

Autores: Joyce de Araújo Mendonça (organizadora)

Larissa Alvarenga
Málake Semaan
Cecília Formiga
Maria Eduarda Silvestre
Mariana Araújo

A LUZ: CONCEITOS E EFEITOS



Catálogo

Autores

Joyce de Araujo Mendonça (organizadora)
Larissa Alvarenga Candia
Málake William Semaan
Mariana Araújo
Cecília Campos Formiga
Maria Eduarda Silvestre Naoum

1ª Edição - 2026
Equipe Editorial

Reitor

Pio Pacelli Moreira Lopes

Revisão gramatical e idioma
Larissa Alvarenga Candia

Normatização

Biblioteca Reitor João Herculino

Projeto gráfico

Málake Semaan(ilustração)
Larissa Alvarenga Cândia(diagramação e design)

Coordenação do Projeto

Prof. Ma. Joyce Araujo Mendonça

Disciplina

Laboratório de Arquitetura, Som e Luz
1º Semestre-2026 – Turma A

Introdução

Este e-book nasceu da experiência criada em sala de aula com alunos da disciplina Laboratório de Arquitetura, Som e Luz, do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário de Brasília (CEUB), sob a orientação da arquiteta Prof.^a M^a. Joyce de Araujo Mendonça. Esta atividade é parte integrante do trabalho final do semestre letivo 01/2026, tendo como objeto o estudo do conforto ambiental, sob aspecto do conforto luminoso e acústico.

Com o propósito de promover a aprendizagem e a fixação dos conteúdos, normas e medidas relativas ao conforto, este trabalho utilizou o método colaborativo através do trabalho em grupo desenvolvido em sala de aula. A estratégia consistiu em reunir os alunos para, coletivamente, elaborarem compilações e resumos do conteúdo apresentado ao longo da disciplina.

O processo de criação coletiva se mostrou responsável pelo aprofundamento do conteúdo e essa metodologia permitiu que os estudantes se dedicassem a temas como: Iluminação: fontes de luz artificial, percepção visual, aberturas laterais e zenitais, aspectos físicos da luz, bem como a aplicação de normas e orientações técnicas; e som: qualidade do som em um ambiente, poluição sonora, comportamento e soluções acústicas e tratamento acústico. O grupo realizou pesquisas e discussões acerca do conteúdo apresentado, envolvendo leitura dos materiais disponibilizados pela docente, consulta a fontes complementares e troca de ideias entre os membros. A interação entre os alunos mostrou-se fundamental para a compreensão dos conceitos.

Após a fase de pesquisa, os grupos iniciaram a elaboração de resumos, com a organização das informações de maneira simples, clara e objetiva. Os alunos utilizaram esquemas, gráficos e exemplos práticos para ilustrar os pontos principais, sendo que a inclusão de ilustrações e diagramas foi um facilitador para a compreensão visual dos conteúdos.

Boa leitura!



Ficha de identificação da obra

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Mendonça, Joyce Araujo.
A LUZ: CONCEITOS E EFEITOS

Joyce Araújo Mendonça, organizadora – Brasília: UniCEUB, 2026.
29 p.: il.

ISBN 978-85-7267-267-2

Conforto. 2. Arquitetura. 3. Iluminação

I. CEUB. II. TITULO

CDU 72.01

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Reitor João Herculino

Sobre a autora

JOYCE DE ARAUJO MENDONÇA

Também conhecida como Fatah Mendonça - Possui Graduação em ARQUITETURA E URBANISMO - Faculdades Metodistas Integradas Isabela Hendrix, Belo Horizonte MG. Graduação em DESENHO INDUSTRIAL pela Fundação Mineira de Arte, Belo Horizonte MG. Pós-Graduação Lato Sensu, em nível de Especialização, em Docência do Ensino Superior pela Faculdade de Tecnologia de Palmas/TO. Mestrado - Curso de Maestría en Ciencias de la Educación – Asunción pela UNIVERSIDAD DEL SOL – UNADES. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo pelo UNICEUB – Brasília - DF Durante 8 anos atuou como arquiteta, da Rede Sarah de Hospitais, no desenvolvimento de projetos de arquitetura, acompanhamento de obras e projetos de equipamentos locomotores na unidade – EquipHos e no ano de 2014 como consultora da Rede. Na UNB (Universidade de Brasília) fez parte da equipe que desenvolveu projetos para o Campus da Universidade, entre eles o Centro Comunitário Athos Bulcão e a reforma do CET Centro em Excelência e Turismo. Professora no Curso de Teatro da Fundação Brasileira de Teatro/Faculdade Dulcina, nas disciplinas “Cenografia” e “Indumentária e Caracterização” de março de 1998 a julho de 2005 Professora no curso de Arquitetura e Urbanismo na UNICEPLAC – Brasília, nas disciplinas Projeto de Arquitetura e Conforto ambiental desde fevereiro de 2011 Professora no curso de Arquitetura e Urbanismo na IESPLAN – Brasília, nas disciplinas Projeto de Arquitetura desde março de 2013 até 2017. Professora no curso de Arquitetura e Urbanismo na UNICEUB – Brasília, nas disciplinas Projeto de Arquitetura, Projeto de Urbanismo e Projeto de Paisagismo, desde agosto de 2014 Consultora externa na Coordenação Geral de Urgência e Emergência (CGUE) -Ministério da Saúde de 2008 a 2012 – Consultora da Organização Panamericana de Saúde (OPAS) de 2008 a 2012. Programa Brasil-Haiti (Coordenação-Geral de Cooperação Técnica Prestada a Países em Desenvolvimento (CTPD) - Agência Brasileira de Cooperação – ABC / Ministério das Relações Exteriores), executou estudos preliminares de projetos de arquitetura da “Unidade Mista de Saúde” e "Instituto Haiti - Brasil de Reabilitação de Pessoas com Deficiência" em 2010. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Projeto de Arquitetura e Urbanismo, atuando principalmente nos seguintes temas: Arquitetura Residencial, Arquitetura Comercial, Arquitetura Hospitalar, Desenho Industrial, Urbanismo, Cenografia/Direção de Arte (teatro e cinema) e Ensino Superior.

Índice

Capa	01
Introdução.....	02
Índice.....	05
Capítulo I — Introdução ao Conforto Luminoso	06
Capítulo II — Aspectos Físicos da Luz e suas Grandezas	07
Capítulo III — Percepção Visual: O Olho Humano e a Luz Natural	10
Capítulo IV — Iluminação Lateral e Zenital	12
Capítulo V — Fontes de Luz Artificial	15
Capítulo VI — Normas e Códigos: Medição da Iluminação	18
Capítulo VII — Exercícios práticos	21
Referências Bibliográficas	26

A LUZ: CONCEITOS E EFEITOS

Capítulo I - Introdução ao Conforto Luminoso

Definição de Conforto Luminoso: A relação entre a visão sem esforço e o bem-estar.

A iluminação natural, proveniente da luz do dia, é um dos principais elementos que influenciam a qualidade dos espaços arquitetônicos. Sua eficiência está relacionada a fatores como a orientação solar, as características das aberturas, os materiais e as cores do ambiente. Além disso, sua disponibilidade varia conforme a localização geográfica, o clima e o entorno, tornando sua incidência dinâmica ao longo do dia e das estações.

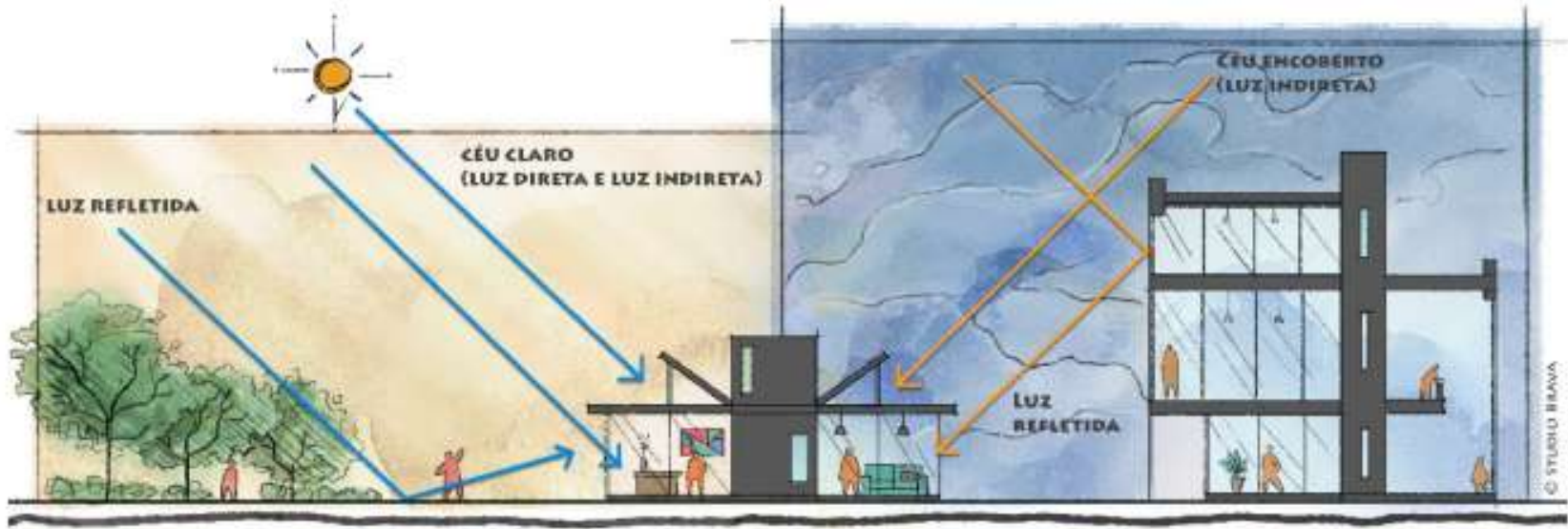


Figura 1: Exemplificação do conforto luminoso no cotidiano

No contexto da arquitetura, o aproveitamento da luz natural é fundamental, pois contribui para a redução do uso de iluminação artificial e melhora significativamente o conforto visual e o bem-estar dos usuários. A luz natural facilita a visão, reduz o esforço dos olhos e a fadiga visual, além de melhorar o desempenho em atividades que exigem precisão e atenção. Também valoriza a percepção das formas, cores e volumes, qualificando os ambientes internos.

A relação entre iluminação e bem-estar está diretamente ligada ao funcionamento do sistema visual e à forma como o cérebro processa as informações. Quando a iluminação é adequada, há menor sobrecarga visual, favorecendo a concentração, o desempenho cognitivo e o equilíbrio emocional. Por outro lado, condições inadequadas, como excesso de luz, ofuscamento ou baixa iluminância, podem causar desconforto, cansaço ocular e redução da eficiência nas atividades.

