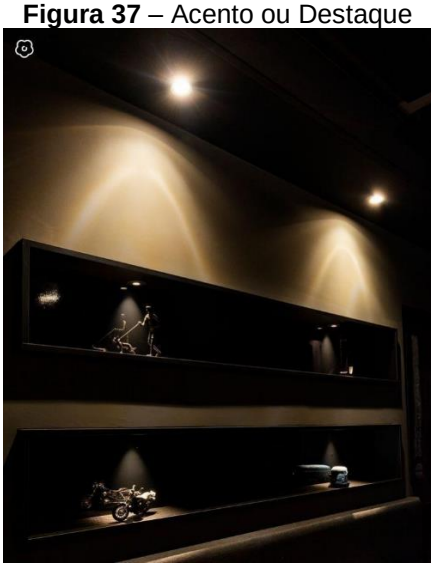
Figura 36 – Decorativa



Fonte: disponível em: https://diminua.me/g/9cA. Acesso em: nov. 2023.

A iluminação de destaque, também conhecida como iluminação de acento (Figura37), desempenha um papel crucial na criação de focos visuais e na valorização de elementos específicos em um espaço. Por meio de luminárias estrategicamente posicionadas, como *spots* ou projetores direcionados, essa técnica destaca obras de arte, objetos decorativos ou áreas arquitetônicas, adicionando profundidade e interesse visual. A iluminação de destaque não apenas realça detalhes, mas também contribui para a narrativa estética do ambiente, criando contrastes e direcionando a atenção para pontos específicos. Essa abordagem é frequentemente empregada em galerias, museus ou ambientes residenciais para enfatizar características particulares e criar uma atmosfera única e impactante.

Figura 37 – Acento ou Destaque



Fonte: disponível em: https://diminua.me/j/7jG. Acesso em: nov. 2023.

Embora haja uma variedade de efeitos de iluminação disponíveis, cada um com sua aplicação única e resultados distintos, o foco aqui reside na importância da iluminação na arquitetura. A iluminação desempenha um papel vital na criação de ambientes, influenciando a percepção do espaço, destacando características arquitetônicas e moldando a atmosfera. Seja por meio de efeitos como iluminação difusa, de destaque, ou decorativa, o objetivo é ressaltar a interação entre luz e arquitetura. Essa simbiose não apenas realça a estética do *design*, mas também afeta o modo como vivenciamos e nos conectamos com os espaços construídos. É nesse contexto que a iluminação se torna uma ferramenta essencial para arquitetos, *designers* e profissionais do ambiente construído, capacitando-os a transformar estruturas em experiências envolventes e memoráveis.

2.4 Análises Técnicas da Iluminação

É crucial compreender os termos técnicos relacionados à iluminação para criar sistemas de iluminação eficientes. O lúmen (lm) mede o fluxo de luz total emitido por uma fonte de luz, enquanto o lux (lx) mede a iluminância ou a quantidade de luz recebida por uma superfície específica. A candela (cd) é a medida da intensidade luminosa em uma determinada direção. A intensidade da luz, medida em Kelvin (K), define a aparência da luz, variando de tons quentes a frios. Ademais, a curva de distribuição de luz revela como a luz é dispersa em diferentes direções, afetando diretamente a eficiência da iluminação em um ambiente.

2.4.1. Informações Técnicas

Para os profissionais de iluminação, conhecer as técnicas é como dominar a linguagem fundamental para criar composições luminosas eficientes e envolventes. Essas informações fornecem a base essencial para qualquer projeto luminotécnico, analisando detalhes técnicos dos produtos. Desde a temperatura de cor, que define a tonalidade da luz, até a potência em Watts, que influencia o consumo energético, cada elemento desempenha um papel crucial na concepção de espaços iluminados. A compreensão de índices como o IRC e IP assegura não apenas a qualidade da luz, mas também a durabilidade e adaptabilidade das luminárias em diferentes ambientes.

Saber sobre os lumens, candelas e lux é como manipular ferramentas precisas para esculpir o ambiente desejado. Assim, todas essas informações são necessárias para qualquer especificação de produto na área de iluminação, por mais simples que seja.

2.4.1.1 Watts (Potência)

Em um cenário de escolhas luminosas, o termo “Watts” muitas vezes é interpretado como um indicador direto de brilho ou intensidade luminosa. No entanto, é vital compreender que Watts não é uma medida intrínseca da luminosidade, mas sim do consumo de energia da luminária. Em outras palavras, a quantidade de Watts reflete a potência da lâmpada, indicando a energia que ela consome, mas não necessariamente a quantidade de luz que ela emite.

Um equívoco comum é a associação direta entre alta potência (em Watts) e maior luminosidade. Na verdade, com avanços tecnológicos, luminárias mais eficientes podem proporcionar uma iluminação brilhante com menor consumo de energia. Portanto, ao selecionar uma luminária, é crucial considerar fatores como lumens, que quantificam a quantidade real de luz emitida, para garantir que a escolha atenda às necessidades específicas de iluminação, sem desperdício de energia. Essa compreensão sutil é fundamental para orientar escolhas conscientes e eficientes no vasto universo da iluminação.

2.4.1.2 Volts

Na linguagem elétrica da iluminação, o termo “Volts” assume um papel crucial ao definir a força motriz da energia luminosa. Representando a voltagem necessária para impulsionar a corrente elétrica através da lâmpada, o valor em Volts é um aspecto técnico essencial a ser considerado na escolha e operação de luminárias.

Para a maioria das lâmpadas destinadas a ambientes domésticos, as opções comuns incluem voltagens de 110V ou 220V. Entender a voltagem apropriada para a luminária escolhida é vital para garantir o funcionamento adequado, segurança e eficiência energética. Uma voltagem inadequada pode resultar em falhas no desempenho da lâmpada, além de questões de segurança elétrica.

Portanto, ao mergulhar na complexidade técnica da iluminação, considerar os Volts é como ajustar a bússola elétrica que orienta o caminho da luz. Essa compreensão sutil capacita profissionais e entusiastas da iluminação a fazerem escolhas informadas, garantindo a operação eficaz e segura de suas luminárias.

2.4.1.3 Temperatura de cor (K)

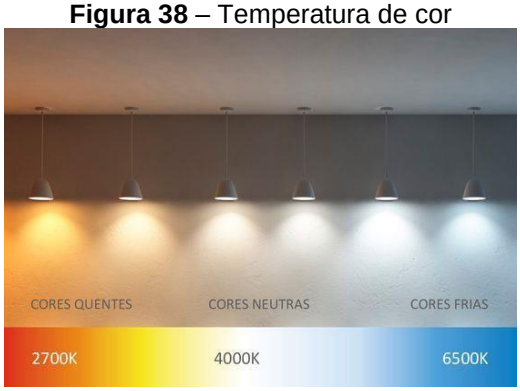
A escolha entre padrões de temperatura de cor (Figura38), expressos em Kelvins (K), é uma decisão crucial no *design* de iluminação, determinando a atmosfera e o propósito de um espaço. O padrão de 3000K é reconhecido por sua tonalidade quente e acolhedora, semelhante à luz do entardecer, sendo ideal para ambientes mais íntimos e relaxantes, como quartos e áreas de convívio.

Por outro lado, o padrão de 4000K apresenta uma tonalidade neutra, assemelhando-se à luz natural do início da manhã ou do final da tarde. Essa opção é frequentemente escolhida para ambientes de trabalho, cozinhas e áreas onde a clareza visual é prioritária.

O padrão de 6000K, com sua tonalidade mais fria, é comparável à luz do dia em sua intensidade máxima. Ideal para áreas que requerem alta visibilidade e foco, como ambientes de trabalho mais técnicos ou locais de produção.

Essa tríade de opções não apenas influencia a estética, mas também contribui para o bem-estar e a funcionalidade dos espaços iluminados. Navegar entre os padrões de temperatura de cor é como ajustar a paleta de uma obra de arte luminosa, criando composições que atendem às necessidades específicas de cada ambiente.

Figura 38 – Temperatura de cor



Fonte: disponível em: https://diminua.me/i/3bF. Acesso em: nov. 2023.

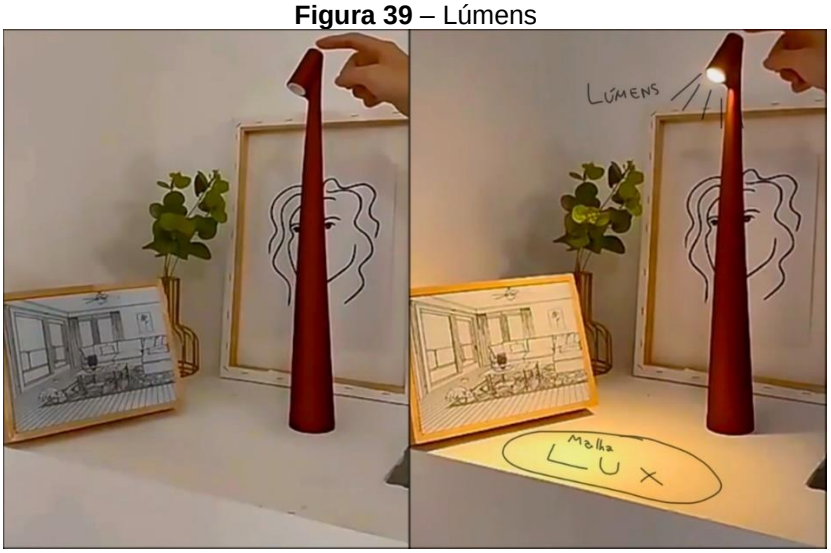
2.4.1.4 Lumens (Fluxo Luminoso)

Os lumens (lm) conforme Figura 39 emergem como uma medida crítica ao avaliar o brilho real de uma fonte de luz. Diferentes da potência em Watts, que indica o consumo de energia, os lumens quantificam a quantidade total de luz visível emitida pela lâmpada.

Quanto mais lumens uma lâmpada possui, mais brilhante ela é percebida. Essa métrica é essencial para determinar a adequação de uma luminária a determinado ambiente. Por exemplo, um espaço de trabalho pode demandar uma iluminação mais intensa, requerendo uma lâmpada com maior número de lumens.

Entender os lumens é como calibrar a intensidade da luz, garantindo que a iluminação atenda não apenas às preferências estéticas, mas também às necessidades práticas de cada cenário. Ao considerar os lumens, profissionais da iluminação podem criar ambientes balanceados, onde o brilho é ajustado com precisão para otimizar a funcionalidade e a estética do espaço. Sobre a Malha Lux da Figura 39- Lúmens, ela será explicada no tópico 2.6.1.

Figura 39 – Lúmens



Fonte: disponível em: https://diminua.me/f/4dH. Acesso em: nov. 2023.

2.4.1.5 Índice de Reprodução de Cor (IRC)

O Índice de Reprodução de Cor (IRC) conforme Figura 40, é um parâmetro crucial na avaliação da qualidade da luz emitida por uma fonte luminosa.

Representado em uma escala de 0 a 100, o IRC indica a capacidade da luz em reproduzir fielmente as cores em comparação com uma fonte de luz natural, como a luz solar.

Quanto mais próximo de 100 o IRC, maior é a fidelidade na reprodução de cores. Esse índice é particularmente significativo em ambientes onde a percepção exata das cores é essencial, como em lojas, estúdios de arte ou áreas de *design*. Uma fonte de luz com IRC elevado proporciona uma representação mais precisa e vibrante das cores, contribuindo para uma experiência visual mais autêntica e detalhada.

Portanto, considerar o IRC é como ajustar o espectro da luz para que ele não apenas ilumine, mas também realce e preserve a riqueza das cores ao nosso redor, garantindo que a luz artificial mantenha a vitalidade e o matiz das cores originais.

Figura 40 – Exemplo IRC



Fonte: disponível em: https://diminua.me/i/6jG. Acesso em: nov. 2023.

2.4.1.6 Índice de Proteção (IP)

O Índice de Proteção (IP) conforme Figura 41, é um código alfanumérico que revela o nível de resistência de uma luminária a elementos externos, como poeira e água. Ele é composto por dois dígitos: o primeiro indica a proteção contra sólidos, enquanto o segundo se refere à resistência contra líquidos.

O dígito referente à proteção contra sólidos varia de 0 a 6, indicando desde nenhuma proteção até proteção total contra poeira. Já o dígito relacionado à resistência contra líquidos varia de 0 a 9, representando desde nenhuma proteção até resistência contra jatos de água potentes.

Por exemplo, uma fita de led (imagem referencial Figura 17) com IP20 é protegida contra objetos sólidos superiores a 12mm (dígito 2) e não protegido a água (dígito 0), caso selecione esta para ambientes úmidos, a peça irá danificar com o tempo. Compreender o IP é essencial ao selecionar luminárias para ambientes específicos, como banheiros (exigindo maior resistência à umidade) ou áreas externas sujeitas a poeira e chuva.

Outro exemplo, seria uma luminária subaquática IP68 como na Figura 29, ela é completamente protegida contra poeira (dígito 6) e pode resistir à submersão água (dígito 8). Compreender o IP é essencial selecionar luminárias para ambientes específicos, como piscinas (exigindo submerção) ou áreas externas sujeitas a poeira e chuva.

Assim, decifrar o IP é como ler o “passaporte de resistência” de uma luminária, garantindo que ela esteja equipada para enfrentar os desafios ambientais e desempenhar seu papel com durabilidade e eficácia.

Sempre que for selecionar uma luminária, é crucial considerar o índice de proteção adequado ao ambiente onde ela será instalada. É importante verificar se o local é molhado ou se necessita de proteção contra poeira, entre outros fatores.

Figura 41 – Tabela Índice de Proteção (IP)

1º dígito ***(proteção contra objetos sólidos)***	***2º dígito*** ***(proteção contra penetração líquida)***
0 Não protegido	0 Não protegido
1 Protegido contra objetos sólidos superiores a 50 mm	1 Protegido contra quedas verticais de gotas d’água
2 Protegido contra objetos sólidos superiores a 12 mm	2 Protegido contra quedas verticais de gotas d’água de até 15°
3 Protegido contra objetos sólidos superiores a 2,5 mm	3 Protegido contra água aspergida de ângulo de 60°
4 Protegido contra objetos sólidos superiores a 1 mm	4 Protegido contra projeção de água de qualquer direção
5 Protegido contra poeira e contato a partes internas do invólucro	5 Protegido contra jatos d’água
6 Totalmente protegido contra a penetração de poeira	6 Protegido contra fortes jatos d’água
	7 Protegido contra imersão temporária (até 30 mins em submersão entre 15 cm a 1 m)
LUTERLED	8 Protegido contra submersão (imersão prolongada sob pressão)

Fonte: disponível em: https://diminua.me/i/2fA. Acesso em: nov. 2023.

2.4.1.7 Ângulo de abertura e Lentes

As lentes e o ângulo de abertura (Figura 42) desempenham papéis cruciais na direção e distribuição da luz de uma luminária. As lentes, muitas vezes usadas para modificar a saída de luz, podem criar efeitos específicos, como direcionar a luz em um padrão mais concentrado ou difundir amplamente.

O ângulo de abertura, por sua vez, indica a amplitude do campo de luz emitido por uma fonte luminosa. Um ângulo mais estreito concentra a luz em uma área específica, sendo ideal para destaque, enquanto um ângulo mais amplo proporciona uma distribuição mais uniforme, sendo mais adequado para iluminação geral.

Assim, a escolha da lente e do ângulo de abertura é como esculpir a trajetória da luz, moldando a atmosfera e enfocando áreas específicas. Ao entender esses elementos, profissionais da iluminação podem criar composições luminosas personalizadas, adaptando a direção e a intensidade da luz de acordo com as necessidades específicas de cada projeto.

Figura 42 – Lente ou Ângulo de abertura



Fonte: disponível em: https://diminua.me/g/8dJ. Acesso em: nov. 2023.

2.4.1.8 Curva da Luz (CDL) ou Curva Fotométrica

A Curva da Luz (CDL) representa um termo técnico específico, empregado em situações nas quais é essencial estudar minuciosamente o efeito que uma lâmpada

terá no ambiente. Essa abordagem é crucial em projetos que demandam uma análise detalhada da distribuição da luz emitida pela luminária.