Nesse sentido, destaca-se o conceito de visão sem esforço, que ocorre quando há equilíbrio nos níveis de iluminação, boa distribuição da luz e ausência de contrastes excessivos. Essas condições permitem que o usuário realize tarefas visuais com conforto e precisão. Além disso, é importante diferenciar conforto visual, relacionado a aspectos técnicos como iluminância e ofuscamento, de conforto luminoso, que abrange também fatores subjetivos, como a percepção e a satisfação dos usuários.

A iluminação natural também exerce impactos mais amplos, influenciando o humor, a produtividade e o ciclo circadiano. O contato com o exterior, proporcionado pelas aberturas, contribui para a redução do estresse, melhora a orientação espacial e evita a monotonia dos ambientes internos. No entanto, quando mal planejada, a luz natural pode gerar desconfortos, como ofuscamento e contrastes excessivos, tornando necessário o uso de estratégias como dispositivos de sombreamento e o correto posicionamento das aberturas.

1. A influência da luz nos Ritmos Biológicos e no Bem - Estar Humano

Um fator fundamental do sistema visual humano está relacionado ao ciclo circadiano, responsável pela regulação do sistema biológico e pela produção da melatonina, conhecida como o “hormônio do sono”. Sua principal função é organizar o ritmo diário de luz e escuridão, além de coordenar as funções corporais dentro de um ciclo aproximado de 24 horas.

Pesquisas científicas nas áreas de biologia, fisiologia e neurociência, especialmente ao longo do século XXI, demonstraram que a importância da luz para o ser humano vai além da visão e da percepção física e emocional do espaço. A luz também atua na modulação de processos biológicos essenciais, influenciando diretamente a saúde e o funcionamento do organismo.

Nesse contexto, observa-se uma relação direta entre iluminação e desempenho humano, que pode ser analisada a partir de três principais perspectivas: o funcionamento do sistema visual, as condições de conforto visual e os estímulos relacionados à percepção ambiental (Soares, 2019). Esses aspectos evidenciam que a qualidade da luz impacta não apenas a capacidade de enxergar, mas também a forma como os indivíduos percebem, interpretam e respondem ao ambiente.



Figura 2: Ciclo circadiano

Dessa forma, os efeitos visuais e emocionais da iluminação se associam aos seus efeitos não visuais, resultando em abordagens projetuais mais integradas, como a Iluminação Centrada no Ser Humano (Human Centric Lighting – HCL). Esse conceito propõe o desenvolvimento de sistemas de iluminação que atendam às necessidades naturais do ciclo biológico humano, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida, do bem-estar e da saúde dos usuários.

Capítulo II - Aspectos físicos da luz e suas grandezas

Tratado de Luminotécnica: Fundamentos Físicos e Grandezas

1. A Natureza Dual da Radiação Luminosa

Luz é uma radiação eletromagnética capaz de estimular o sistema visual humano. De uma perspectiva acadêmica, a luz pode ser compreendida por meio de uma abordagem dualista: ela se manifesta tanto como uma onda (a propagação de energia no vácuo e em um meio material) quanto como uma partícula (fótons, quando interagem com a matéria).

A luz é definida como radiação eletromagnética capaz de produzir a sensação visual de brilho no olho humano. De uma perspectiva física, a luz é uma onda eletromagnética e suas características incluem:

- Frequência (f): O número de oscilações por segundo, medido em Hertz (Hz).
- Período (T): O tempo necessário para completar uma oscilação completa, o inverso da frequência ($T = 1/f$).
- Comprimento de onda (λ): A distância entre duas cristas ou vales adjacentes da onda.
- Amplitude (A): A altura da onda, que determina a intensidade da energia transmitida; quanto maior a amplitude, mais forte a luz.

O espectro visível ocupa uma faixa muito estreita em todo o espectro eletromagnético, aproximadamente entre 380 e 780 nanômetros.

Curva de sensibilidade à luz visível: É importante notar que o olho humano não é igualmente sensível a todos os comprimentos de onda da luz. Em condições fotópicas (luz solar), o olho humano é mais sensível ao espectro amarelo-esverdeado (aproximadamente 555 nanômetros).



Figura 3: Luz e seus efeitos

2. Comportamento da Luz e sua Interação com a Matéria

Quando a energia luminosa incide sobre a superfície de um objeto, ocorre uma série de transformações regidas pelas leis da óptica física:

- Reflexão: O processo pelo qual a luz retorna ao seu meio original. A reflexão pode ser especular (em uma superfície perfeitamente polida, como um espelho) ou difusa (em uma superfície rugosa, a luz se dispersa em múltiplas direções). Em projetos arquitetônicos, a reflexão difusa é crucial para garantir a uniformidade da luz.
- Absorção: O processo pelo qual a energia luminosa é convertida em energia térmica. A cor de um objeto depende da absorção de certos comprimentos de onda da luz no espectro e da reflexão de outros.
- Transmissão: O processo pelo qual a luz passa através de um meio (como vidro ou policarbonato). A transmissão pode ser direta, difusa ou seletiva.

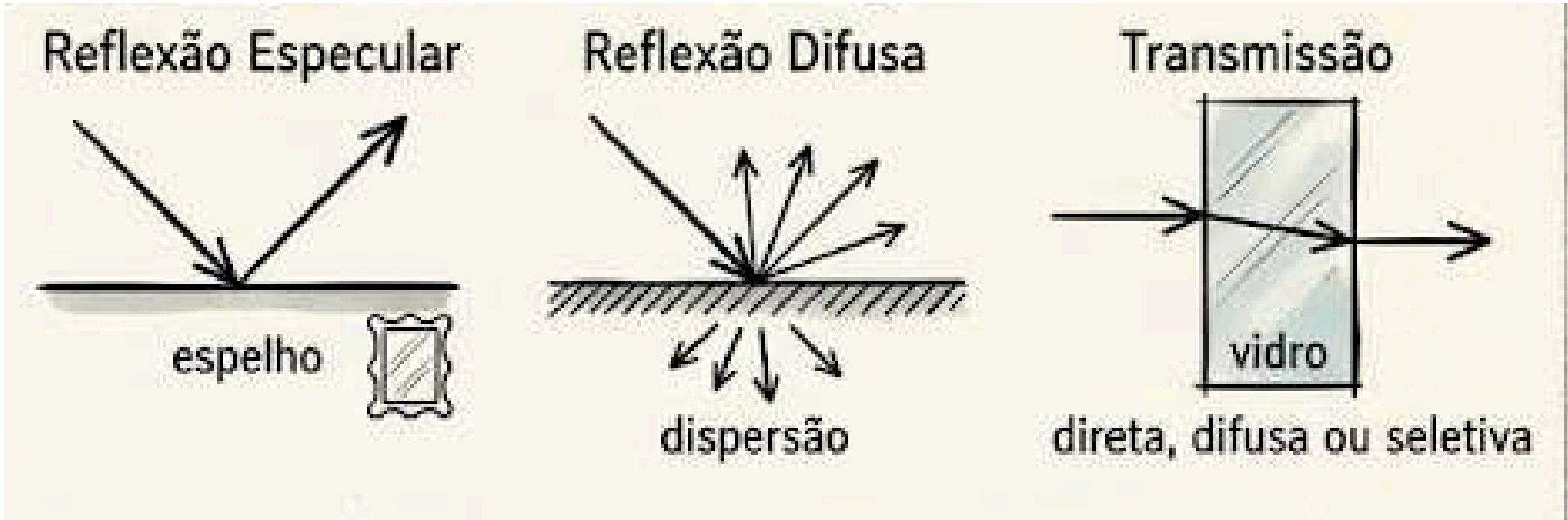


Figura 4: Exemplificação das leis da óptica

3. Grandezas Fotométricas: Sistemas de Medição

Ao contrário da radiometria (que mede energia física pura), a fotometria mede a luz afetada pela resposta visual do olho humano.

A. Fluxo Luminoso (lm)

É a potência total emitida por uma fonte de luz em todas as direções, percebida pelo olho humano. Unidade: Lúmen (lm).

Conceito Didático: O fluxo luminoso pode ser imaginado como o "volume" de água pulverizada por um chuveiro.

B. Intensidade Luminosa (cd)

Refere-se à concentração do fluxo luminoso em uma direção espacial específica (ângulo sólido). Unidade: Candela (cd).

Aplicação: Utilizada para definir o controle óptico de luminárias e refletores.

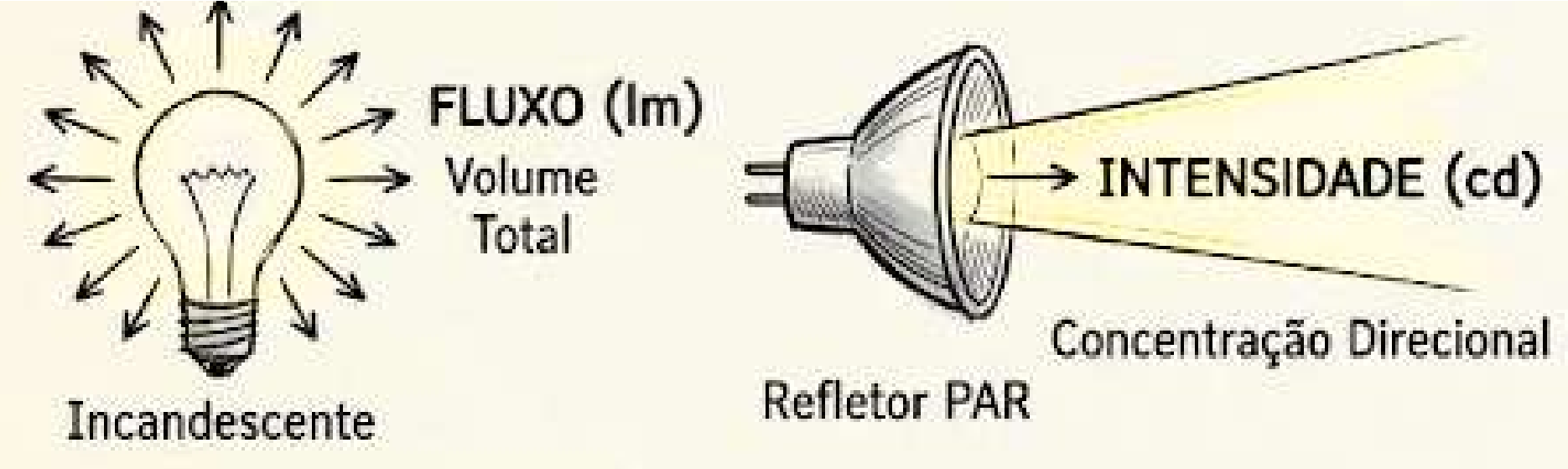


Figura 5: fluxo e intensidade, grandezas da iluminação

C. Iluminância (E)

É o valor limite da razão entre o fluxo luminoso recebido por uma superfície e sua área. Unidade: Lux (lx), onde 1 lx = 1 lm/m².