Ao traçar a CDL, os profissionais da iluminação podem compreender como a luz é distribuída em diferentes direções, permitindo uma projeção mais precisa e personalizada da iluminação no espaço. Isso é particularmente relevante em projetos arquitetônicos que buscam não apenas iluminar, mas também destacar e acentuar características específicas do ambiente.

Portanto, a Curva da Luz transcende o conceito tradicional de iluminação, proporcionando uma ferramenta técnica refinada para moldar a experiência luminosa de maneira precisa e adaptada às exigências singulares de cada projeto.

A representação gráfica da distribuição da intensidade luminosa de uma fonte de luz ocorre em várias direções do espaço. Essas curvas englobam diversas grandezas fotométricas, como iluminância, luminância, intensidade luminosa e fluxo luminoso.

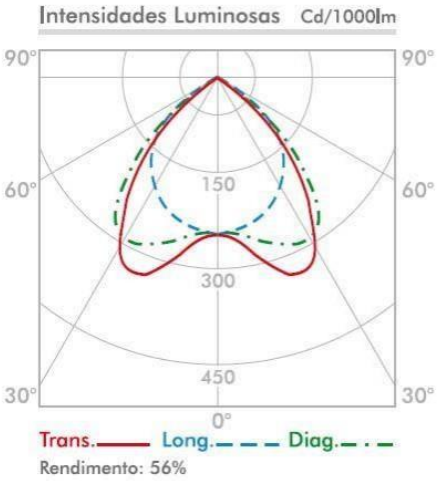
Cada luminária possui sua curva específica de distribuição de luz, sendo expressa por meio de diagramas fotométricos. Essas curvas polares frequentemente representadas em coordenadas polares, descrevem como a luz é distribuída em torno do centro da fonte luminosa. Para obter informações sobre a intensidade luminosa em diferentes direções, são realizadas medições em vários ângulos verticais ao redor da fonte.

A interpretação de uma curva fotométrica, Figura 43, 44 e 45. Para compreender como a luminária projeta a luz no espaço a distância de um ponto da curva ao centro indica a intensidade luminosa em uma direção específica. Entender essas curvas é fundamental para utilizar dados como fluxo luminoso, direção e intensidade de forma eficaz.

O desempenho fotométrico, por sua vez, está intrinsecamente ligado à eficiência e eficácia da luminária ao direcionar a luz para o alvo desejado. Essa eficiência é determinada pelas propriedades fotométricas da lâmpada, da luminária e pela qualidade dos componentes de controle da luz. Enquanto isso, o desempenho mecânico descreve o comportamento da luminária sob condições extremas, incluindo temperatura, exposição a água, poeira, choques mecânicos e fogo. Assim, a análise

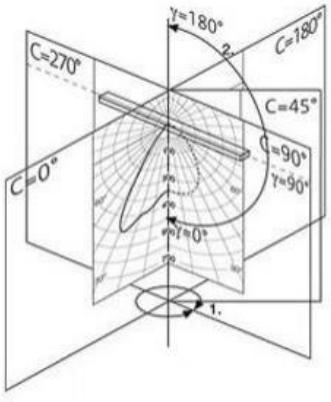
das curvas fotométricas é essencial para garantir um desempenho luminotécnico eficaz e duradouro.

Figura 43 – Gráfico curva fotométrica (Representação intensidades luminosas).



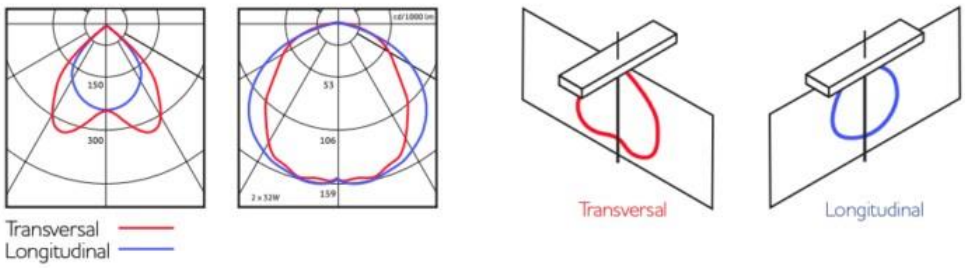
Fonte: disponível em: https://diminua.me/b/8iI. Acesso em: nov. 2023.

Figura 44 – Curva fotométrica (Representação curva polar).



Fonte: disponível em: https://diminua.me/g/3fI. Acesso em: nov. 2023.

Figura 45 – A curva fotométrica nos projetos luminotécnicos.



Fonte: disponível em: https://diminua.me/c/9dF. Acesso em: nov. 2023.

2.4.2 Cálculos

No contexto da iluminação, enfrentamos cálculos cruciais e desafios específicos ao *design* luminotécnico. O cálculo de lux, representando a iluminância em pontos específicos, é essencial para garantir uma iluminação adequada. Isso é determinado pela distribuição de fluxo luminoso, atendendo a requisitos normativos e ergonômicos.

Os padrões da Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR) orientam os projetos de iluminação, garantindo conformidade com regulamentações e condições adequadas de iluminação. A distância entre a fonte de luz e a lente da luminária é crucial, influenciando diretamente na distribuição da luz. Calcular essa distância é essencial para evitar sombras indesejadas e assegurar iluminação uniforme.

Determinar a potência necessária da luminária é desafiador, exigindo considerações sobre o fluxo luminoso desejado, características do ambiente e eficiência da fonte de luz. Encontrar o equilíbrio entre potência e eficácia luminosa é crucial para otimizar a eficiência energética.

Enfrentar esses cálculos e desafios é parte integrante do processo de criação de ambientes iluminados de forma precisa, funcional e em conformidade com as normas estabelecidas.

Permite o projeto de espaços com iluminação eficaz, adaptada ao uso e à estética desejada. Essa fundamentação teórica servirá como base sólida para a análise da importância da iluminação na arquitetura e como a luminotécnica se traduz em uma ferramenta indispensável para os profissionais dessa área.

A principal diferença entre lumens (lm) e lux (lx) está na perspectiva da medição: os lumens quantificam o fluxo luminoso total emitido por uma fonte de luz, enquanto o lux representa a iluminância, ou seja, a quantidade de luz que atinge uma superfície específica em um determinado espaço, levando em consideração a distribuição dos lumens e a distância da fonte de luz à superfície. Em resumo, os lumens medem “quanta luz” é emitida de uma luminária, enquanto o lux mede o nível de iluminação real em uma área específica, Figura 46.

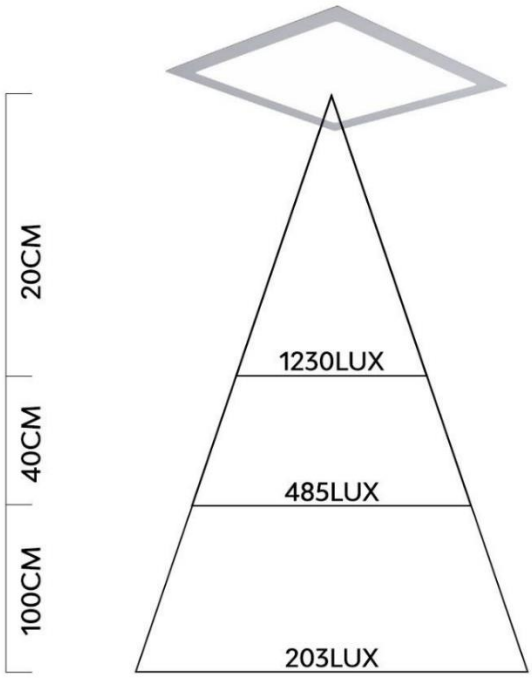
Figura 46 – Lúmen, Candela e Lux.



Fonte: disponível em: https://diminua.me/i/9hH. Acesso em: nov. 2023.

É crucial ressaltar que, em contextos de medição de iluminação(lux), a distância entre a luminária e o ponto de medição desempenha um papel fundamental, devido à aplicação da lei do inverso do quadrado. Isso exige que se leve em consideração cuidadosamente a distância ao realizar medições de lux, com o objetivo de assegurar resultados precisos e garantir que os níveis de iluminação se ajustem adequadamente às necessidades do ambiente. Essa consideração detalhada está alinhada com as práticas de metodologia científica, que enfatizam a precisão e a validade dos dados obtidos, Figura 47.

Figura 47 – Lux e distância.



Fonte: disponível em: https://diminua.me/i/9hH. Acesso em: nov. 2023.

Na prática luminotécnica, os cálculos de lumens e lux desempenham funções fundamentais. Ao somar os lumens de todas as luminárias em um espaço, obtemos uma medida abrangente da quantidade total de lux emitida. Esse é um indicador global da iluminação geral no ambiente, buscando-se, assim, a adequação à NBR5413(Iluminância de interiores).

Por outro lado, o cálculo de lux quando voltado para o ambiente de trabalho é mais específico, relacionando-se à iluminância em áreas designadas. Distribuindo os lumens sobre uma superfície específica, medimos o lux, indicando a densidade de luz que atinge esse local. Essa abordagem focada é crucial para garantir níveis adequados de iluminação em áreas específicas, alinhando-se às necessidades funcionais e estéticas do ambiente e buscando atender a NBR ISO/CIE 8995-1 (Iluminação de ambientes de trabalho).

Assim, a combinação desses cálculos proporciona uma análise completa em projetos de iluminação, assegurando não apenas a quantidade total de luz, mas também uma distribuição precisa para atender às demandas específicas de cada espaço.

2.4.2.1 Cálculo de Lux

No contexto de um escritório em que a localização do local de trabalho é conhecida, é fundamental definir as áreas de tarefa no projeto de iluminação. Essas áreas incluem a mesa de trabalho e o espaço do usuário, com uma altura padrão de 0,75 metros. Os entornos imediatos, por sua vez, abrangem o restante da sala, com exceção de uma faixa marginal de 0,5 metros de largura.

Como podemos ver na Figura 48 abaixo, essa representação gráfica nos ajuda a visualizar claramente os locais de trabalho e as áreas circundantes em um ambiente de escritório. Essa definição cuidadosa das zonas de iluminação é essencial para garantir que a luz seja direcionada de maneira eficiente, atendendo às necessidades dos ocupantes.

Figura 48 – Zonas de iluminação.



Fonte: disponível em: https://diminua.me/f/8dC. Acesso em: nov. 2023.

Essa abordagem é crucial para assegurar que a iluminação seja distribuída de maneira precisa nas áreas de trabalho, criando um ambiente de trabalho confortável e produtivo, ao mesmo tempo em que mantém os entornos circundantes adequadamente iluminados. O projeto de iluminação leva em consideração essas áreas de tarefa, otimizando a eficiência luminosa e garantindo que todas as exigências específicas de iluminação do espaço sejam atendidas. A forma ideal de saber a

quantidade de Lux na superfície destacada na Figura 48 é utilizando a ferramenta Luxímetro, Figura 49.

Figura 49 – Luxímetro.



Fonte: disponível em: https://diminua.me/g/5aB. Acesso em: nov. 2023.

O Luxímetro é um instrumento fundamental na área da iluminação para medir a intensidade luminosa em uma superfície específica, expressa em lux. Sua utilização é crucial para garantir que os níveis de iluminância estejam de acordo com os padrões recomendados e as necessidades específicas do ambiente.

É importante destacar que a calibração regular do Luxímetro é essencial para assegurar medições precisas. Cada fabricante especifica a frequência ou condições ideais para a calibração, e seguir essas diretrizes contribui para a confiabilidade dos resultados obtidos.

Dessa forma, o Luxímetro não apenas facilita a avaliação objetiva da iluminação em diferentes ambientes, mas também destaca a importância da manutenção e calibração adequada dos instrumentos de medição para garantir resultados confiáveis em projetos luminotécnicos.

2.4.2.2 Cálculo de Lumens por m²

A determinação adequada da quantidade de lâmpadas LED necessárias para um ambiente depende de vários fatores. Para calcular a iluminação LED, é crucial entender o conceito de “lúmen”, que representa a medida total de luz visível emitida por uma fonte.

Um escritório seria 500 lm/m² (lúmen por metro quadrado) a recomendação mínima de acordo com a norma NBR5413.

Para calcular a iluminação adequada de um ambiente, siga os seguintes passos de acordo com as instruções na NBR5413: primeiramente, calcule a área do ambiente multiplicando o comprimento pela largura assim encontrando o metro quadrado do local. Em seguida, determine o total de lumens necessários multiplicando a área pelo valor recomendado de lumens por metro quadrado. Verifique a capacidade de lúmen da lâmpada LED escolhida, que pode ser encontrada na embalagem ou nas especificações do produto. Finalmente, divida o total de lumens necessários pela capacidade de lúmen da lâmpada; o resultado indicará o número de lâmpadas necessárias para iluminar adequadamente o ambiente.

Exemplo prático: Se um escritório possui 20m² e você está utilizando lâmpadas que oferecem 1.000 lumens, a quantidade necessária seria de 10 lâmpadas.

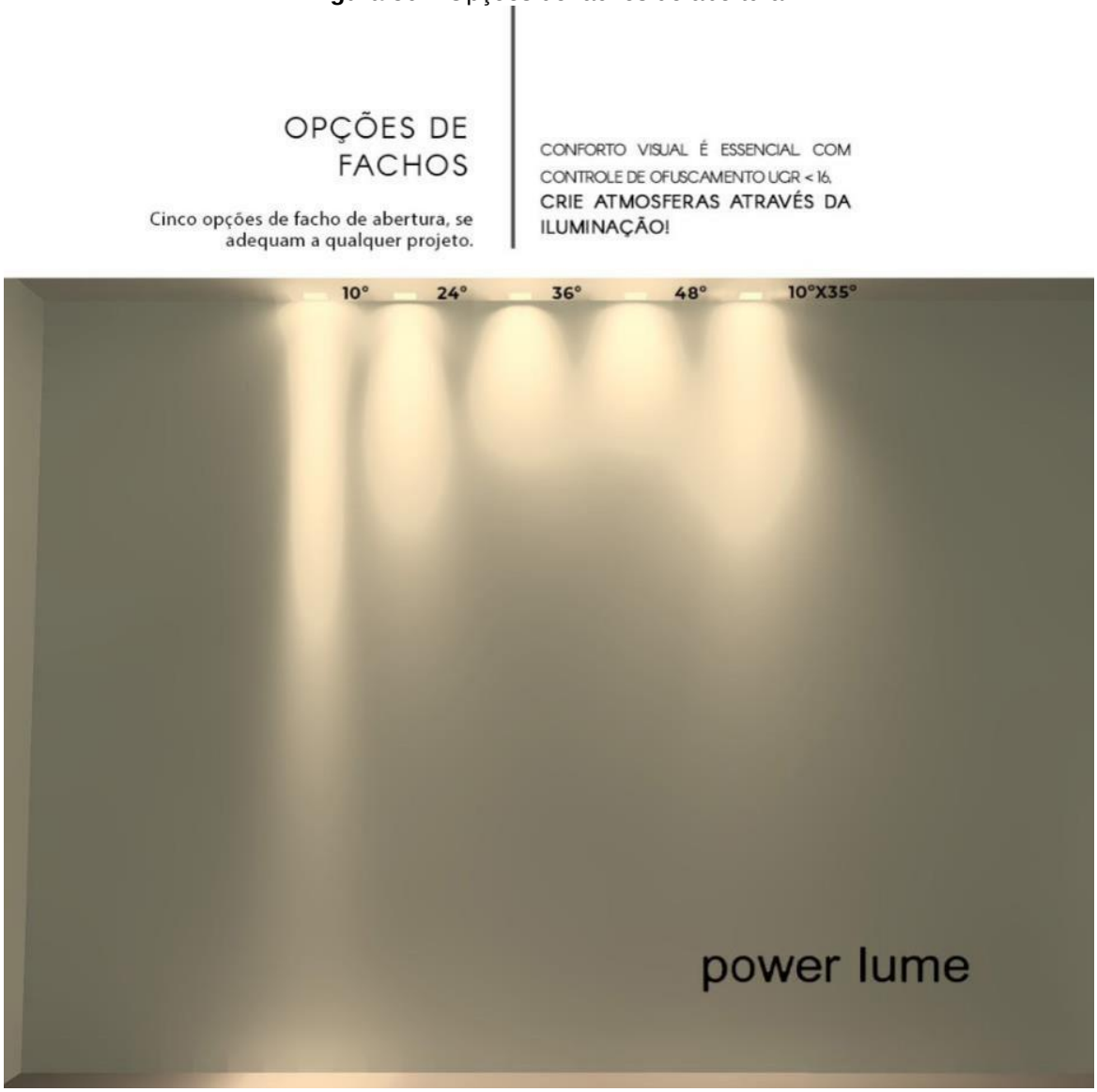
(20 [tamanho do escritório] x 500 [recomendação NBR] = 10.000