Lei do quadrado da distância: Esta lei tem importância acadêmica. Ela afirma que a iluminância é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre a fonte de luz e a superfície ($E = I/d^2$).

D. Luminância (L)

A luminância é uma grandeza física que descreve o "brilho" percebido de uma superfície. É a única grandeza fotométrica que o olho humano realmente percebe. Unidade: cd/m² (nits).

Importância: Crucial em estudos de ofuscamento em estações de trabalho e contraste visual.

4. Qualidade Cromática: TCC e IRC

A luz não se limita à quantidade; a qualidade espectral define a percepção do ambiente.

- 1. Temperatura de Cor Correlata (TCC): Medida em Kelvin (K), descreve a aparência de cor da luz. Fontes de 2700K a 3000K são "quentes" (amareladas), evocando relaxamento; fontes acima de 5000K são "frias" (azuladas), estimulando o estado de alerta e a atenção.
- 2. Índice de Reprodução de Cores (IRC/CRI): Escala de 0 a 100 que indica quão fielmente uma fonte artificial reproduz as cores em comparação à luz natural. Atualmente, o sistema TM-30-15 da IES (Illuminating Engineering Society) complementa o IRC, avaliando também a saturação e a fidelidade através de dois índices: Rf (fidelidade) e Rg (gama/saturação).



Figura 6: Exemplificação de como a iluminação modifica a percepção do ser humano em ambientes diversos.

5. Eficiência e Sustentabilidade

A Eficiência Luminosa é a razão entre o fluxo luminoso produzido e a potência elétrica consumida ($n=lm/W$). No cenário contemporâneo, a transição para a tecnologia LED permitiu eficiências superiores a 150\ lm/W, reduzindo drasticamente o impacto energético em edifícios de grande escala.

- Eficiência de Recursos e Diminuição de Resíduos

O principal benefício ambiental dos LEDs reside em sua maior durabilidade. Menos trocas: Um LED bem fabricado tem vida útil em torno de 50.000 horas, o que corresponde, ao longo do tempo, a cerca de 25 lâmpadas incandescentes. Isso representa 25 vezes menos extração de matérias-primas, embalagens, transporte e descarte. Isento de mercúrio: Ao contrário das lâmpadas fluorescentes (LFC), os LEDs não possuem mercúrio. Dessa forma, elimina-se o risco de contaminação do solo e dos lençóis freáticos em caso de quebra e simplifica-se a logística reversa.

- O desafio dos materiais e das terras raras

Nem tudo é ideal, e aqui se faz necessário o olhar crítico próprio do profissional: Extração mineral: A produção de LEDs depende de elementos classificados como terras raras (entre eles gálio e índio). A mineração desses insumos é intensiva e tende a provocar impactos ambientais relevantes nas áreas de extração, como geração de resíduos tóxicos e elevado consumo hídrico. Reciclagem eletrônica: Por ser um componente eletrônico semiconductor, o LED não deve ser descartado no lixo comum ou junto ao vidro. Em 2026, empresas de tecnologia sustentável e de logística reversa — a exemplo da Tramppo, no Brasil — já dispõem de processos patenteados para separar metais e plásticos desses componentes, convertendo o resíduo em valor para a economia circular.

- Impacto Sistêmico e Certificações (LEED/WELL)

Carga térmica: Por emitir quantidades muito reduzidas de calor infravermelho, o LED diminui a demanda por sistemas de climatização mecânica. Em Brasília, por exemplo, onde o calor representa um desafio projetual, isso contribui para uma queda significativa da pegada de carbono operacional do edifício. Poluição luminosa: Por serem fontes com emissão direcional, os LEDs possibilitam um controle óptico mais apurado (por meio de lentes e refletores). Dessa forma evita-se o desperdício de luz em direção ao céu (o chamado sky glow), preservando ecossistemas noturnos e poupando energia que, de outra forma, seria desperdiçada.



Figura 7: Comparação dos tipos de lâmpadas

Capítulo III: Percepção visual - O olho humano e a luz natural

O conforto visual é o principal determinante da necessidade de iluminação em um edifício. Ele é definido como um conjunto de condições ambientais que permitem ao ser humano realizar tarefas visuais com máxima acuidade, precisão e o menor esforço possível, reduzindo riscos à saúde ocular e acidentes.



Figura 8: Luz natural e conforto visual: a combinação perfeita para uma leitura precisa e sem esforço. Quando o ambiente respeita nossa saúde ocular, o conhecimento flui melhor.

1. Anatomia da Visão

O olho humano atua como um órgão receptor de luz e um instrumento óptico que coleta ondas luminosas, transformando-as em impulsos nervosos para que o cérebro forme imagens. ara que o cérebro forme imagens.

- Fotorreceptores (Cones e Bastonetes): A retina contém pigmentos fotossensíveis que registram a luz. Embora o texto não detalhe a distinção clássica entre eles, na biologia da visão, os cones são responsáveis pela visão em cores e detalhes em níveis elevados de luz, enquanto os bastonetes permitem a visão em condições de baixa luminosidade (visão noturna), mas sem a percepção de cores.
- Acomodação Visual: É o processo fisiológico pelo qual o cristalino (lente biconvexa do olho) altera sua curvatura para mudar o foco de uma distância para outra, garantindo a nitidez da imagem na retina.

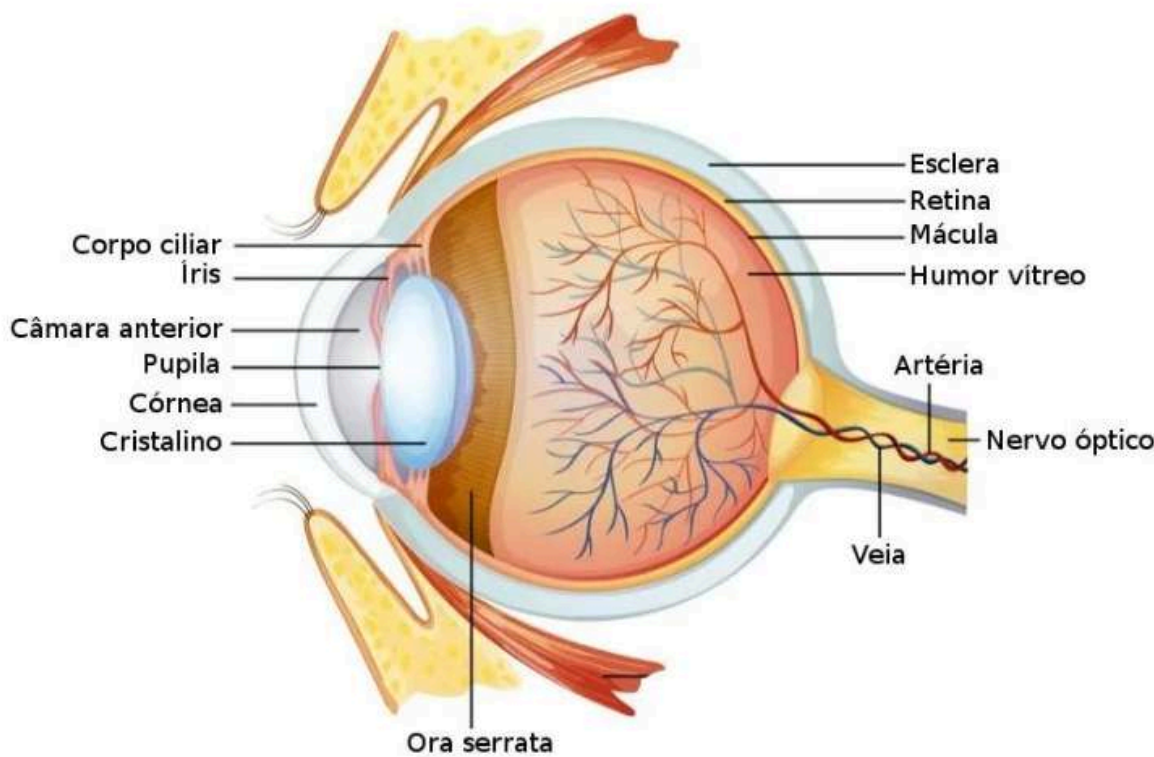


Figura 9: O olho humano é um órgão complexo que funciona como uma câmera fotográfica para converter luz em impulsos elétricos, processados pelo cérebro como imagens.

2. Adaptação Visual

A adaptação visual é o processo pelo qual o sistema de visão se ajusta a diferentes níveis de iluminância aos quais foi exposto anteriormente.

- O olho possui a capacidade de se acostumar com ambientes muito claros ou muito escuros através do controle da íris, que ajusta a abertura da pupila para regular a entrada de luz.
- É recomendado evitar projetos que exijam que os olhos se adaptem muito rapidamente a grandes variações de luminosidade, pois isso pode causar fadiga.

3. Luz Natural: Vantagens e Desafios

A luz natural provém fundamentalmente do Sol e, ao ser difundida pela atmosfera, torna-se a luz do céu, principal fonte para ambientes internos.

Vantagens (Saúde e Economia)

- Saúde e Bem-estar: A luz natural possui um espectro completo de cores e é psicologicamente mais atraente e dinâmica. Ela é essencial para o equilíbrio do ciclo circadiano (relógio biológico), auxiliando na produção de melatonina e vitamina D, além de melhorar o humor e a produtividade.
- Economia: Por ser uma fonte gratuita, deve ser aproveitada ao máximo para tornar os projetos mais eficientes energeticamente, reduzindo a dependência de luz artificial.



Figura 10: Luz solar entrando no quarto é sinal de qualidade de vida, além de garantir um ambiente harmônico, saudável e com máximo conforto para quem nele habita.

Desafios (Ofuscamento e Ganho Térmico)

- Ofuscamento: A luz solar direta, especialmente em condições de céu claro, é uma fonte potencial de ofuscamento perturbador ou inabilitador. Por isso, as aberturas devem possuir elementos de proteção.
- Ganho Térmico: Como a radiação luminosa é eletromagnética, a sensação de luz é sempre acompanhada de um efeito térmico. O sol pode introduzir calor indesejado, exigindo um equilíbrio térmico no projeto.

4. Variações da Luz do Dia

Diferente da luz artificial, a luz natural é caracterizada por sua alta variabilidade.