10.000 / 1.000 [quantidade de lúmens da lâmpada] = 10 lâmpadas

2.4.2.3 Cálculo de Potência e lente

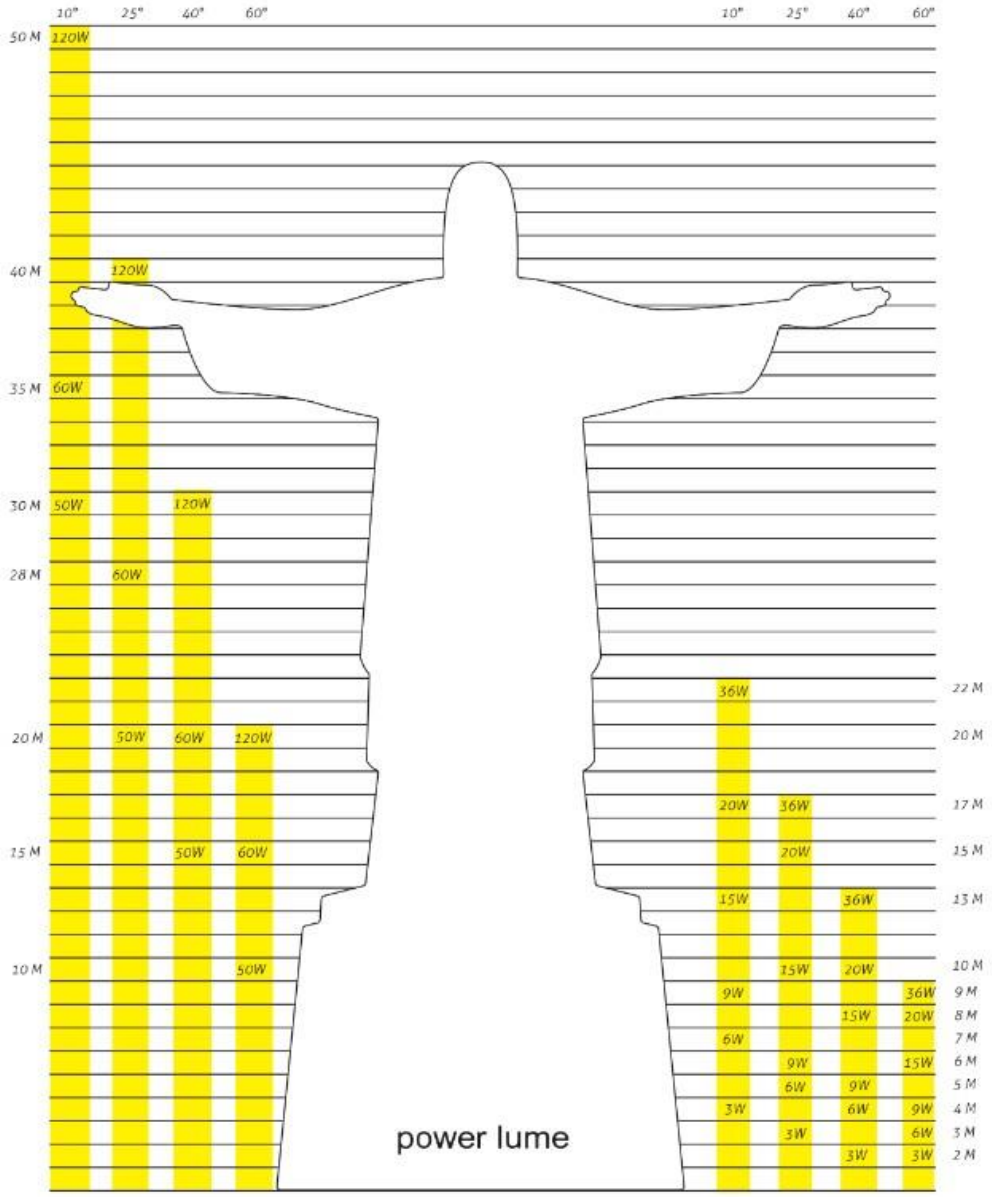
O cálculo de potência e a escolha adequada de lentes na iluminação desempenham papéis cruciais na eficácia e eficiência luminotécnica. A potência refere-se à quantidade de energia consumida pela fonte de luz, sendo essencial determinar a potência ideal para atender às necessidades específicas do ambiente. Por outro lado, as lentes têm o papel crucial de direcionar e controlar a distribuição da luz, influenciando a intensidade e o alcance luminoso. A combinação estratégica entre potência e lentes permite não apenas otimizar a iluminação para a finalidade desejada, mas também garantir um uso eficiente da energia, contribuindo para soluções luminotécnicas mais sustentáveis e eficazes. Dependendo da lente utilizada, a luz consegue alcançar pontos mais distantes. O método mais fácil de se calcular a distância da luz é por gabarito, conforme Figura 50 a seguir, que já inclui testes de alcance. Por exemplo, uma lente com ângulo de 25 graus e 120W alcança 40m, mas com 10 graus alcança 50m.

Figura 50 – Opções de fachos de abertura.



Fonte: PowerLume (2018)

Figura 51 – Estudo de Lente e Potência Powerlume.



Fonte: PowerLume (2018)

Exemplificando Figura 51: Uma Palmeira de 10 metros precisa ser iluminada adequadamente. O com a utilização de um embutido de solo de 15W com Ângulo de abertura de 25°, assim atingindo a altura de 10 metros incialmente desejada.

2.4.5. Ciclo circadiano

O O ciclo circadiano é um processo biológico que regula o padrão de sono-vigília em um período de aproximadamente 24 horas, influenciando várias funções fisiológicas, como a produção de hormônios, a temperatura corporal e o metabolismo. A luz é a principal influência no ciclo circadiano, sendo crucial para sincronizar nosso relógio biológico interno com o ambiente.

Diversas pesquisas e estudos têm destacado a importância de compreender e respeitar o ciclo circadiano no design de iluminação, especialmente em ambientes fechados onde a exposição à luz natural pode ser limitada. Este campo de estudo tem sido explorado por cientistas, médicos, psicólogos e profissionais da área de iluminação. Instituições renomadas, como a National Sleep Foundation, a American Medical Association (AMA) e o Lighting Research Center (LRC), têm contribuído significativamente para a compreensão dos efeitos da luz na saúde humana. Recomendações específicas, como a criação de ambientes com diferentes temperaturas de cor ao longo do dia para promover a regulação natural do sono, têm emergido desses estudos.

A implementação prática dessas descobertas tem ganhado destaque em projetos arquitetônicos e de iluminação, especialmente com o advento de sistemas de iluminação inteligentes que podem simular as variações de luz natural ao longo do dia. Essa abordagem, conhecida como iluminação biocêntrica, visa melhorar o bem-estar e a saúde geral das pessoas por meio da consideração cuidadosa do ciclo circadiano em ambientes construídos.

O estudo da iluminação em ambientes hospitalares é uma área de pesquisa crucial devido à influência significativa que a iluminação pode exercer no bem-estar e na recuperação dos pacientes, bem como na eficiência operacional dos profissionais de saúde. Diversas pesquisas têm explorado como o design de iluminação pode impactar positivamente a experiência do paciente e contribuir para melhores resultados clínicos. O estudo de Russell G. Foster sobre "*Sleep, Circadian Rhythms*, *and Health*" destaca a importância crucial da luz artificial simulando a luz natural para a regulação dos ritmos circadianos e seus efeitos na saúde humana. Revela que a exposição à luz artificial com características semelhantes à luz natural pode melhorar

o ritmo circadiano dos pacientes, reduzir o tempo de internação e até diminuir o uso de analgésicos. Além disso, a iluminação adequada em áreas de trabalho para profissionais de saúde pode melhorar a precisão nas tarefas médicas e reduzir erros.

Organizações de saúde, como a Associação Americana de Engenheiros em Saúde (*ASHE*) e a Sociedade Americana de Engenheiros de Iluminação (*IES*), têm desenvolvido diretrizes específicas para iluminação em ambientes hospitalares. Essas diretrizes abordam questões como a distribuição uniforme da luz, controle de intensidade, temperatura de cor adequada e minimização de ofuscamento.

Em resumo, o estudo da iluminação em hospitais destaca a importância de criar ambientes luminosos que promovam o conforto dos pacientes, otimizem as condições de trabalho para profissionais de saúde e contribuam para um ambiente propício à cura e ao tratamento eficaz. Essa pesquisa tem implicações práticas na concepção e implementação de sistemas de iluminação em instalações de saúde, visando melhorar a experiência global dos pacientes e a eficiência dos cuidados médicos a través do estudo de Russell G. Foster sobre "Sleep, Circadian Rhythms, and Health".

2.4.6. Normas e Regras

As normas técnicas, como a NBR/ISO 8995-1 e a NBR 5413, são fundamentais para assegurar a qualidade e a segurança da iluminação. A NBR/ISO 8995-1 estabelece diretrizes para a iluminação de ambientes de trabalho, enquanto a NBR 5413 especifica os níveis de iluminação recomendados para diferentes tipos de ambientes internos. Essas normas garantem que a iluminação seja adequada para suas finalidades, proporcionando o conforto e a segurança dos clientes.

2.4.7. Observações Contemporâneas

Atualmente, a iluminação é usada não somente para fins funcionais, mas também para criar ambientes esteticamente agradáveis e para influenciar o bem-estar das pessoas. A iluminação arquitetônica é empregada para destacar as características arquitetônicas e criar ambientes específicos. A iluminação inteligente, que pode ser controlada remotamente e ajustada de acordo com as necessidades, representa o futuro da iluminação, oferecendo mais flexibilidade e eficiência.

2.5 Proposta

Este trabalho de conclusão de curso (TCC) tem como objetivo final apresentar uma abordagem objetiva e visual para mostrar os benefícios de uma iluminação adequada em uma residência. A avaliação será feita em uma residência habitada por uma família composta por mãe, pai, filho e filha, todos sem deficiência. Esta situação familiar permitirá avaliar o efeito de uma iluminação adequada em diferentes ambientes, garantindo tanto a funcionalidade quanto o bem-estar dos moradores.

A análise mais aprofundada focará em áreas específicas da residência, como banheiro, cozinha e escritório. Em primeiro lugar, serão identificadas as falhas na iluminação anterior. Em seguida, será apresentada a mudança significativa após a aplicação correta de luminárias e técnicas luminotécnicas, de acordo com as normas da NBR 5413. Esta norma determina as iluminâncias médias mínimas para iluminação artificial em ambientes onde são realizadas atividades comerciais, industriais, educacionais, esportivas e outras.

A ideia é demonstrar, por meio de comparações visuais, como a adoção de técnicas adequadas de iluminação pode aprimorar significativamente a qualidade dos ambientes internos, proporcionando conforto e eficiência aos moradores.

Este TCC utiliza técnicas de simulação e medição luminotécnica para assegurar que os resultados sejam precisos e aplicáveis às condições reais. Utilizando programas especializados, como o DIALux, é viável criar modelos detalhados dos ambientes estudados, permitindo uma visualização clara das distribuições de luz antes e depois das intervenções propostas.

No banheiro, a análise preliminar revelará áreas com iluminação inadequada, o que pode causar sombras e dificultar tarefas diárias, como higiene pessoal. A utilização de técnicas adequadas visa uniformizar a distribuição de luz, eliminando áreas escuras e aprimorando a segurança e o conforto.

Na cozinha, a primeira avaliação se concentrará na iluminação das áreas de trabalho, como bancadas e pias, que são fundamentais para atividades culinárias. A iluminação adequada permitirá que essas áreas recebam luz suficiente para evitar acidentes e facilitar a preparação de alimentos, além de criar uma atmosfera acolhedora e funcional.

O escritório, por sua vez, será avaliado quanto à ergonomia luminotécnica. A luz adequada é indispensável para atividades de leitura e trabalho em computador, prevenindo a fadiga ocular e aumentando a produtividade. A escolha correta de luminárias e o controle de reflexos e brilhos são pontos que serão abordados para criar um ambiente de trabalho eficiente e confortável.

Finalmente, as conclusões deste estudo podem ser usadas como guia para futuros projetos de iluminação residencial, enfatizando a relevância de seguir normas técnicas e adotar métodos científicos para assegurar a criação de ambientes internos seguros, eficientes e agradáveis.

2.6 Metodologia

Neste trabalho, empregaremos dois métodos principais para a revitalização do escritório, a cozinha e o banheiro, apresentando um "antes e depois" das intervenções realizadas.

2.6.1. Malha de Lux

O primeiro método é a malha de lux, descrita no tópico 2.4.2.1, "Cálculo de Lux". A malha de lux delimita a área de ação da iluminância (lux), indicando a quantidade de lux em uma área específica. A execução será feita por meio de maquete eletrônica, dispensando o uso do luxímetro, que está descrito no tópico 2.4.2.1. Esse método permite uma análise precisa da distribuição de luz nos ambientes simulados, garantindo que todas as áreas recebam a quantidade necessária de luz conforme o planejado.

A utilização de malha de lux é essencial para avaliar a uniformidade da iluminação em um ambiente, permitindo ajustes finos na disposição e intensidade das luminárias. Ao usar ferramentas de simulação, é possível calcular com clareza os níveis de iluminância em diferentes pontos do espaço, garantindo que as áreas críticas, como superfícies de trabalho e zonas de circulação, estejam adequadamente iluminadas.

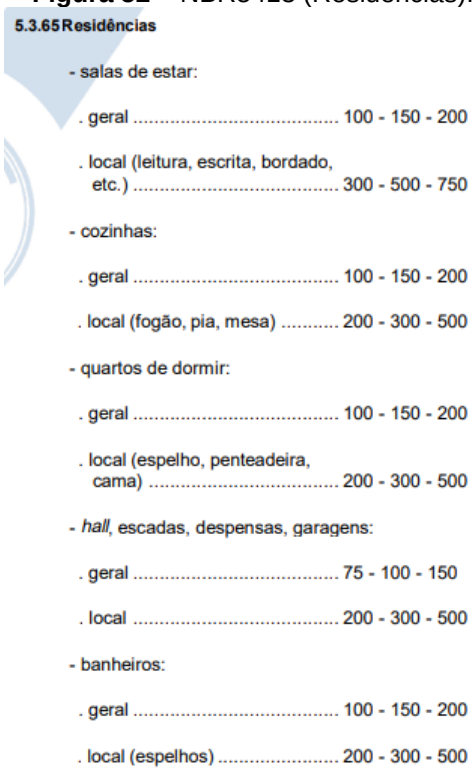
2.6.2. Aplicação da NBR 5413

O segundo método é baseado na aplicação das normas da NBR 5413, que estabelecem os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores. Esta norma abrange atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras, mas para este projeto, utilizaremos somente o quadro de lux médio específico para residências.

A utilização da NBR 5413 é crucial para assegurar que os espaços revitalizados atendam aos padrões de iluminação recomendados, garantindo conforto visual e funcionalidade. A norma determina os níveis mínimos de iluminância que devem ser atingidos em diferentes tipos de ambientes residenciais, fornecendo um guia técnico para a criação de espaços seguros e confortáveis.

Ao seguir esses princípios normativos, podemos assegurar que a iluminação dos ambientes não apenas atenda aos requisitos funcionais, mas também aprimore a experiência visual dos usuários. A norma NBR 5413, como mostra a Figura 52, serve como uma referência técnica para calibrar as soluções de iluminação propostas, permitindo comparações antes e depois das intervenções.

Figura 52 – NBR5413 (Residências).



5.3.65 Residências

- salas de estar:
  - . geral ..... 100 - 150 - 200
  - . local (leitura, escrita, bordado, etc.) ..... 300 - 500 - 750
- cozinhas:
  - . geral ..... 100 - 150 - 200
  - . local (fogão, pia, mesa) ..... 200 - 300 - 500
- quartos de dormir:
  - . geral ..... 100 - 150 - 200
  - . local (espelho, penteadeira, cama) ..... 200 - 300 - 500
- *hall*, escadas, despensas, garagens:
  - . geral ..... 75 - 100 - 150
  - . local ..... 200 - 300 - 500
- banheiros:
  - . geral ..... 100 - 150 - 200
  - . local (espelhos) ..... 200 - 300 - 500

Fonte: disponível em: https://diminua.me/j/5hH. Acesso em: março. 2024.

2.6.3. Metodologia Detalhada

1. A preparação das Maquetes Eletrônicas requer a utilização de um programa de simulação luminotécnica como DIALux ou outro similar.

2.Simulação inicial: Fazer simulações iniciais para ver a distribuição atual de luz nos ambientes, identificando áreas com deficiência de iluminação e pontos de melhoria

3. Aplicar a Malha de Lux nas simulações é necessário para detalhar a distribuição da luz. Analisar os dados para avaliar a uniformidade e ajuste da iluminação em diferentes áreas utilizando os blocos das luminárias (termo utilizado para referenciar ao molde da luminária dentro do software).

4. Revisão Normativa: Aplicar os critérios estabelecidos pela NBR 5413 para assegurar que os níveis de iluminação nos ambientes estejam de acordo com os valores mínimos recomendados para residências.

5. Proposta de Intervenção: Elaborar proposta de intervenção, incluindo a substituição e reposicionamento de luminárias, ajuste da intensidade e tipo de lâmpadas utilizadas caso necessário. Realizar simulações adicionais para validar as propostas.

6. Comparação Antes e Depois: Criar relatórios comparativos, comparando os ambientes antes e depois das intervenções. Incluir gráficos de distribuição de luz, tabelas de níveis de iluminância e imagens para demonstrar as melhorias alcançadas

7. Documentação e Análise Final: Registrar todos os procedimentos, resultados e avaliações. Discutir os efeitos das mudanças nas funcionalidades e no conforto visual dos ambientes revitalizados.

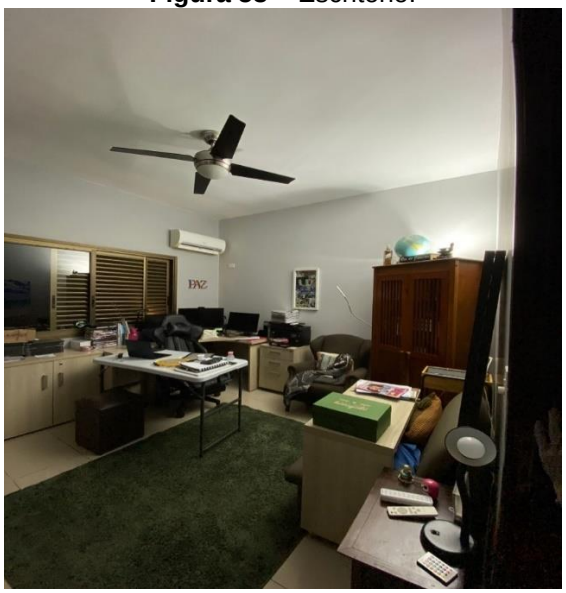
Essa abordagem garante que as soluções propostas sejam tecnicamente viável e de acordo com as normas, o que resulta em uma melhora significativa na iluminação dos ambientes estudados. Ademais, a análise técnica enfatizará a relevância da iluminação na arquitetura e design de interiores, fornecendo uma visão clara e objetiva das melhorias alcançadas e destacando o valor agregado à experiência visual e funcional dos ambientes

2.7. Ambientes e Estudo

2.7.1. Análise Escritório

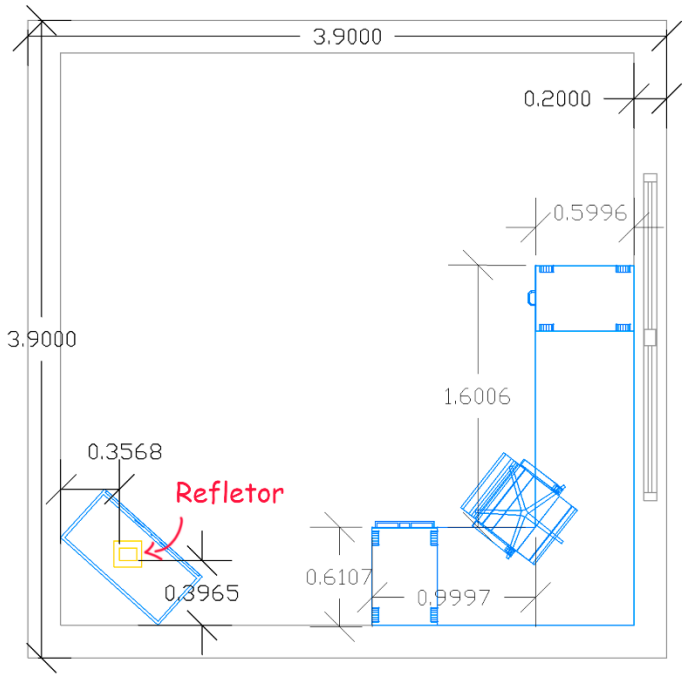
O escritório é a primeira área a ser analisada, sendo um espaço utilizado exclusivamente pela mãe da família para suas atividades profissionais e momentos de estudo e leitura. De acordo com a residente, a mesa apresenta uma sensação de desconforto visual, dificultando suas tarefas diárias. O ambiente está atualmente iluminado de forma improvisada com um refletor devido a quedas de energia, o que resultou na queima da iluminação principal, que era fornecida pelo ventilador de teto que também está defeituoso. A primeira etapa do processo é realizar um levantamento detalhado do ambiente, obtendo todas as medidas necessárias para criar um modelo preciso. Isso inclui a medição do comprimento, largura e altura do espaço (C=3,7m / L=3,7m / H=2,93m), bem como a localização de portas, janelas, móveis e outros elementos que podem influenciar a distribuição da luz. Neste ambiente (Figura 53 - Foto e Figura 54 - Planta) será feito o estudo da malha de lux da mesa e ambientação em lux de acordo com as normas.

Figura 53 – Escritório.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 54 – Planta Escritório Antes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Depois de coletar essas informações, o próximo passo é transferi-las para um aplicativo de design de iluminação, como o DIALux. Esse software permite criar uma representação virtual do ambiente e simular diferentes cenários de iluminação. Com o DIALux, é possível visualizar como as luminárias afetarão a distribuição da luz no espaço e calcular a quantidade de lux em áreas específicas.

Para que o cálculo de iluminação seja realizado corretamente, é necessário dispor do bloco da luminária e dos dados IES, pois estes elementos possibilitam um detalhamento preciso no software DIALux. Com essas informações, é possível simular a distribuição da luz e fazer uma avaliação adequada do ambiente a ser iluminado, garantindo que os cálculos reflitam as características reais das luminárias. A precisão dos dados é fundamental para assegurar que a solução proposta atenda aos padrões de iluminação e ofereça resultados confiáveis ao longo do projeto.

No escritório era utilizado um Refletor (Figura 55) de 50W- 4500 lúmens e 3000k e IRC 80

Figura 55 – Refletor - Curva IES e Produto.



Fonte: IES desenvolvido pelo Software - Imagem produto fornecida pela indústria.

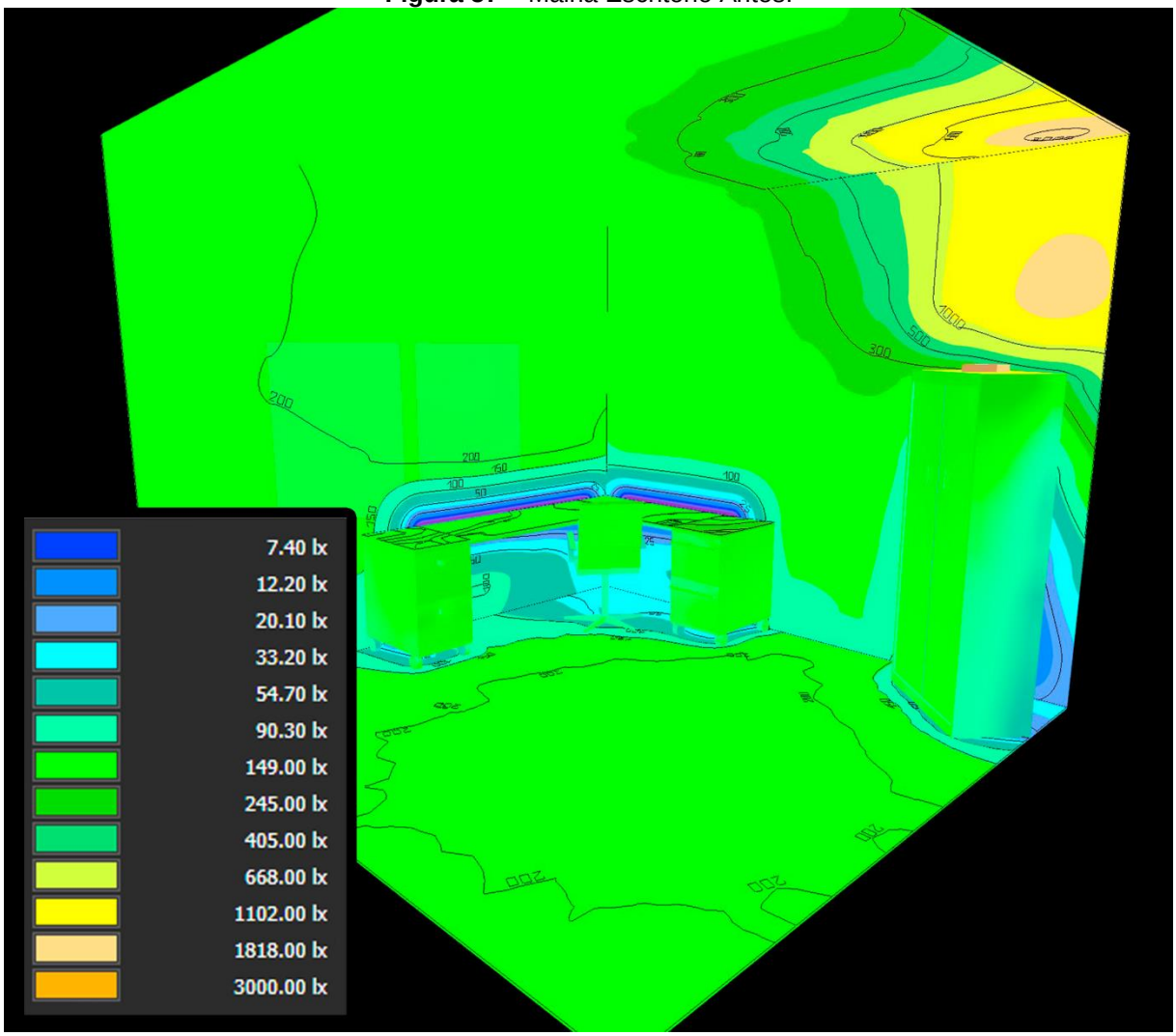
Para demonstrar a proposta de melhoria que serão apresentadas detalhando a transformação do espaço. As Figuras 56, 57 e 58 ilustram o escritório antes da intervenção, destacando as áreas mal iluminadas e os desafios encontrados.

Figura 56 – Render Escritório Antes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 57 – Malha Escritório Antes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Pode-se notar que, na Figura 57, a malha de lux do piso apresenta 200 luxes, atingindo a média informada na Norma 5413, que é utilizado como base. Para facilitar a pesquisa, a imagem da tabela com os valores médios de lux para residências está localizada na Figura 52.

Figura 58 – Malha Mesa Escritório Antes.



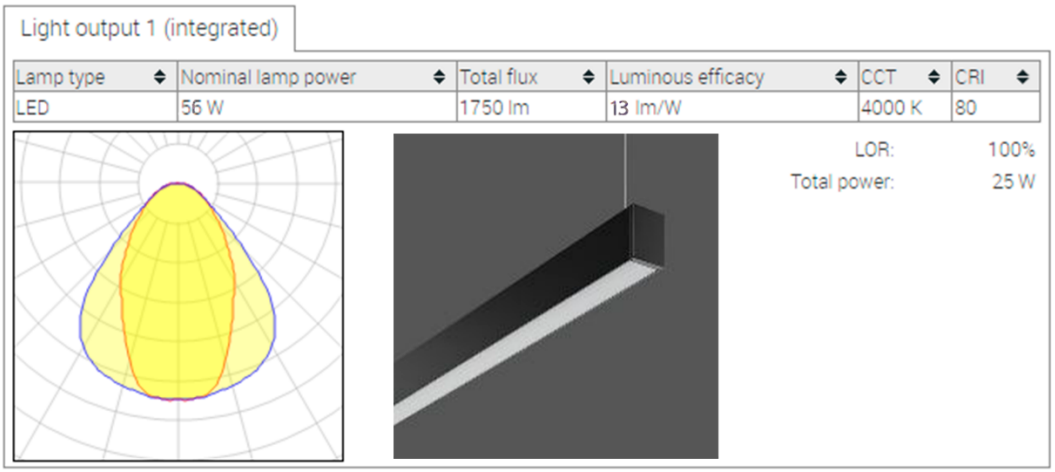
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Após os cálculos realizados com o aplicativo DIALux, foi identificado uma deficiência luminosa na área da mesa, em desacordo com a norma NBR 5413, a qual estabelece que o ambiente de trabalho tem uma média de 200 lumens, com a área de trabalho precisando de níveis entre 500 e 750 luxes de acordo com a Figura 52. Este resultado indica a necessidade de ajustes no projeto de iluminação para atender aos padrões recomendados e proporcionar condições adequadas para a realização de atividades nesse espaço. A correção dessa deficiência luminosa é crucial para garantir tanto a segurança quanto a funcionalidade do ambiente. O restante do ambiente está de acordo com as normas, porém, será melhorado devido ao uso de uma luminária improvisada (refletor).

2.7.1.1. Ajuste Escritório

A escolha de luminária para solucionar o problema da mesa, foram dois Pendentes de Led (Figura 59) de 56W/m - 750 lúmens (totalizando 1500 lúmens) com 4000k (C=1,481m / L=1,481m) posicionada a 0,90m da mesa e 1,66m do piso. A escolha da luminária foi baseada na necessidade de proporcionar uma iluminação direta, conforme ilustrado na Figura 31, visando focalizar a luz na mesa e nas áreas de trabalho. Este ajuste é essencial para eliminar o desconforto visual relatado pela mãe, garantindo uma distribuição adequada da luz que favoreça a realização de atividades com maior eficiência e conforto.

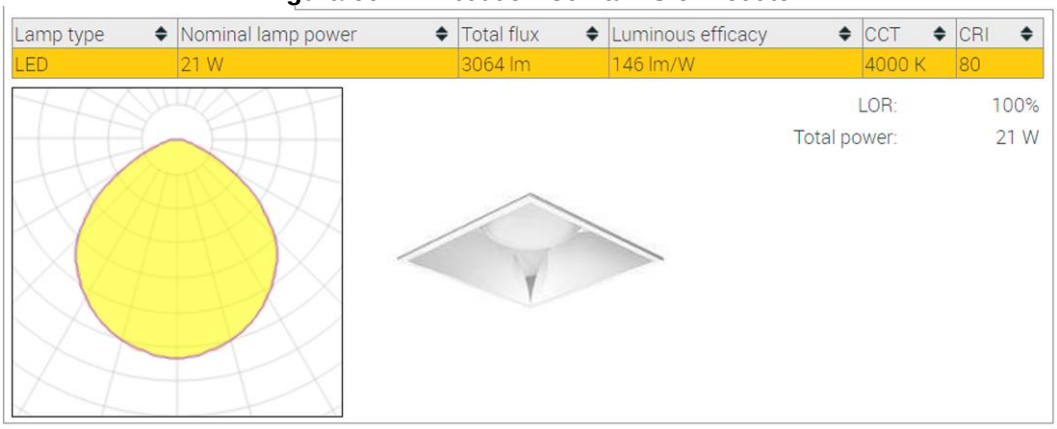
Figura 59 – Pendente - Curva IES e Produto.