- Variação Sazonal e Horária: A intensidade e a qualidade (cor e direção) da luz variam conforme a latitude, o período do dia e a época do ano. Essas trajetórias são representadas graficamente pela Carta Solar.
- Condições de Céu: A disponibilidade de luz também depende do estado da abóbada celeste:
 - > Céu Encoberto: Fornece luz difusa e homogênea.
 - > Céu Claro: Onde a luz solar direta é predominante e mais poderosa que a luz refletida pelo céu.
 - > Céu Intermediário: A condição mais comum, com níveis de iluminação diversos em diferentes partes do céu.

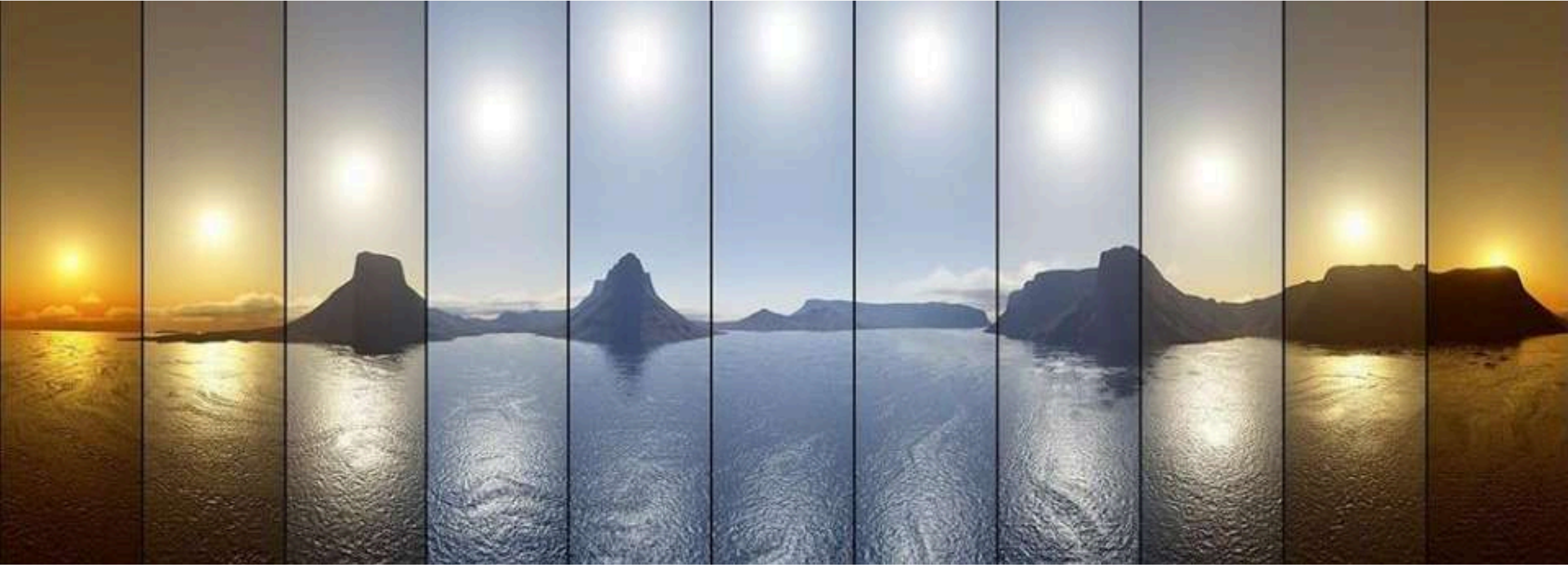


Figura 11: As variações da luz do dia referem-se às mudanças na cor, intensidade e direção da luz solar ao longo do dia, influenciadas pela posição do sol, atmosfera e condições climáticas. Essas variações vão desde tons quentes e suaves no amanhecer até uma luz branca-azulada intensa ao meio-dia

Capítulo IV - Iluminação Lateral e Zenital

A iluminação natural desempenha papel fundamental na qualidade ambiental e funcional dos espaços arquitetônicos, influenciando diretamente o conforto visual, a percepção espacial e a eficiência energética das edificações. Nesse contexto, este capítulo tem como foco a análise de duas estratégias principais de captação de luz: a iluminação lateral, realizada por meio de janelas e aberturas verticais, e a iluminação zenital, obtida através de claraboias, sheds, lanternins e átrios.



Figura 12: Exemplificação de abertura lateral.

Iluminação Lateral:

A iluminação natural é fundamental para a qualidade do espaço e do ambiente em arquitetura. Ela influencia diretamente o conforto visual, a eficiência energética e a percepção sensorial dos ambientes internos. Uma das estratégias mais comuns para aproveitar a luz natural é a iluminação lateral, que é obtida por meio de janelas e aberturas verticais.

Essa técnica é amplamente utilizada em edifícios residenciais, institucionais e culturais. Além de permitir a entrada de luz, a iluminação lateral também estabelece uma conexão visual com o exterior, o que é importante para o bem-estar dos usuários e para a qualidade do ambiente construído.



Figura 13: Exemplificação de classificações de aberturas laterais.

- **Janelas e aberturas verticais.**

A iluminação lateral é a entrada de luz natural por aberturas inseridas nos planos verticais da edificação, como janelas, portas envidraçadas, panos de vidro e fachadas transparentes. A luz lateral tem um comportamento lumínico direcional, o que significa que ela penetra com maior intensidade nas áreas próximas à abertura e perde força à medida que avança para o interior do ambiente.

Na imagem ao lado, pode-se observar tipologias diferentes de aberturas laterais e seus usos, sendo a mesma uma interessante objeto de estudo referente à entrada de luz e ventilação.

- **Distribuição da luz: profundidade do ambiente e altura do peitoril.**

A distribuição da luz lateral apresenta um comportamento variável conforme a configuração da abertura. A profundidade do ambiente é um dos fatores mais importantes para avaliar a eficiência da iluminação lateral. Quanto mais profundo o ambiente, menor será a uniformidade luminosa. De um modo geral, a profundidade de eficiência da penetração da luz no ambiente depende da relação entre a parte superior da abertura e a altura do piso, sendo esta relação igual a um valor aproximado de 1,5 a 2 vezes o valor dessa altura. Em geral, ambientes rasos têm uma distribuição mais homogênea, enquanto ambientes profundos têm zonas escuras no fundo. A altura do peitoril também influencia a distribuição da luz, pois pode afetar o alcance da luz no piso, a vista do usuário sentado ou em pé e a incidência direta da luz.

- **Vantagens: vista para o exterior, boa modelagem de formas.**

A iluminação lateral apresenta benefícios significativos para a arquitetura. Ela proporciona uma conexão com a paisagem, uma boa modelagem das formas e uma eficiência energética. A conexão com a paisagem melhora a sensação de bem-estar, a orientação temporal, o relaxamento visual e a percepção climática. A luz lateral também gera sombras suaves e direcionadas, favorecendo a leitura de texturas, a valorização de materiais e a percepção tridimensional.

- **Desvantagens: distribuição irregular, risco de ofuscamento.**

Apesar dos benefícios, a iluminação lateral também apresenta limitações importantes. A distribuição irregular da luz é a maior limitação, pois pode causar excesso de luz junto à janela, contraste elevado e perda de luz no fundo do ambiente. Isso pode prejudicar o uso de salas de exposição, áreas de leitura e espaços de trabalho. O risco de ofuscamento também é uma desvantagem, pois a incidência direta da luz do céu ou do sol no campo visual pode causar desconforto visual. Além disso, a iluminação lateral pode aumentar a carga térmica interna, especialmente em climas quentes. Para melhorar o desempenho da iluminação lateral, podem ser adotadas estratégias como a utilização de brises horizontais e verticais, cobogós, muxarabis, beirais profundos, vidros de controle solar, películas difusoras, cortinas técnicas, prateleiras de luz e paredes internas claras.

Iluminação Zenital:

A iluminação natural que vem de cima, ou iluminação zenital, é uma estratégia importante para usar a luz do dia de forma eficiente. Isso acontece quando a luz entra pelas aberturas no teto ou nas partes superiores de um prédio, o que é muito útil para iluminar grandes áreas internas. Essa solução é muito usada em museus, galerias, átrios, prédios institucionais e espaços industriais, especialmente quando se quer iluminar ambientes profundos sem depender apenas das janelas laterais.

- **Clarabóias, sheds, lanternins e átrios.**

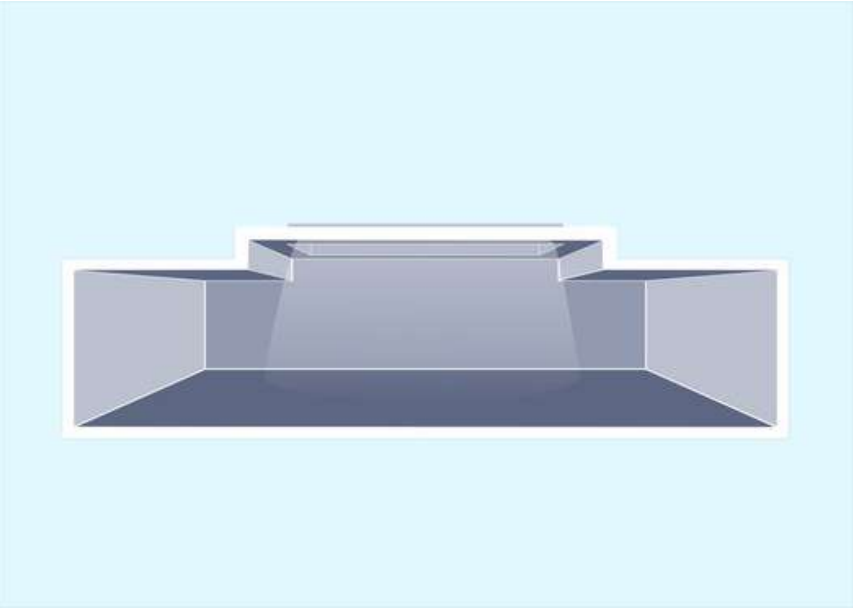


Figura 14: Exemplo de clarabóia.

- Clarabóias

As claraboias são aberturas no teto, geralmente feitas de vidro, acrílico ou policarbonato, que permitem a entrada de luz natural. São muito usadas em corredores, halls, banheiros, escadas e áreas de circulação, permitindo que a luz chegue às áreas centrais do prédio. No entanto, como capturam luz direta, exigem cuidado especial com sombreamento e controle de temperatura.