Fonte: IES desenvolvido pelo Software - Imagem produto fornecida pela indústria.

Foi feita a remoção completa do ventilador que estava inutilizado e defeituoso. Ele foi substituído por um embutido de LED (Figura 60) de 21W - 3064 lúmens e 4000k, equipado com difusor de acrílico e possui um recuo para reduzir o ofuscamento, proporcionando assim mais conforto para a mãe. Para o caso do refletor improvisado, ele pode ser armazenado para uso em outra ocasião.

Figura 60 – Embutido - Curva IES e Produto.



Lamp type	Nominal lamp power	Total flux	Luminous efficacy	CCT	CRI
LED	21 W	3064 lm	146 lm/W	4000 K	80

LOR: 100%
Total power: 21 W

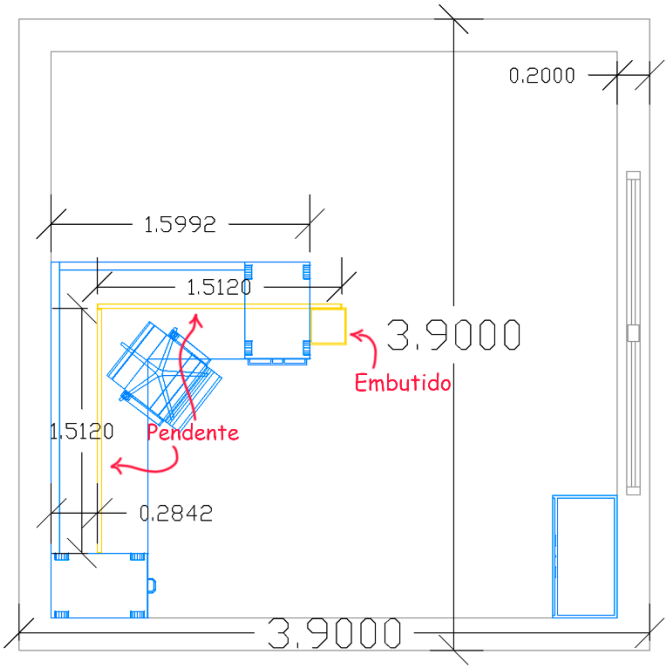
Fonte: IES desenvolvido pelo Software - Imagem produto fornecida pela indústria.

Figura 61 – Render Escritório Depois.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

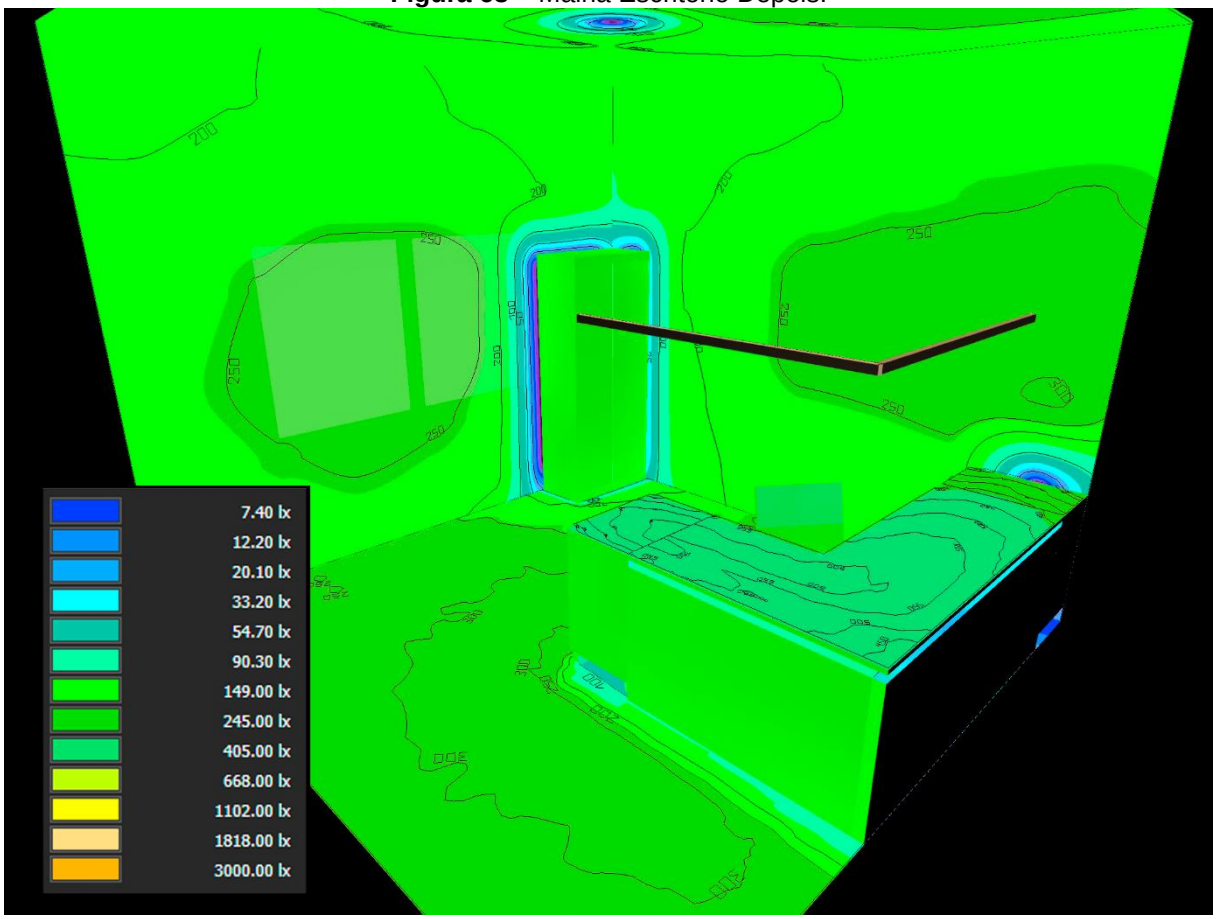
Figura 62 – Planta Escritório Depois.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Explicando a Figura 61 e 62, o *Layout* foi modificado por razões específicas: inicialmente, a presença do pendente poderia criar obstáculos durante a manutenção do ar-condicionado, além de comprometer a estética do ambiente ao ser posicionado diante da janela. Além disso, a luz proveniente do embutido consegue iluminar de forma mais eficiente até a mesa, diminuindo assim a dependência exclusiva do pendente.

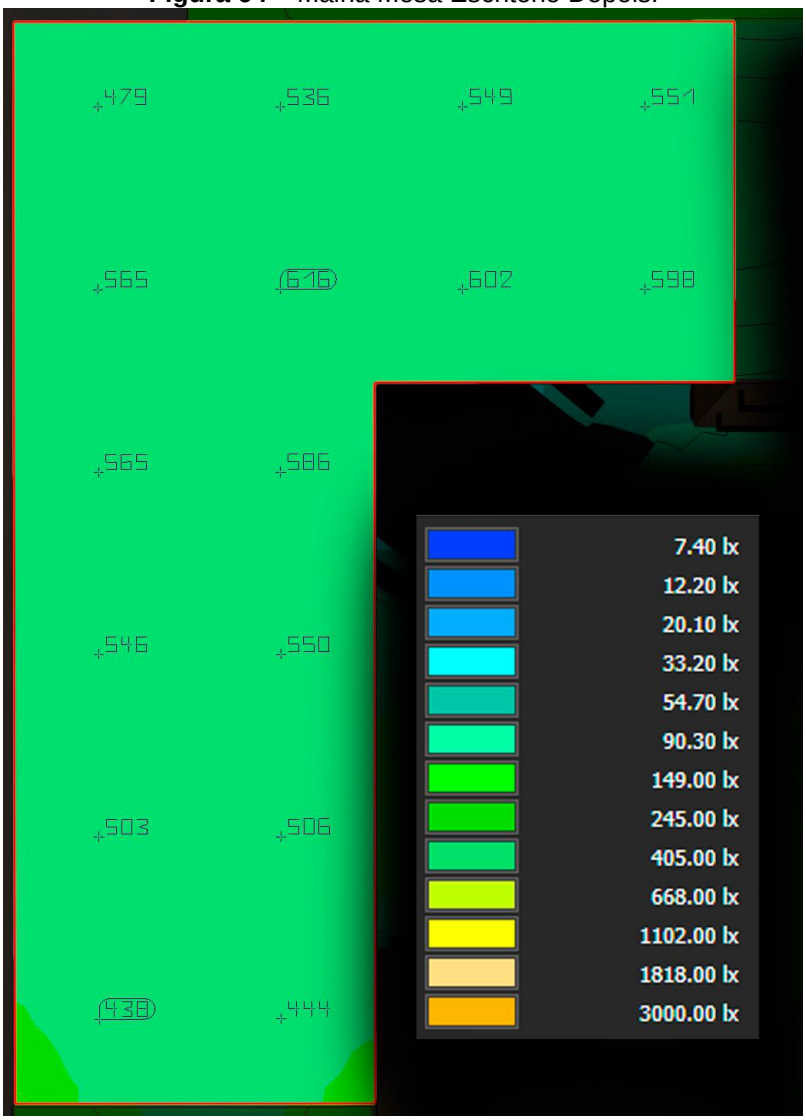
Figura 63 – Malha Escritório Depois.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Observando a Figura 63 em relação a Figura 57 revela um aumento de 100 lux na malha de iluminação do piso. Essa mudança ocorreu devido à substituição de uma luminária rebatedora, que refletia na parede e teto, por uma luminária de teto direcionada para o piso. Esse ajuste resultou em uma iluminação mais eficaz, mantendo-se dentro da média recomendada pela Norma 5413, cujos valores para residências estão disponíveis na Figura 52.

Figura 64 – Malha Mesa Escritório Depois.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Ao comparar a Figura 64 – Malha Mesa Escritório Depois com a Figura 58 – Malha Mesa Escritório Antes, é evidente um aumento significativo na iluminância malha, subindo de uma média de 150 para 550 lux, conforme sugerido pela norma, proporcionando assim uma iluminação de alta qualidade para a mãe. Isso foi alcançado através da aplicação das técnicas estudadas no trabalho, com ênfase na iluminação direta para atividades de trabalho e estudo. Essa adaptação resultou em uma iluminação mais eficiente, permanecendo dentro dos parâmetros recomendados pela Norma 5413, cujos valores para residências podem ser consultados na Figura 52.

Figura 65 – Quadro de Análise Escritório Antes e Depois.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Na análise representada pela Figura 63 - Quadro de Análise Antes e Depois, destacamos um substancial melhoria na iluminância média sobre a mesa de trabalho, aumentando de 189 lux para 537 lux. Similarmente, a iluminância no piso elevou-se de 166 lux para 228 lux. Além disso, foi possível otimizar o uso da luz anteriormente dispersa nas paredes, redirecionando-a para outras áreas, resultando em uma distribuição mais eficiente da iluminação.

O cálculo de lux foi utilizado para garantir conformidade com as normas da NBR 5413, assegurando níveis de iluminação adequados. As imagens finais demonstram a distribuição uniforme de luz, a eliminação de sombras e a criação de um ambiente mais produtivo e esteticamente agradável.

Com a aplicação dessas melhorias, o escritório passou a ter uma iluminação equilibrada e funcional, oferecendo um espaço propício para atividades. A proposta final evidencia como a iluminação adequada pode transformar significativamente um ambiente, agregando valor em termos de estética e de acordo com a norma.

2.7.2. Análise Cozinha

A cozinha é a próxima área a ser analisada. Conforme relatos dos usuários, a área de trabalho apresenta níveis de iluminação satisfatórios. A primeira etapa é realizar um levantamento detalhado do ambiente, registrando todas as medidas

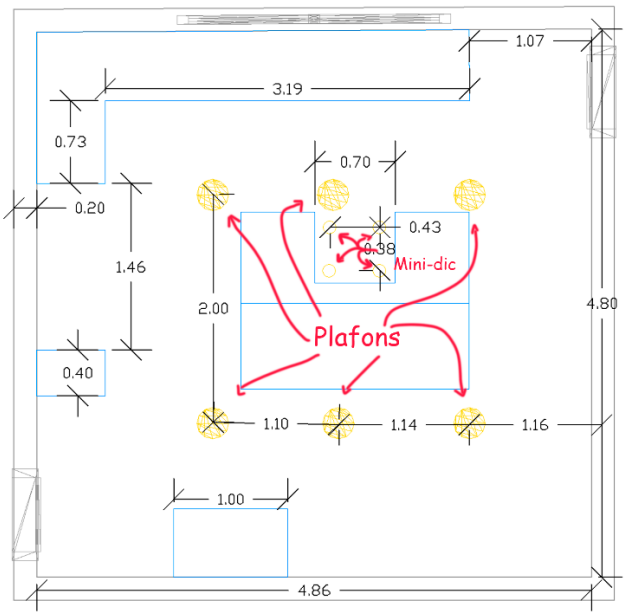
necessárias para criar um modelo preciso. (C=4,85m / L=4,8m / H=2,48m) Isso inclui a medição do comprimento, largura e altura do espaço, além de identificar a posição dos armários, janelas. Esses dados são fundamentais para mapear a distribuição da iluminação e avaliar como diferentes elementos do ambiente podem impactar a iluminação global e as áreas de foco específicas. Na cozinha (Figuras 66 e 67) será feito o estudo da malha de lux da mesa e ambientação em lux de acordo com as normas.

Figura 66 – Cozinha.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 67 – Planta Cozinha.



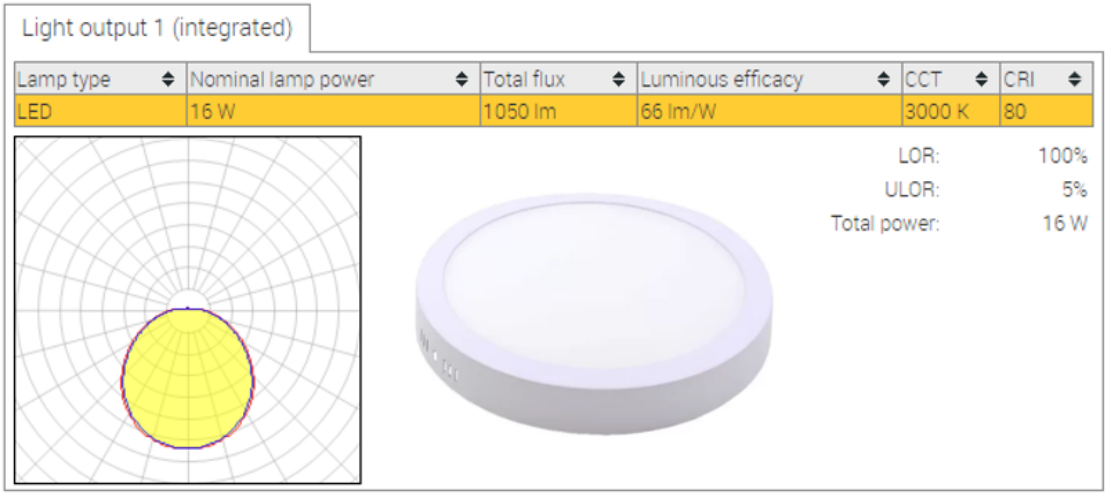
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Assim como falado anteriormente, após coletar essas informações, o próximo passo é transferi-las para um aplicativo de design de iluminação, como o DIALux. Esse software permite criar uma representação virtual do ambiente e simular diferentes cenários de iluminação. Com o DIALux, é possível visualizar como as luminárias afetarão a distribuição da luz no espaço e calcular a quantidade de lux em áreas específicas.

Para que o cálculo de iluminação seja realizado corretamente, é necessário dispor do bloco da luminária e dos dados IES, pois estes elementos possibilitam um detalhamento preciso no software DIALux. Com essas informações, é possível simular a distribuição da luz e fazer uma avaliação adequada do ambiente a ser iluminado, garantindo que os cálculos reflitam as características reais das luminárias. A precisão dos dados é fundamental para assegurar que a solução proposta atenda aos padrões de iluminação e ofereça resultados confiáveis ao longo do projeto.

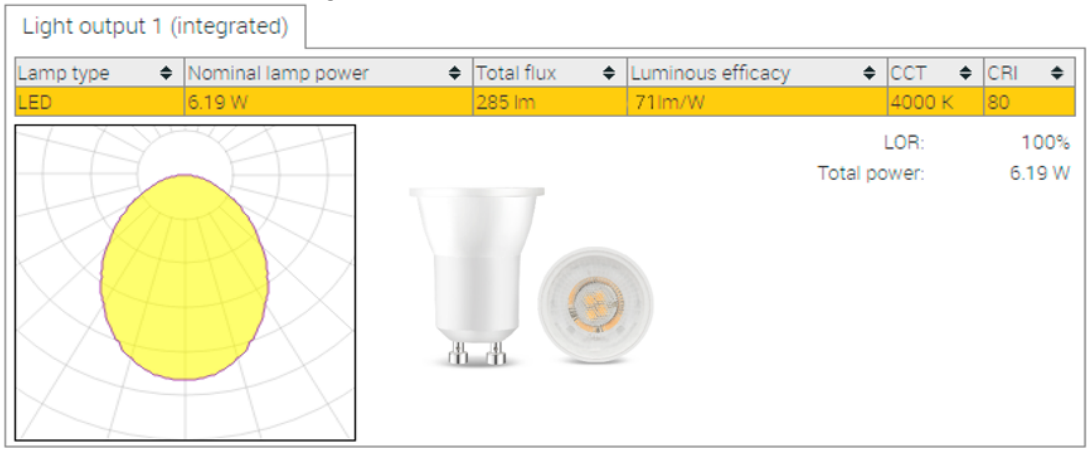
Neste ambiente é utilizado um Plafon16W - 1050 lúmens e 3000k (Figura 68) e no exaustor tem 4 minis dicroicas 4W – 285 lúmens e 2700k (Figura 69).

Figura 68 – Plafon - Curva IES e Produto.



Fonte: IES desenvolvido pelo Software - Imagem produto fornecida pela indústria.

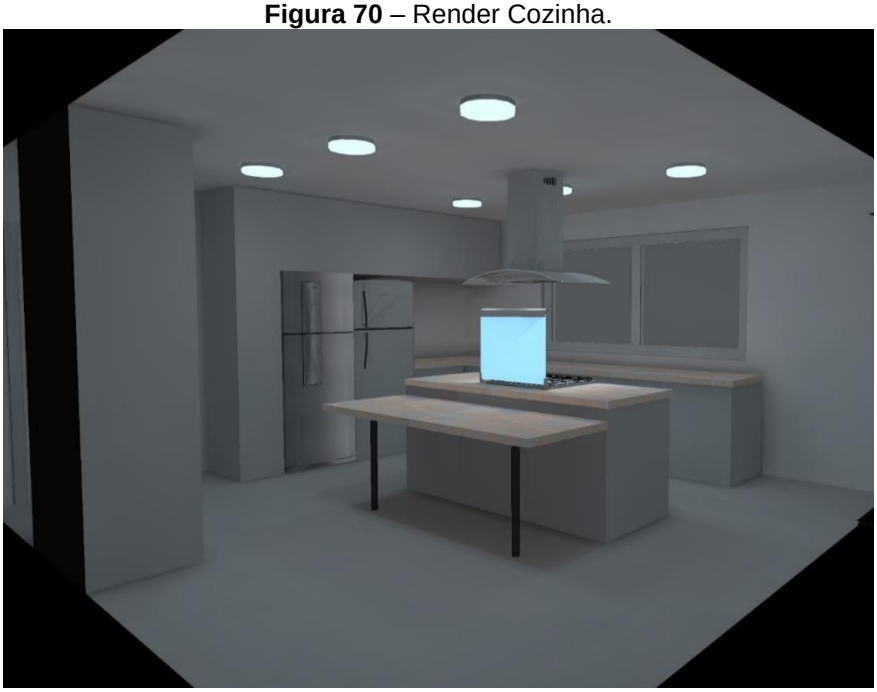
Figura 69 – MR11 - Curva IES e Produto.



Fonte: IES desenvolvido pelo Software - Imagem produto fornecida pela indústria.

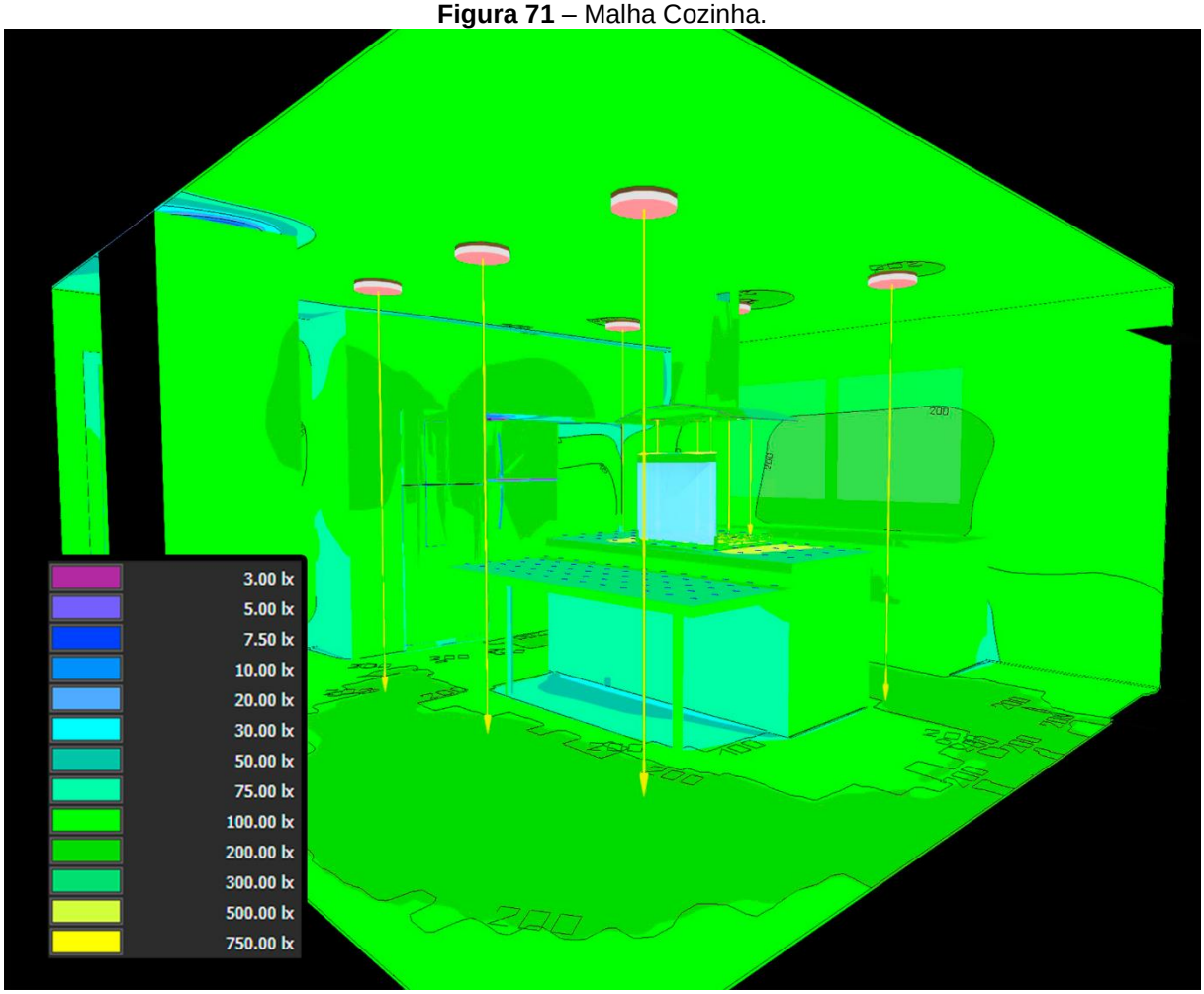
Para demonstrar o espaço de forma detalhada simulando as luminárias pelo Dialux. A Figura 70 ilustra a cozinha renderizada.

Figura 70 – Render Cozinha.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

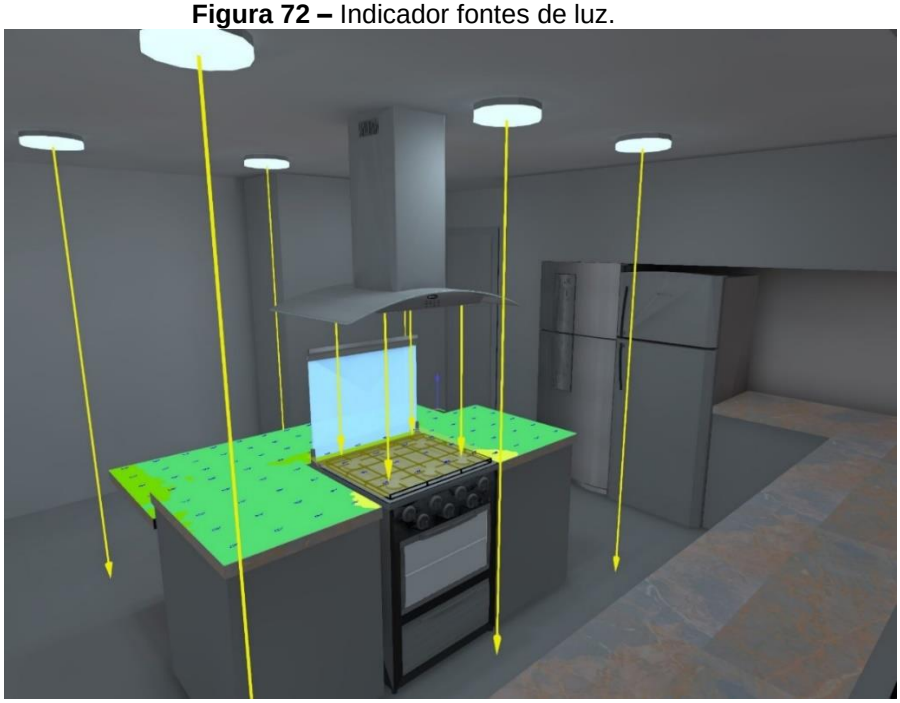
Figura 71 – Malha Cozinha.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A observação inicial analisando a malha do piso na Figura 71, ela esta com 200 luxes, mantendo-se dentro da média recomendada pela Norma 5413, cujos valores para cozinhas em residências que estão disponíveis na Figura 52.

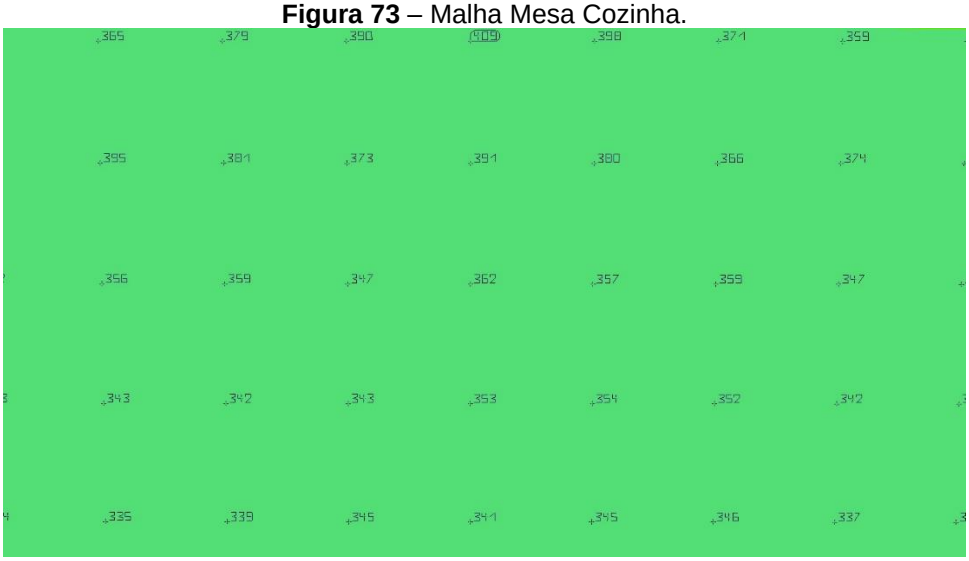
Figura 72 – Indicador fontes de luz.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Na Figura 72 – Indicador Fontes de Luz, tem o intuito de mostrar onde estão as minis dicroicas do exaustor.

Figura 73 – Malha Mesa Cozinha.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Observando a Figura 73 e analisando a malha da mesa, ela está com média de 350 luxes, mantendo-se dentro da média recomendada pela Norma 5413, cujos valores para cozinhas em residências que estão disponíveis na Figura 52.

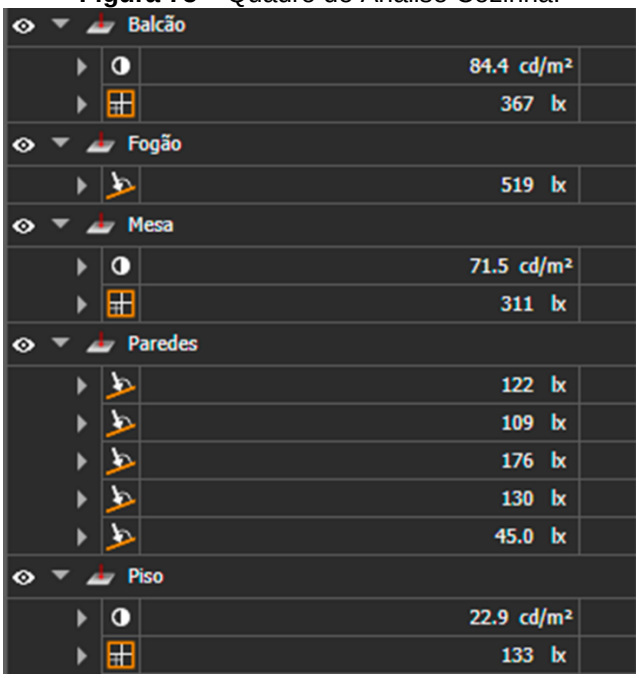
Figura 74 – Malha Fogão.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A observação inicial analisando a malha do Fogão com média de 500 luxes, mantendo-se dentro da média recomendada pela Norma 5413, cujos valores para cozinhas em residências que estão disponíveis na Figura 52.

Figura 75 – Quadro de Análise Cozinha.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

O objetivo desta pesquisa era confirmar se os parâmetros de iluminação da cozinha estavam de acordo com as normas estabelecidas. Desde o início, a família que utiliza a cozinha estava satisfeita com o ambiente e não desejava modificá-lo. Após os cálculos realizados com o aplicativo DIALux, foi confirmado que a iluminação da cozinha atende a todos os requisitos da norma NBR 5413. O ambiente apresenta níveis de iluminância dentro do recomendado, garantindo uma média de lumens apropriada e níveis de luxes adequados para as áreas de trabalho. Com essa confirmação, fica claro que a cozinha está devidamente iluminada para atender tanto às exigências normativas quanto às necessidades funcionais do espaço. A conformidade com a norma NBR 5413 assegura que o ambiente seja seguro e eficiente para a preparação de alimentos e outras atividades relacionadas, conforme Figura 52. Além disso, a família expressou grande satisfação com a experiência luminotécnica, apreciando a qualidade e a eficiência da iluminação. O software DIALux corroborou essa satisfação, validando a conformidade com a norma e destacando as melhorias implementadas. A combinação de cálculos precisos e feedback positivo dos usuários demonstra que a iluminação projetada não só cumpre os requisitos técnicos, mas também proporciona um ambiente agradável e funcional para todos.