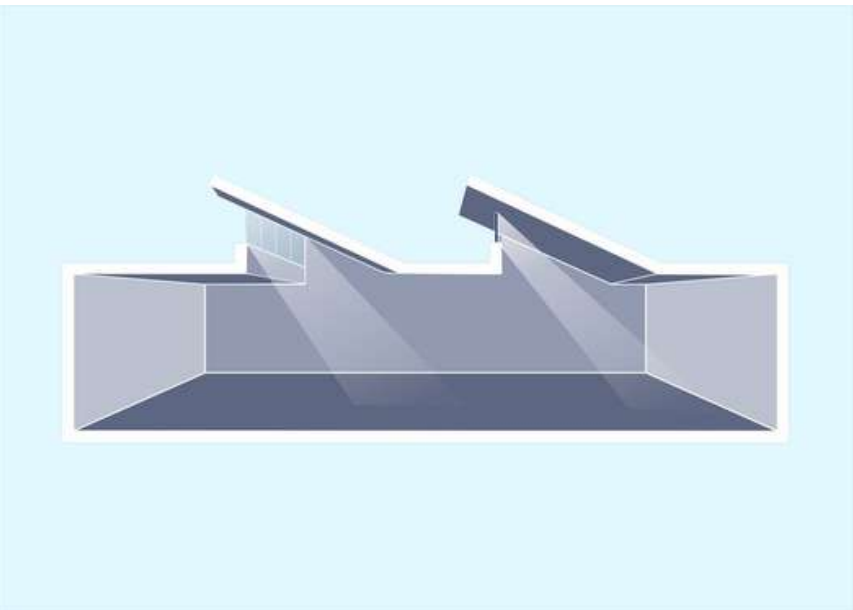


Figura 15: Exemplo de sheds.

- Sheds

Os sheds têm uma forma especial, com planos inclinados alternados e faces translúcidas que ficam viradas para onde o sol não bate diretamente. Isso ajuda a entrar luz difusa e uniforme, tornando-os muito eficientes em grandes espaços, como galpões, ateliês, museus e prédios industriais.

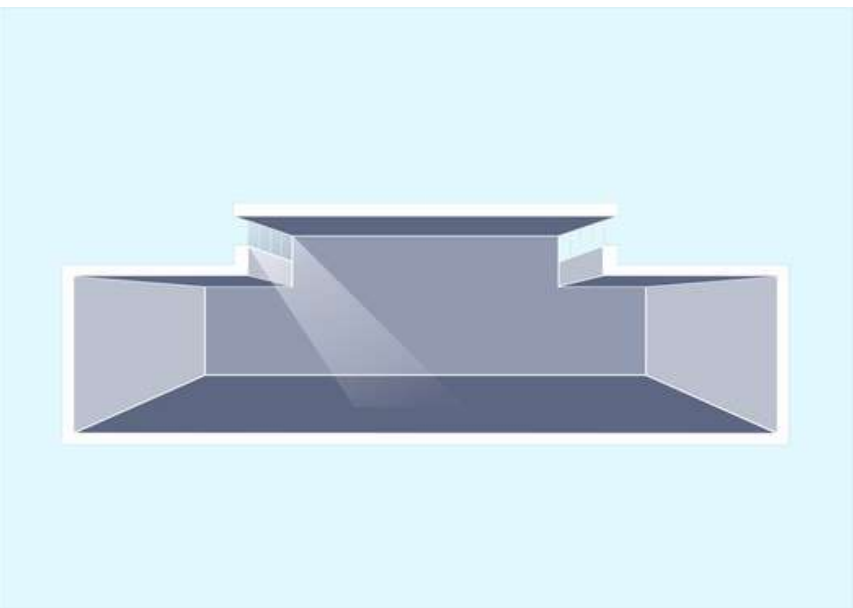


Figura 16: Exemplo de lanternins.

- Lanternins

Os lanternins são estruturas elevadas sobre o teto, com aberturas laterais translúcidas. Além de iluminar, também podem ajudar na ventilação natural e na remoção do ar quente, sendo muito usados em prédios com tetos altos.

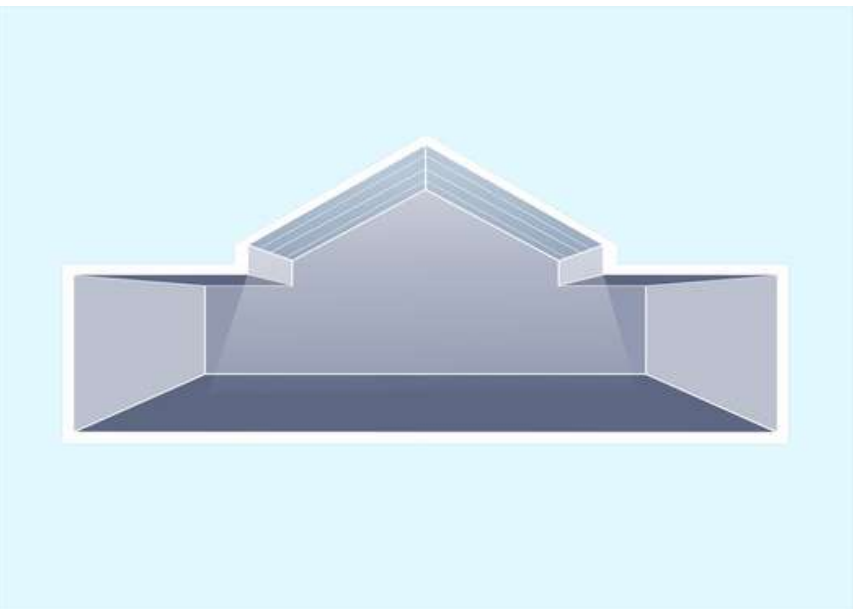


Figura 17: Exemplo de átrios.

- Átrios

Os átrios são grandes espaços vazios no centro do prédio, cobertos com vidro ou materiais translúcidos, permitindo a entrada de luz zenital e sua distribuição para diferentes andares. Em prédios culturais, funcionam como um elemento especial, além de melhorar a circulação e os espaços de convivência.

- **Distribuição uniforme da luz em planta.**

Uma das maiores vantagens da iluminação zenital é que ela distribui a luz de forma uniforme. Como a luz vem de cima, a distribuição tende a ser mais homogênea em toda a área, reduzindo áreas escuras e minimizando contrastes entre áreas próximas e distantes das aberturas.

- **Vantagens: iluminação em grandes áreas, privacidade.**

A iluminação zenital é muito eficiente em ambientes grandes, pois leva luz a áreas internas que seriam difíceis de iluminar com janelas laterais.

Como a luz entra pelo teto, o sistema preserva a privacidade das fachadas laterais, tornando-se ideal para ambientes que precisam de fechamento visual em relação ao entorno, como salas expositivas, auditórios e áreas de contemplação.

A luz zenital cria uma sensação de amplitude, monumentalidade e centralidade espacial.

Quando dimensionada corretamente, reduz o uso de iluminação artificial durante o dia, contribuindo para a sustentabilidade do prédio.

- **Desvantagens: ganho térmico, dificuldade de manutenção.**

A principal limitação é o ganho de calor, especialmente em claraboias horizontais e tetos extensos de vidro. Em climas quentes, isso pode elevar a temperatura interna e aumentar a necessidade de climatização. Por isso, é essencial usar vidros de controle solar, policarbonato alveolar, películas UV, sombreamento externo e orientação adequada dos sheds.

Por estarem em locais altos e expostos às intempéries, claraboias, sheds e lanternins exigem manutenção mais complexa. Poeira, folhas, água e infiltrações podem comprometer a entrada de luz e o desempenho do sistema, além de exigir acessos técnicos bem planejados.

Quando mal detalhadas, as juntas e vedações podem apresentar problemas, especialmente em períodos chuvosos.

Para melhorar o desempenho da iluminação zenital, é recomendável usar sheds voltados para sul/sudeste, vidros low-e, filtros difusores, venezianas internas, domos com proteção UV, sistema de manutenção por passarelas técnicas, integração com ventilação cruzada e uso de brises superiores.

Capítulo V - Fontes de Luz Artificial

A **luz natural** vem do Sol, numa faixa estreita do espectro da radiação solar. Ela sempre vem acompanhada de calor, varia de cor e intensidade conforme a latitude, hora do dia e época do ano, e é gratuita, então deve ser aproveitada ao máximo. Já a **luz artificial** é produzida por dispositivos (lâmpadas) e garante quantidade e qualidade de iluminação independente da hora ou do dia.

Importância da iluminação artificial:

- Substitui a luz natural quando ela não está disponível
- Permite usar os ambientes a qualquer momento (de dia ou de noite)
- Traz conforto, segurança e funcionalidade pros espaços
- Influencia diretamente o bem-estar das pessoas, a produtividade no trabalho e a valorização estética dos ambientes (residenciais, comerciais ou urbanos)
- Com o avanço da tecnologia, surgiram várias fontes de luz artificial, cada uma com características e usos diferentes, e entender como funcionam é fundamental para garantir eficiência e sustentabilidade

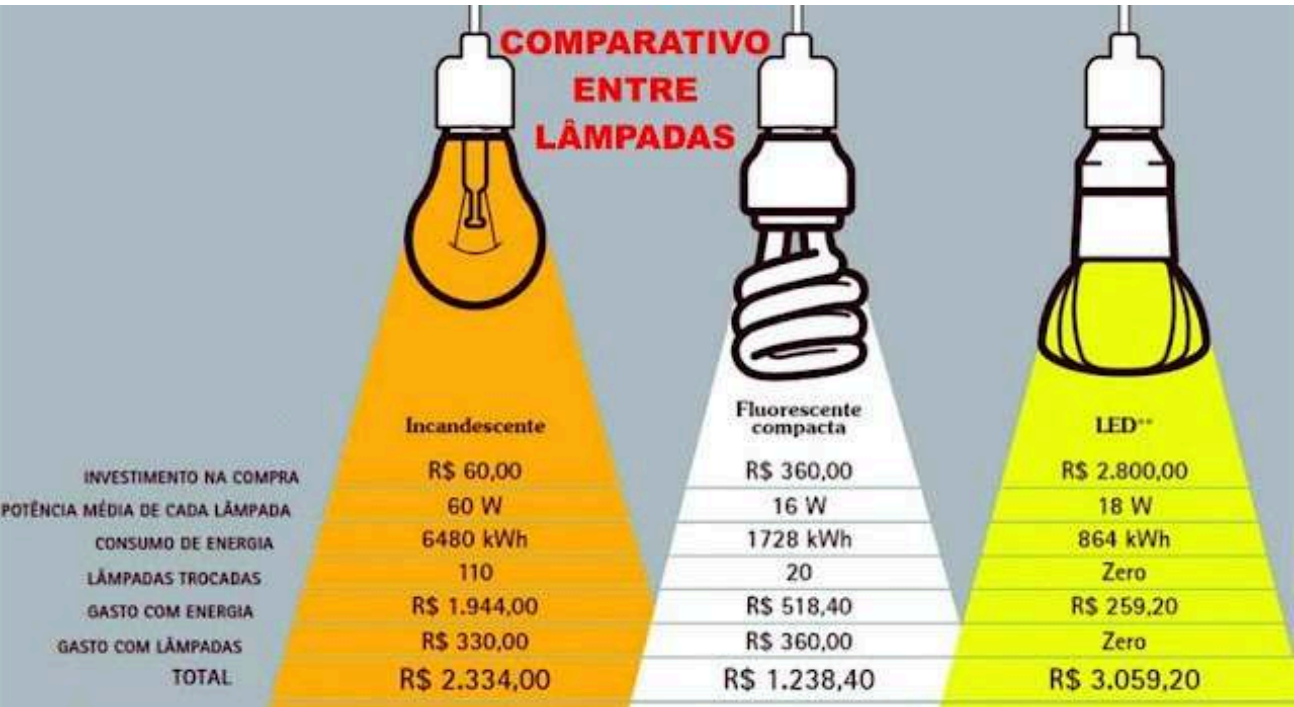


Figura 18: Comparativo de lâmpadas

O que é iluminação artificial:

- É a luz gerada por dispositivos como lâmpadas incandescentes, fluorescentes, halógenas, LEDs e sistemas de descarga de alta intensidade
- Diferente da luz natural, ela permite controle total sobre intensidade, temperatura de cor e direção da luz, adaptando o ambiente conforme a necessidade
- É indispensável pra criar espaços funcionais, seguros e visualmente equilibrados em residências, comércios, indústrias e espaços públicos

O que a escolha da fonte de luz influencia:

- Desempenho: quantidade de luz (iluminância em Lux), qualidade da luz (reprodução de cor/IRC) e controle de ofuscamento
- Conforto: temperatura de cor (Kelvin): luz quente (restaurantes, quartos) dá aconchego, luz fria (escritórios, hospitais) aumenta concentração. Também entra o flicker (cintilação que pode causar dor de cabeça) e a direcionalidade da luz (direta cria sombras fortes, difusa é mais confortável)
- Eficiência energética: medida em lúmens por watt (lm/W). Incandescente rende ~15 lm/W, LED rende 100-200+ lm/W. Vida útil também conta: LEDs duram de 25.000 a 50.000 horas. Além disso, dimerização e automação ajudam a economizar

Tipos de lâmpadas:

As lâmpadas se classificam em 3 grandes grupos: incandescentes, de descarga (baixa e alta pressão) e LEDs. A lógica é simples: quando energizamos certos elementos, eles emitem ondas na faixa visível do espectro, e isso gera a luz artificial.

1. Lâmpadas Incandescentes

- Funcionam pelo aquecimento de um filamento de tungstênio até ele brilhar (incandescência)
- Produzem uma luz quente e agradável, com ótima reprodução de cores (IRC de 100%)
- Gastam muita energia, a maior parte vira calor, não luz, e duram pouco (750 a 1.000 horas)
- Eficiência luminosa baixa: apenas 8 a 13 lm/W
- Temperatura de cor na faixa de 2.700K (luz amarelada)
- Podem ser dimerizadas e funcionam em 127V e 220V
- Custo inicial baixo, mas baixa resistência a choques
- Hoje em dia o uso é mais voltado pra decoração
- Tipos de bulbo: transparente (luminárias fechadas), leitoso (lustres abertos), formato vela/bolinha (decorativo), refletora (facho direcionado) e especiais (anti-inseto, geladeira, etc.)
- Aplicação principalmente residencial

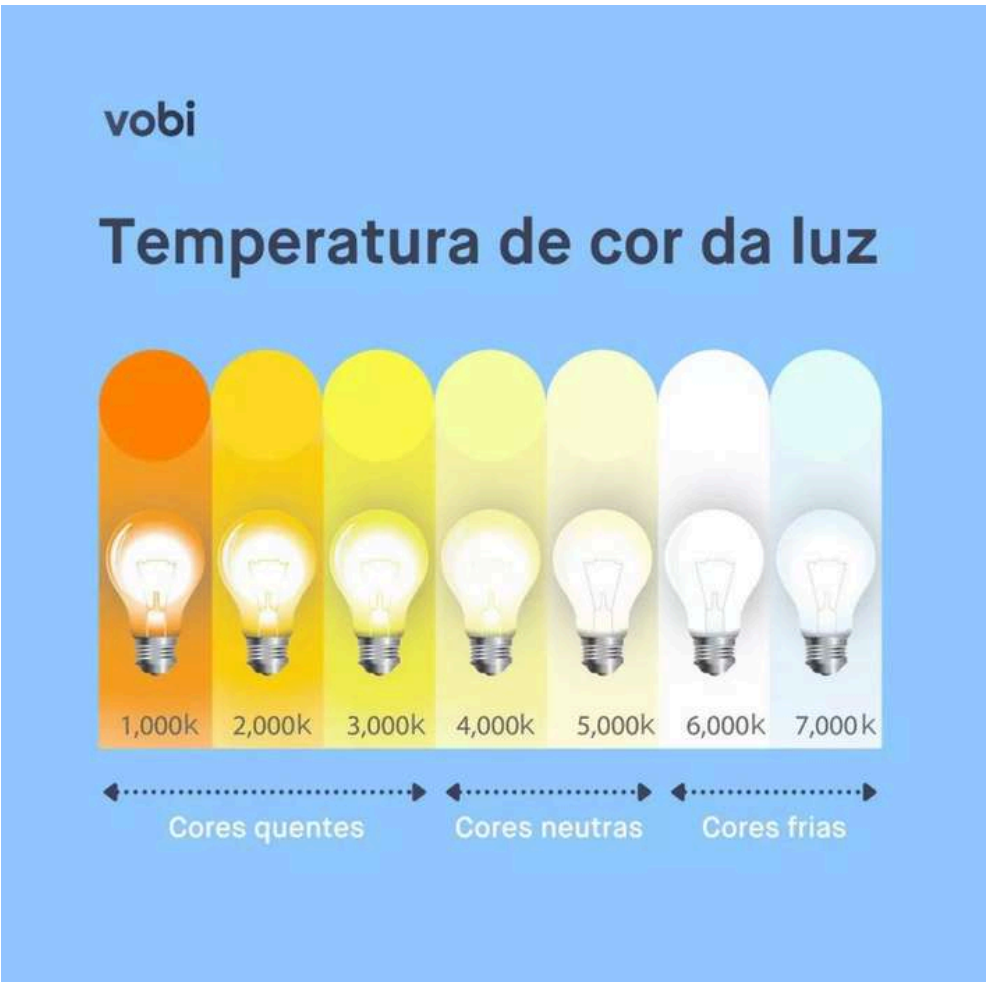


Figura 19: Comparativo de temperaturas e IRC

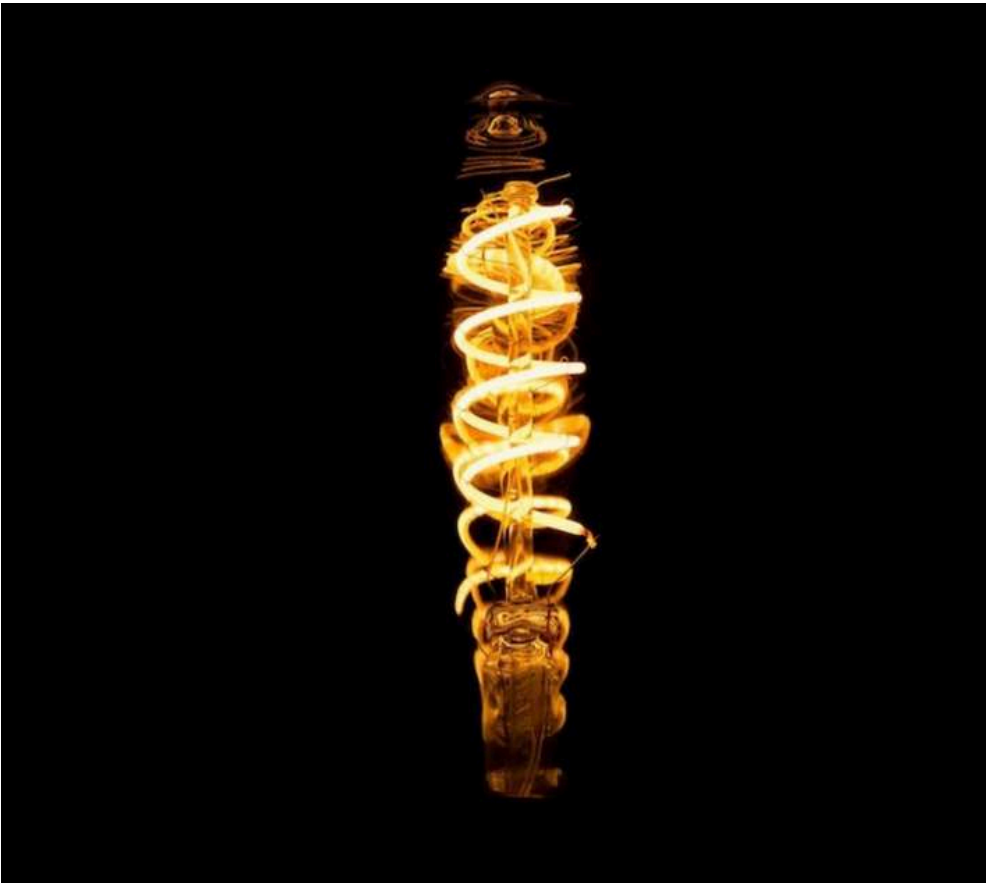


Figura 20: Filamentos de lâmpada incandescente

2. Lâmpadas Incandescentes Halógenas

- São uma evolução da incandescente comum, o bulbo é preenchido com gás halogênio (iôdo ou bromo)
- Esse gás cria um “ciclo de regeneração” que redeposita o tungstênio no filamento, fazendo ele durar mais
- Luz mais branca e brilhante que a incandescente tradicional
- Eficiência um pouco melhor: 9 a 27 lm/W
- Vida útil de 1.000 a 5.000 horas
- IRC excelente (100%) e TCC na faixa de 3.000K
- Ainda geram bastante calor e consomem mais energia que os LEDs
- Podem ser dimerizadas; modelos de 12V precisam de transformador
- Tipos refletoras: bipino, MR 11 e MR 16 (dicróicas), AR 48/70/111, PAR 16/20/30/38
- Aplicação: residencial, comercial (destaque de produtos), galerias de arte e jardins



Figura 21: Lâmpada incandescente halógena

3. Lâmpadas De Descarga — Baixa Pressão

A luz é criada pela passagem de corrente elétrica através de um gás ou vapor. Essa corrente excita os átomos do gás, que liberam energia como radiação UV ou luz visível.