2.7.3. Análise Banheiro

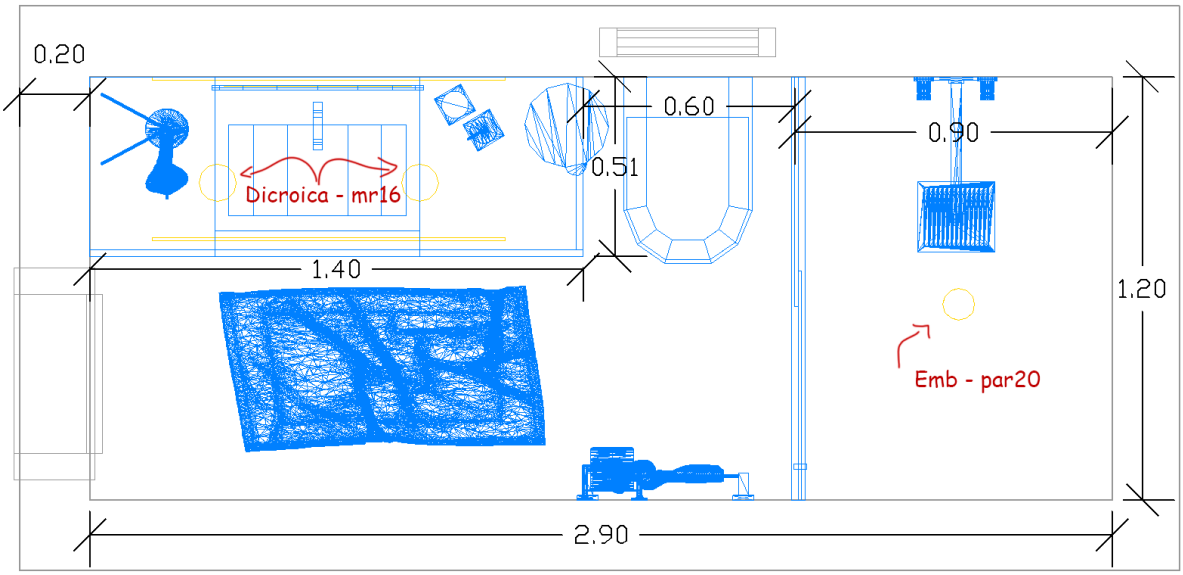
O Banheiro (Figura 76) é a última área a ser analisada. De acordo com os filhos, a área da mesa tem uma boa iluminação, mas há um problema de sombras na parte inferior e iluminação inadequada para o filho se barbear e para a filha se maquiar, devido ao sombreamento causado pela iluminação direta das duas dicroicas. Para abordar essas questões, a primeira etapa será realizar um levantamento detalhado do ambiente, incluindo medidas de comprimento, largura e altura (C=2,9m / L=1,2m / H=2,38m) conforme Figura 77, além de identificar a localização de luminárias, móveis e outros elementos que possam influenciar a distribuição da luz. Com esses dados, faremos um estudo da malha de lux e analisaremos as possíveis soluções para melhorar a iluminação. A partir dessa análise, planeja-se a instalação de fontes de luz adicionais para eliminar as sombras e garantir uma iluminação equilibrada, proporcionando maior conforto e funcionalidade no banheiro.

Figura 76 – Banheiro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Figura 77 – Planta Banheiro.



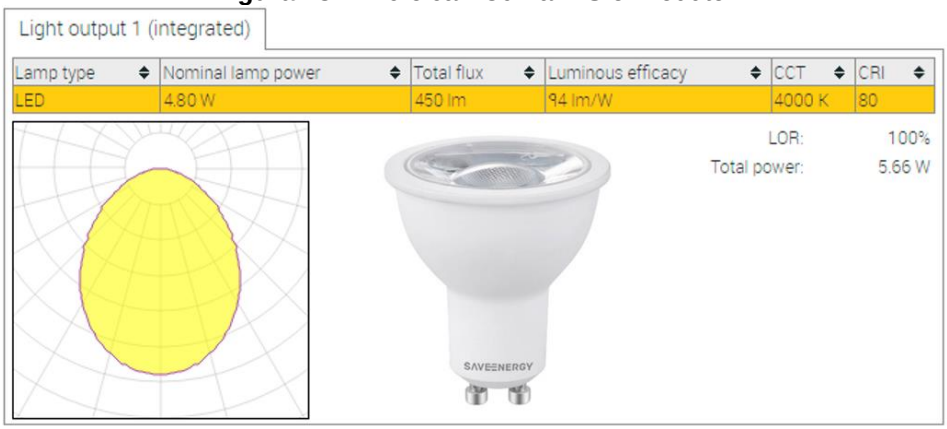
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Depois de coletar essas informações, o próximo passo é transferi-las para um aplicativo de design de iluminação, como o DIALux. Esse software permite criar uma representação virtual do ambiente e simular diferentes cenários de iluminação. Com o DIALux, é possível visualizar como as luminárias afetarão a distribuição da luz no espaço e calcular a quantidade de lux em áreas específicas.

Para que o cálculo de iluminação seja realizado corretamente, é necessário dispor do bloco da luminária e dos dados IES, pois estes elementos possibilitam um detalhamento preciso no software DIALux. Com essas informações, é possível simular a distribuição da luz e fazer uma avaliação adequada do ambiente a ser iluminado, garantindo que os cálculos reflitam as características reais das luminárias. A precisão dos dados é fundamental para assegurar que a solução proposta atenda aos padrões de iluminação e ofereça resultados confiáveis ao longo do projeto.

Na Figura 78 está a Lâmpadas Dicroicas, são utilizadas duas de 4.8W - 450 lúmens e 4000k posicionadas a 2,38m de altura e 1,48m da mesa.

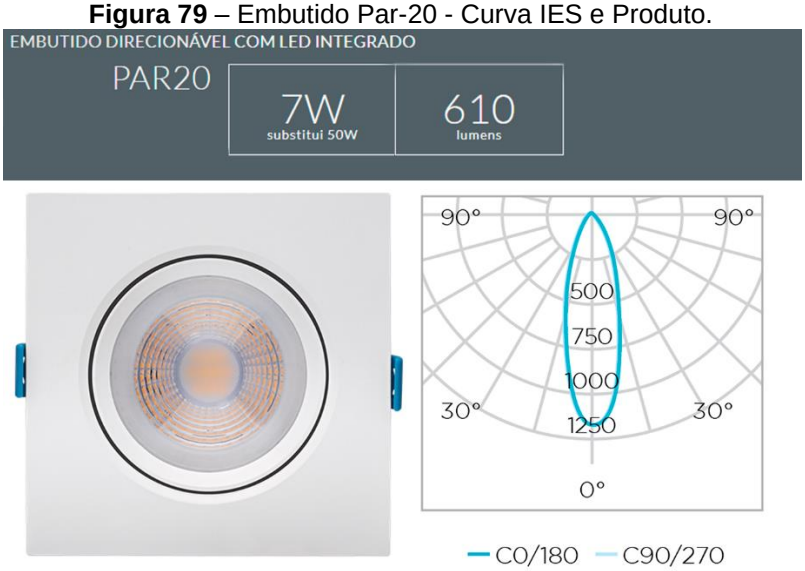
Figura 78 – Dicroica - Curva IES e Produto.



Fonte: IES desenvolvido pelo Software - Imagem produto fornecida pela indústria.

Na Figura 79 está o Embutido Par20 de 7W - 610 lúmens e 3000k posicionado a 2,38m de altura dentro do box do chuveiro.

Figura 79 – Embutido Par-20 - Curva IES e Produto.



Fonte: IES desenvolvido pelo Software - Imagem produto fornecida pela indústria.

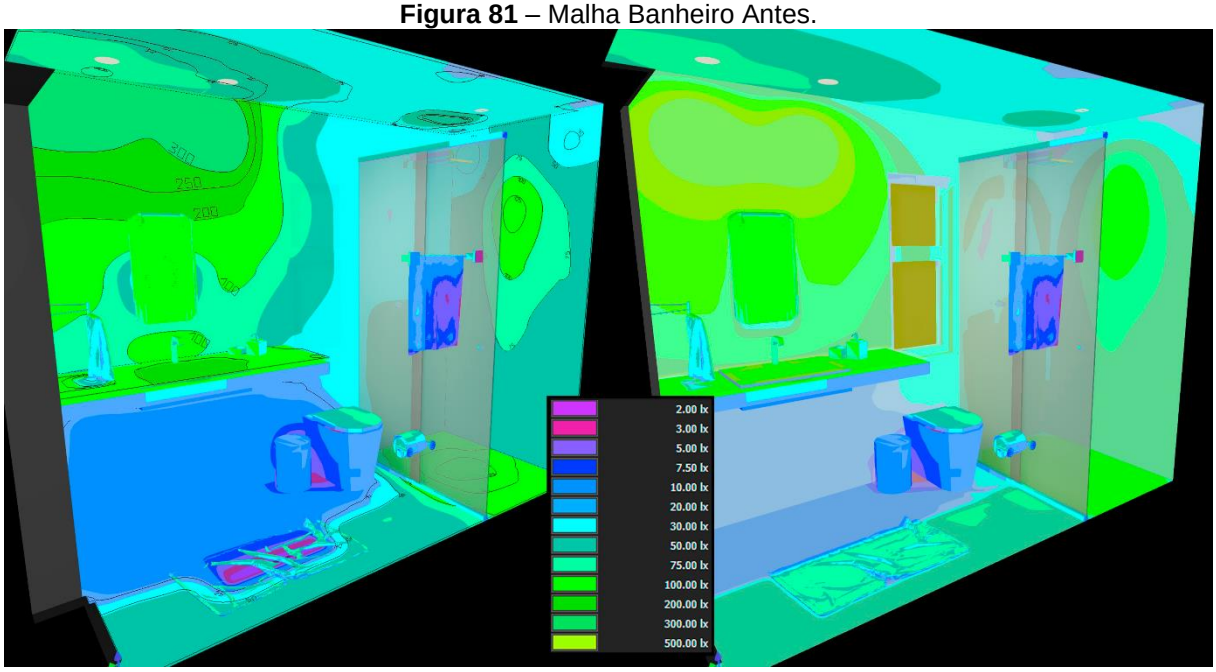
Figura 80 – Render Banheiro Antes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Na Figura 80, podemos ver o banheiro renderizado, apresentando bastante sombra, evidenciando a necessidade das melhorias propostas. O espelho ainda não foi substituído, reforçando a importância da implementação das mudanças planejadas para alcançar os níveis de iluminação desejados. a iluminação utilizada no espelho não é ideal; será feita a alteração para um espelho redondo de 60 cm de diâmetro, com uma fita de LED flexível atrás dele para rebater na parede. Essa solução eliminará qualquer ofuscamento e ainda garantirá uma boa iluminação. Embora as lâmpadas dicroicas atualmente atendam às normas em termos de lux, esteticamente elas criam sombras no rosto de quem estiver usando o espelho, prejudicando a funcionalidade.

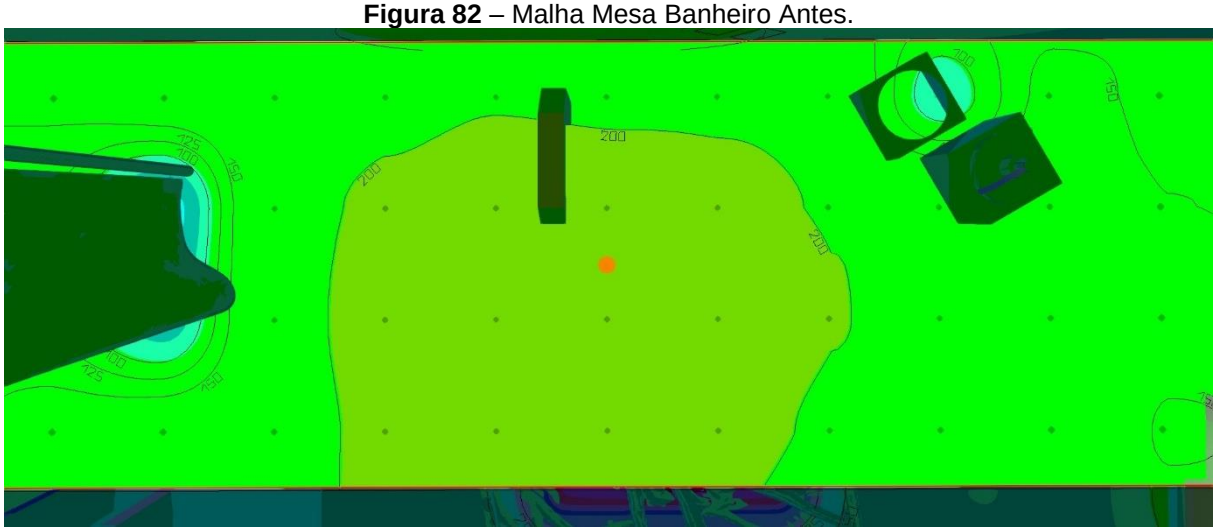
Figura 81 – Malha Banheiro Antes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A análise inicial das malhas do banheiro na Figura 81 revela que as dicroicas têm uma influência significativa na iluminação deste espaço, o que pode estar causando o sombreamento durante as atividades de maquiagem e barbear. Além disso, pode-se notar áreas sombreadas representadas pelos tons roxos na malha, indicando baixa luminância. Isso mantém a iluminação fora da média recomendada pela Norma 5413, cujos valores para banheiros residenciais estão disponíveis na Figura 52.

Figura 82 – Malha Mesa Banheiro Antes.



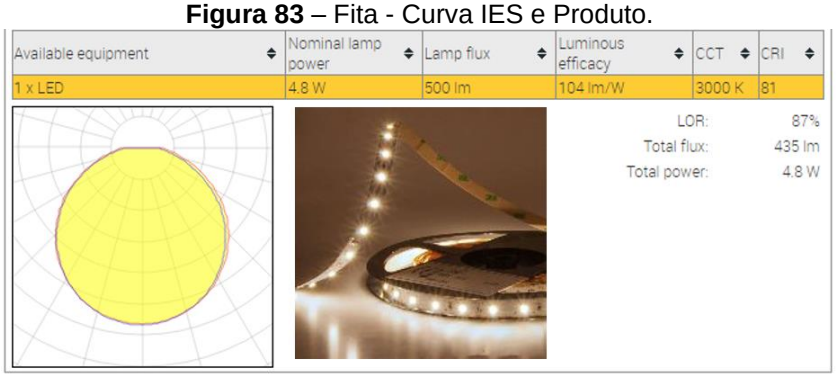
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Após os cálculos realizados com o aplicativo DIALux para o projeto do Banheiro, foi identificada uma conformidade da malha de lux na área da pia (Figura 82) com as recomendações da norma NBR 5413. No entanto, a análise revelou uma deficiência luminosa no piso, onde a média de lux ficou abaixo dos níveis necessários para garantir segurança e visibilidade adequadas. Esse resultado sugere a necessidade de ajustes no projeto de iluminação para cumprir as normas e evitar riscos potenciais, como tropeços ou quedas. Para corrigir essa deficiência, pode-se considerar a instalação de fontes de luz adicionais para assegurar uma distribuição adequada da luz em todo o piso. Com essas mudanças, o Banheiro se alinhará aos padrões recomendados, proporcionando um espaço seguro e confortável para os usuários. Além disso, a iluminação utilizada no espelho não é ideal; será feita a alteração para um espelho redondo de 60 cm de diâmetro, com uma fita de LED flexível atrás dele para rebater na parede. Essa solução eliminará qualquer ofuscamento e ainda garantirá uma boa iluminação. Embora as lâmpadas dicroicas atualmente atendam às normas em termos de lux, esteticamente elas criam sombras no rosto de quem estiver usando o espelho, prejudicando a funcionalidade. A nova configuração proporcionará uma iluminação uniforme e agradável para os filhos do espelho.

2.7.3.1. Ajuste Banheiro

Duas fitas de LED de 4.8W/m - 500 lúmens e 3000k foram adicionadas ao ambiente (Figura 83), posicionadas a 0,85m de altura abaixo da mesa de mármore. Essas fitas proporcionam uma iluminação discreta do piso, sem causar ofuscamento para quem utilizar o banheiro.