3a. Fluorescentes (tubos e compactas/LFC):

- A descarga elétrica acontece no vapor de mercúrio a baixa pressão, gerando radiação UV invisível. Essa radiação atinge o pó fosforescente que reveste o tubo de vidro, e aí sim ele brilha e emite luz visível
- Bem mais eficientes que as incandescentes, economizam até 80% de energia
- Eficiência luminosa de 50 a 116 lm/W
- Vida útil longa: de 8.000 a 24.000 horas (alguns modelos chegam a 45.000/90.000h)
- IRC variado (60 a 90%) e diversas opções de temperatura de cor
- Emitem menos calor, têm alta resistência a choques e vibrações
- Precisam de reator para funcionar (exceto as compactas integradas, que já vêm com reator embutido)
- Tipos: tubulares (T12, T10, T8, T5, T2 — o número indica o diâmetro), compactas (precisam de reator externo) e compactas integradas (base E27, 127V e 220V)
- Aplicação geral: residências, comércios, escritórios, hotéis



Figura 22: Lâmpada de descarga de baixa pressão

3b. Vapor de sódio a baixa pressão:

- A descarga acontece no vapor de sódio a baixa pressão, produzindo luz quase exclusivamente amarela
- É a tecnologia mais eficiente em lúmens por watt que existe
- Porém o IRC é muito baixo, tudo parece cinza ou amarelo sob essa luz
- Uso quase exclusivo em iluminação pública de estradas

CORTE ESQUEMÁTICO — QUARTO COM 3 TIPOS DE ILUMINAÇÃO

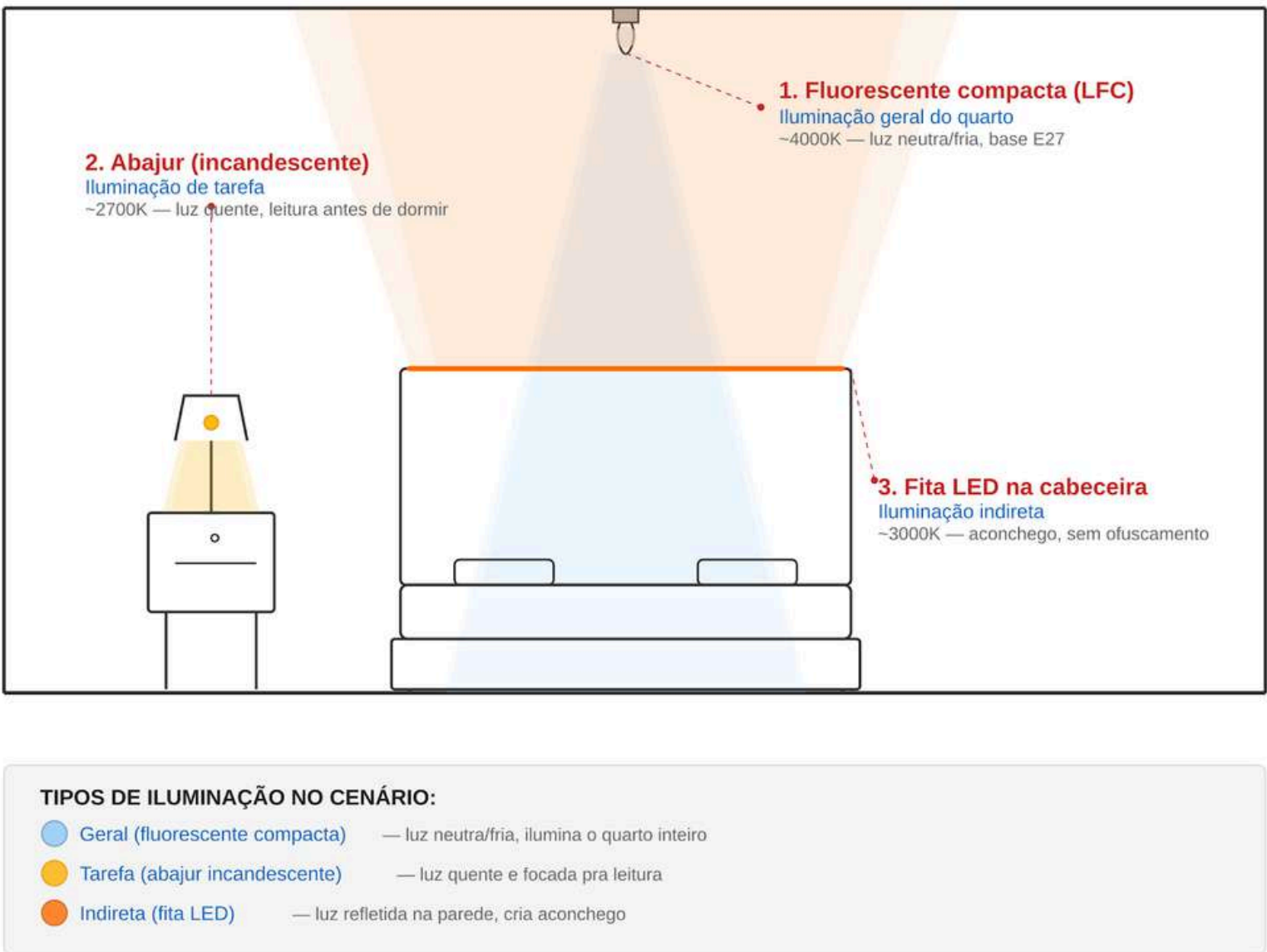


Figura 23: Corte esquemático 1

4. Lâmpadas De Descarga — Alta Pressão (Hid)

Também chamadas de HID (High-Intensity Discharge), são classificadas pelo elemento químico do tubo de descarga.

4a. Vapor de mercúrio (HPMV):

- Uma das tecnologias mais antigas de descarga (luz branco-azulada)
- Eficiência moderada: 19 a 55 lm/W
- Vida útil de 10.000 a 16.000 horas
- IRC muito pobre (40 a 60%) e TCC na faixa de 4.000K
- Precisam de reator, bulbo leitoso, formato ovóide
- Estão sendo progressivamente eliminadas por causa da toxicidade do mercúrio e da baixa eficiência

4b. Vapor de sódio a alta pressão (VSAP):

- Semelhante à de baixa pressão, mas com sódio a alta pressão, o espectro se “alarga” e a luz fica amarelo-dourada mais clara, com reprodução de cores um pouco melhor
- Muito eficientes, com vida útil longa (até 24.000 horas) e IRC médio
- Super comuns na iluminação pública de cidades e iluminação de segurança



Figura 24: Lâmpada de descarga de alta pressão

4c. Multivapores metálicos (Metallic Halide):

- Evolução da lâmpada de vapor de mercúrio, além do mercúrio, contém aditivos metálicos (haletos de sódio, escândio, índio) que melhoram muito a eficiência e a qualidade da cor
- Alta eficiência luminosa e IRC excelente (acima de 80), as cores aparecem vibrantes e naturais
- Custo inicial mais alto e vida útil menor que as de vapor de sódio
- Aplicação: onde a fidelidade de cores é essencial (estádios, arenas esportivas, vitrines de lojas, iluminação cênica e projetos arquitetônicos)
- Formatos: bipino, bipolar, PAR, AR, tubular e ovoide



Figura 25: Multivapores metálicos

5. LEDs (Light Emitting Diode / Diodo Emissor de Luz

- Funcionam de forma totalmente diferente das demais, usam diodos emissores de luz para gerar iluminação
- Altíssima eficiência energética: economizam até 90% comparado com incandescentes (100 a 200+ lm/W)
- Vida útil extremamente longa: 25.000 a 50.000 horas ou mais
- Grande durabilidade, ligação instantânea e tamanho reduzido
- Permitem variação de cores, automação e controle inteligente
- Ampla gama de cores e boa reprodução de cor
- Tipos: módulos, fitas, áreas, lâmpadas e luminárias
- Lâmpadas difusas: bulbo, filamento, bipino, bipolar, tubular, PLC/PLL
- Luminárias LED já vêm com especificações completas (TCC, IRC, fluxo, potência); normalmente o módulo LED não é substituível
- Aplicações: praticamente tudo — ambientes internos, áreas externas, fachadas, iluminação de emergência, sinalização
- São a tecnologia dominante hoje e estão substituindo rapidamente todas as outras

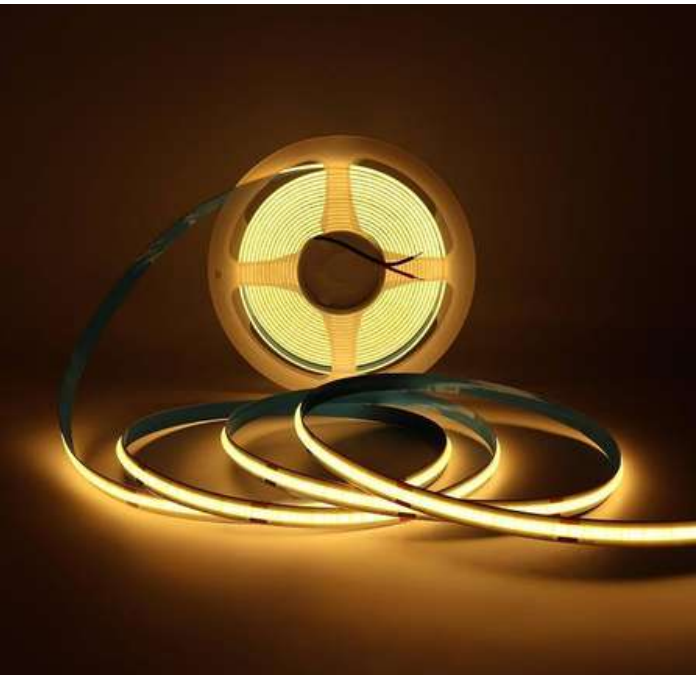


Figura 26: Fita de led



Figura 27: Corte esquemático 2

Capítulo VI - Normas e Códigos: Medição da Iluminação

NBR ISO/CIE 8995-1:

Iluminação de ambientes de trabalho

A Norma NBR 8995 é o principal referencial técnico no Brasil para a definição dos requisitos de iluminação em ambientes internos de trabalho. O entendimento de suas diretrizes é essencial para projetistas, engenheiros e gestores, pois orienta a criação de espaços com níveis adequados de iluminação, promovendo conforto visual, segurança e maior produtividade aos usuários.

Níveis de iluminância por atividade:

A iluminância média mantida é o principal parâmetro estabelecido pela NBR 8995, pois determina a quantidade mínima de luz que deve incidir sobre o plano de trabalho ao longo da vida útil do sistema de iluminação. Esses valores variam conforme a atividade desempenhada, podendo ir de 50 lux em áreas de circulação até **2000 lux em tarefas que exigem alto nível de precisão visual**.