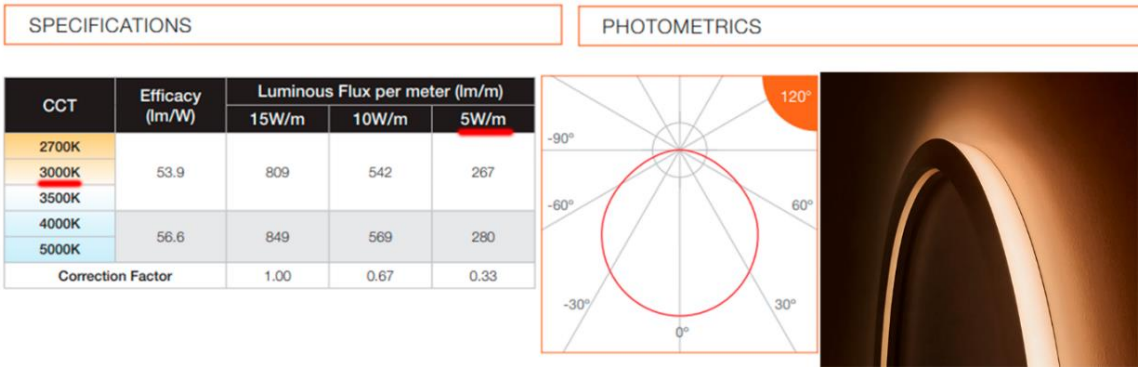
Figura 83 – Fita - Curva IES e Produto.



Fonte: IES desenvolvido pelo Software - Imagem produto fornecida pela indústria.

Para resolver o problema de iluminação no espelho, foi feita a troca por um modelo redondo de 600mm de diâmetro, com uma fita flexível (Figura 84) de 5W/m e 267 lm/m a 3000k instalada atrás do espelho. Essa solução cria um efeito de luz refletida sem causar ofuscamento, eliminando o sombreamento pesado que as dicroicas causavam anteriormente.

Figura 84 – Fita Flexível Espelho - Curva IES e Produto.



Fonte: IES desenvolvido pelo Software - Imagem produto fornecida pela indústria.

Figura 85 – Render Banheiro Depois.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Na imagem 85 pode-se ver o render onde ilustra o resultado do banheiro após a aplicação dos estudos e análises realizados. Observa-se que as alterações

propostas melhoraram significativamente a iluminação, proporcionando um ambiente mais equilibrado e funcional. As fitas de LED posicionadas estrategicamente abaixo da mesa de mármore criam uma iluminação uniforme e discreta no piso, sem causar ofuscamento. Além disso, o novo espelho redondo com iluminação de fundo corrige o sombreamento pesado conforme apresentado na Figura 86 de estudo em Laboratório, oferecendo uma luz mais suave e homogênea para tarefas como maquiagem e barbear. Essas melhorias destacam a eficácia das soluções implementadas, resultando em um espaço mais agradável e confortável.

Figura 86 – Teste Luz Laboratório.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

As Figuras 85 e 86 ilustram, respectivamente, o resultado renderizado e a comparação antes e depois do estudo de laboratório do escritório Roblight.

A Figura 86 mostra a diferença entre a iluminação original, que utilizava dicroicas diretas, e a nova configuração com a fita de LED posicionada atrás do espelho. A comparação evidencia a eficácia da nova solução em eliminar o sombreamento pesado que dificultava tarefas como maquiar-se e barbear-se. A fita de LED, com seu efeito de rebate, proporciona uma luz mais suave e homogênea, melhorando significativamente a qualidade da iluminação no espaço.

Essas imagens demonstram a importância de um planejamento adequado de iluminação, onde a escolha correta das fontes de luz e sua disposição no ambiente

podem transformar completamente a experiência dos usuários, tornando o espaço mais agradável e funcional.

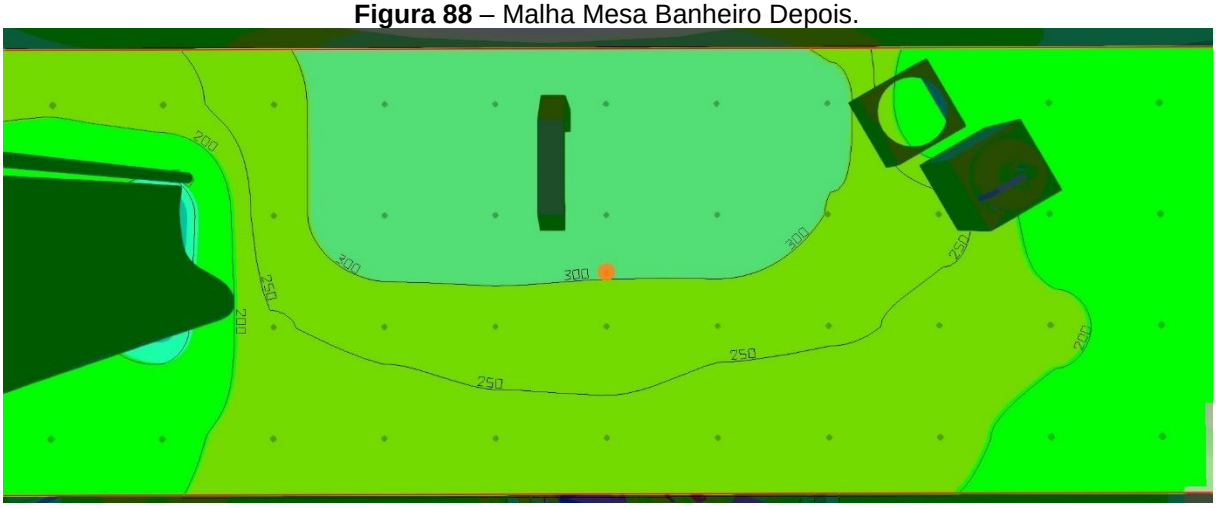
Figura 87 – Render Visão Fita Aplicada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Na Figura 87, tem o intuito de mostrar onde estão as fitas de Led embaixo da mesa de Mármore.

Figura 88 – Malha Mesa Banheiro Depois.

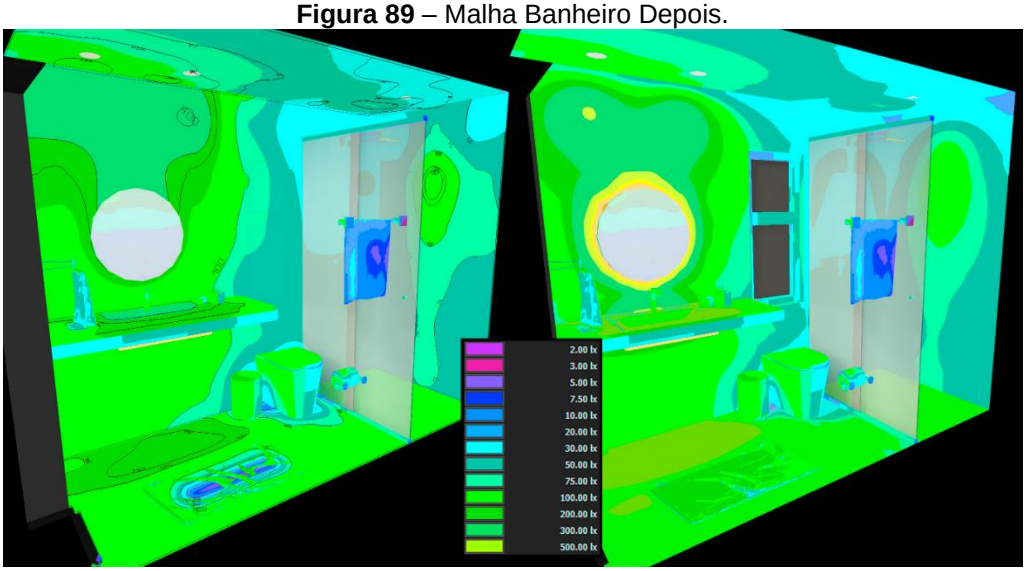


Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Na Figura 88, nota-se um leve aumento de 100 lux na média devido à adição da fita flexível na parede, o que contribuiu para melhorar a iluminação sem ultrapassar

os limites estabelecidos pela NBR 5413, que seria uma média de 200 a 500 lux conforme Figura 52.

Figura 89 – Malha Banheiro Depois.

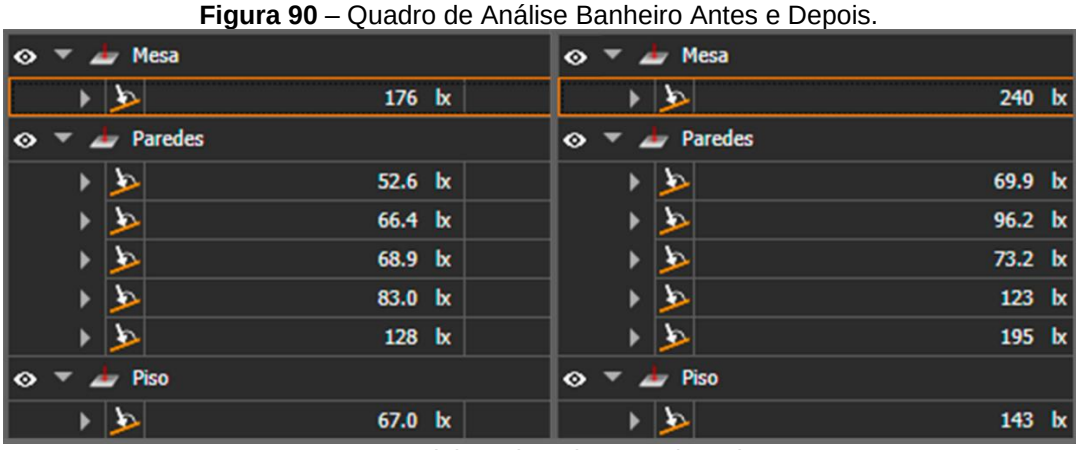


Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

De acordo com a Figura 89 nota-se conformidade da malha de lux na área da mesa foi mantida de acordo com as recomendações da norma NBR 5413. Com a instalação de fontes de luz adicionais para corrigir a deficiência luminosa no piso, a média de lux foi elevada, garantindo níveis adequados para segurança e visibilidade.

A alteração da iluminação do espelho, substituindo-o por um espelho redondo de 60 cm de diâmetro com uma fita de LED flexível instalada atrás para rebater na parede, eliminou o ofuscamento e proporcionou uma iluminação uniforme. Essa solução resolveu o problema das sombras no rosto de quem utiliza o espelho, criando um ambiente mais funcional e esteticamente agradável.

Figura 90 – Quadro de Análise Banheiro Antes e Depois.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A Figura 90 representa o Quadro de Análise Média Geral de Lux do ambiente para fazer um estudo geral, onde se pode notar que o lux médio da mesa subiu de 176lx para 240lx devido à adição da fita flexível na parede, o que contribuiu para melhorar a iluminação sem ultrapassar os limites estabelecidos pela NBR 5413 e o piso, que estava abaixo da norma com 67lx, foi ajustado para o valor correto de 143lx.

As soluções implementadas no banheiro, incluindo a introdução de fitas de LED abaixo da mesa de mármore e a instalação de uma fita de LED flexível atrás do espelho para eliminar sombras indesejadas no rosto dos filhos. A iluminação foi projetada utilizando o cálculo de lux, garantindo conformidade com as normas da NBR 5413 e assegurando níveis de iluminação adequados.

O Ajuste demonstra a distribuição uniforme da luz e a eliminação das sombras que prejudicavam tarefas como maquiar-se e barbear-se. Com essas melhorias, o banheiro passou a ter uma iluminação funcional e segura, evidenciando como uma abordagem adequada pode transformar significativamente um ambiente. A proposta final destaca o valor funcional da iluminação, em conformidade com as normas estabelecidas.

Esse processo é essencial para identificar problemas de iluminação, como áreas com sombras indesejadas, excesso de luz ou falta de iluminação em áreas críticas. O uso do aplicativo DIALux permite explorar várias opções de iluminação para encontrar a solução ideal, considerando tanto aspectos funcionais.

Ao concluir a modelagem no DIALux, o resultado é uma representação precisa do ambiente com uma proposta detalhada de iluminação, que orienta a implementação no local real. Este procedimento assegura que as soluções atendam às normas de iluminação e proporcionem um ambiente confortável.

3 CONCLUSÃO

Ao longo deste estudo, exploramos a rica história da iluminação, desde suas origens até as complexidades da iluminação contemporânea. A evolução dos termos técnicos, como lumens, lux, temperatura de cor, efeitos luminotécnicos e cálculos associados, revelou-se crucial para compreendermos a ciência por trás da iluminação. Analisamos a influência da luz na arquitetura e no *design* de interiores, destacando sua importância não apenas funcional, mas também estética e emocional. Na proposta desenvolvida, foi focado exclusivamente nos aspectos técnicos da iluminação conforme solicitado pelo contratante, sem considerar as abordagens emocionais.

A proposta prática de transformar ambientes específicos, como banheiro, cozinha e escritório, demonstrou de maneira tangível como a iluminação inadequada pode prejudicar a qualidade desses espaços. No banheiro, por exemplo, uma iluminação mal planejada resultou em sombras no rosto ao se barbear ou maquiar, e sombras sob a pia, dificultando a visualização. A utilização de uma luminária improvisada também não fornecia a iluminação adequada. No escritório, a iluminação deficiente causava cansaço visual, prejudicando a produtividade e o conforto. Por outro lado, a cozinha foi um exemplo de como a iluminação adequada pode fazer uma diferença significativa. A utilização do software DIALux permitiu confirmar que os parâmetros de iluminação estavam corretos, atendendo aos níveis de lux recomendados pela norma NBR 5413. A família, satisfeita com o ambiente desde o início, teve sua percepção positiva corroborada pelas análises técnicas, demonstrando a importância de ferramentas precisas para validar a qualidade da iluminação. A apresentação visual do “antes e depois” ressalta não apenas as deficiências anteriores, mas também as melhorias substanciais alcançadas por meio da aplicação correta de luminárias e técnicas luminotécnicas, evidenciando o impacto positivo de uma iluminação bem projetada.

A proposta deste trabalho focou nos aspectos técnicos da iluminação, enfatizando a aplicação correta de acordo com as normas e destacando na pesquisa a importância de uma luz bem aplicada para a saúde e o bem-estar, especialmente ao considerar a temperatura de cor e o ciclo circadiano. Concluímos que a iluminação

vai além de simplesmente fornecer luz; é uma ferramenta crucial que impacta diretamente nossa saúde e segurança quando aplicada de acordo com as normas, prevenindo sombras que dificultem a circulação. A proposta técnica desenvolvida visou corrigir deficiências luminosas e garantir conformidade com as normas estabelecidas, destacando a relevância de uma iluminação adequada para criar ambientes funcionais e seguros.

Assim, ao encerrar este estudo, reforçamos a importância contínua de aprimorar nossos conhecimentos sobre iluminação, abraçando a evolução tecnológica e aplicando-a de maneira consciente na criação de ambientes mais saudáveis, esteticamente agradáveis e funcionalmente eficientes. Este trabalho visa contribuir para o entendimento abrangente da iluminação na atualidade, oferecendo *insights* valiosos para profissionais e acadêmicos interessados no fascinante mundo da luminotécnica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT]. NBR 5413: Iluminância de interiores. ABNT. 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT]. NBR/ISO 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior. ABNT. 2013.

Brock, D. Edison and the electric chair: A story of light and death. Random House. 2008.

Friedel, R., & Israel, P. Edison's electric light: Biography of an invention. Rutgers University Press. 1986.

Ganslandt, R., & Hofmann, H. Handbook of lighting design. ERCO.1992.

McNeill, J. R. Something new under the sun: An environmental history of the twentieth-century world. W. W. Norton & Company. 2010.

Miller, G. T., & Spoolman, S. Living in the environment. Cengage Learning. 2009.

Narendran, N. Solid-state lighting: An overview. SPIE Press. 2002.

Rea, M. S. The IESNA lighting handbook. Illuminating Engineering Society of North America. 2000.

Schivelbusch, W. Disenchanted night: The industrialization of light in the nineteenth century. University of California Press. 1995.

Smith, K. Fluorescent lamps and ballasts: Technology and troubleshooting. Fairmont Press. 2004.