Em ambientes de escritório, recomenda-se cerca de 500 lux para atividades como leitura, escrita e digitação. Salas de reunião seguem o mesmo padrão, enquanto áreas de arquivo podem operar adequadamente com aproximadamente 200 lux. Essa diferenciação permite otimizar o consumo de energia, fornecendo iluminação adequada a cada tipo de uso.

Planos de medição:

O plano de trabalho corresponde à superfície onde ocorre a atividade visual, sendo geralmente considerado a **0,75 metros do piso em tarefas realizadas em mesas**. Em situações onde o trabalho é executado em pé ou em bancadas mais elevadas, esse plano deve ser ajustado conforme a altura real da atividade.

A iluminância vertical também é relevante em tarefas que envolvem superfícies verticais, como estantes, quadros ou painéis de controle. Nesses casos, os valores recomendados costumam variar entre 150 e 300 lux, dependendo da exigência visual.

Já a iluminância cilíndrica é importante para a percepção de formas e reconhecimento facial, especialmente em ambientes comerciais. Para essas situações, recomenda-se um mínimo de 50 lux em áreas de atendimento, favorecendo a interação entre as pessoas.

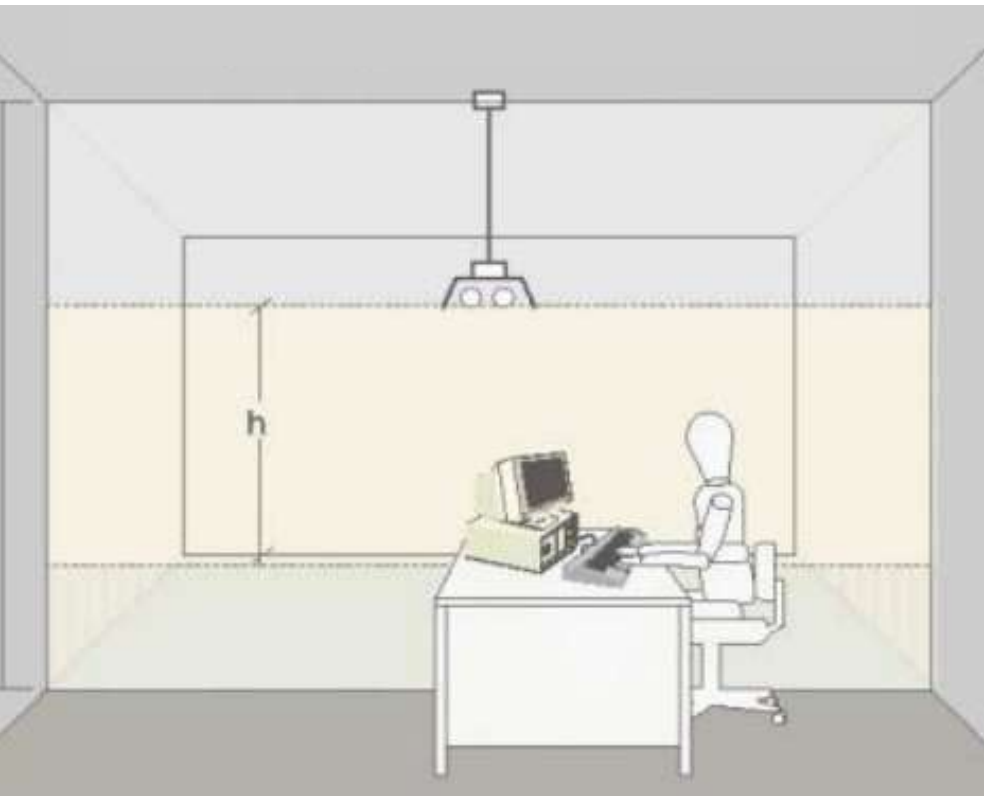


Figura 28: iluminação de um posto de trabalho

Uniformidade de iluminância:

A uniformidade da iluminação é definida pela relação entre a iluminância mínima e a iluminância média no plano de trabalho. De acordo com a norma, esse valor deve ser de no mínimo 0,6 nas áreas de tarefa e 0,4 nas áreas adjacentes. Esse critério assegura uma distribuição equilibrada da luz, evitando contrastes excessivos e zonas escuras que podem causar fadiga visual.

Variações muito acentuadas de iluminância exigem constantes adaptações do sistema visual, o que pode gerar desconforto e prejudicar o desempenho das atividades. Por isso, manter uma boa uniformidade é especialmente importante em ambientes com grande circulação, como escritórios abertos e áreas industriais.

Além disso, a área ao redor do plano de trabalho deve apresentar pelo menos um terço da iluminância da área principal, criando uma transição mais suave entre os espaços e reduzindo o esforço visual ao alternar o foco entre diferentes pontos do ambiente.

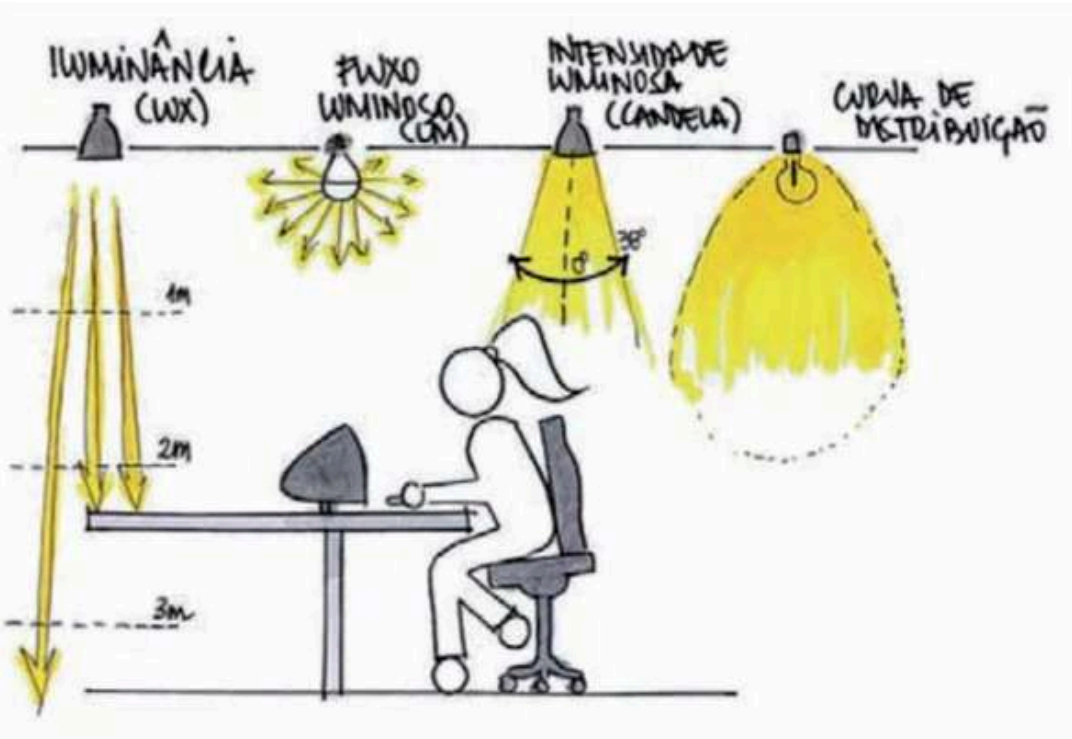


Figura 29: conceitos fundamentais da luminotécnica

Requisitos de iluminância para cada atividade:

Escritórios:

Em ambientes de trabalho que utilizam computadores, a NBR 8995 recomenda uma iluminância média de 500 lux, com uniformidade mínima de 0,6, índice de ofuscamento unificado (UGR) limitado a 19 e índice de reprodução de cor (IRC) mínimo de 80. Esses parâmetros são estabelecidos para assegurar condições adequadas de conforto visual em atividades como leitura, escrita e uso de telas.

As salas de reunião apresentam exigências semelhantes, também com 500 lux e UGR máximo de 19. No entanto, esses espaços se beneficiam da adoção de sistemas de controle de iluminação que permitam a redução dos níveis luminosos durante apresentações, garantindo maior versatilidade conforme o uso.

Já as áreas de circulação, como corredores e halls, demandam níveis mais baixos de iluminação, em torno de 100 lux, com uniformidade mínima de 0,4 e UGR de até 28. Por serem espaços de permanência transitória, essas exigências mais flexíveis contribuem para a redução do consumo de energia.



Figura 30: Iluminação escritórios e salas de reunião

Salas de aula:

Em ambientes educacionais, como salas de aula, os níveis de iluminância recomendados variam entre 300 e 500 lux, dependendo do nível de ensino. Além disso, estabelece-se um índice máximo de ofuscamento (UGR) de 19 e um índice de reprodução de cor (IRC) mínimo de 80, garantindo condições adequadas para a concentração e o bom desempenho dos estudantes.

Para quadros e lousas, é necessária uma iluminância vertical de aproximadamente 500 lux, com atenção especial ao controle de reflexos que possam prejudicar a visualização. O posicionamento adequado das luminárias é essencial para evitar ofuscamento tanto para o professor quanto para os alunos.



Figura 30: Iluminação salas de aula

No caso de bibliotecas, as exigências variam conforme o uso do espaço. Áreas destinadas ao estudo demandam cerca de 500 lux, enquanto as estantes podem operar com aproximadamente 200 lux. Além disso, a utilização de iluminação de tarefa nas mesas de leitura contribui para complementar a iluminação geral, proporcionando melhores condições visuais aos usuários.

indústrias:

Em linhas de montagem, os requisitos de iluminação variam conforme o nível de precisão exigido pela atividade. Operações mais simples podem ser realizadas com cerca de 200 lux, enquanto montagens de complexidade intermediária demandam aproximadamente 500 lux. Já tarefas que exigem maior precisão visual necessitam de níveis entre 750 e 1000 lux. Para esse tipo de ambiente, um índice máximo de ofuscamento (UGR) de 22 costuma ser adequado.

Nas áreas de inspeção de qualidade, os níveis de iluminância podem chegar a 1500 lux, especialmente em situações que envolvem a identificação de defeitos sutis ou a análise de cores. Nesses casos, o uso de iluminação complementar e direcionada pode ser necessário para destacar características específicas dos elementos avaliados.

Por outro lado, depósitos e almoxarifados operam de forma eficiente com níveis entre 100 e 200 lux, favorecendo a economia de energia. Já as áreas destinadas à separação de pedidos, onde há leitura frequente de etiquetas, podem exigir iluminâncias mais elevadas, em torno de 300 lux, aplicadas de forma localizada.

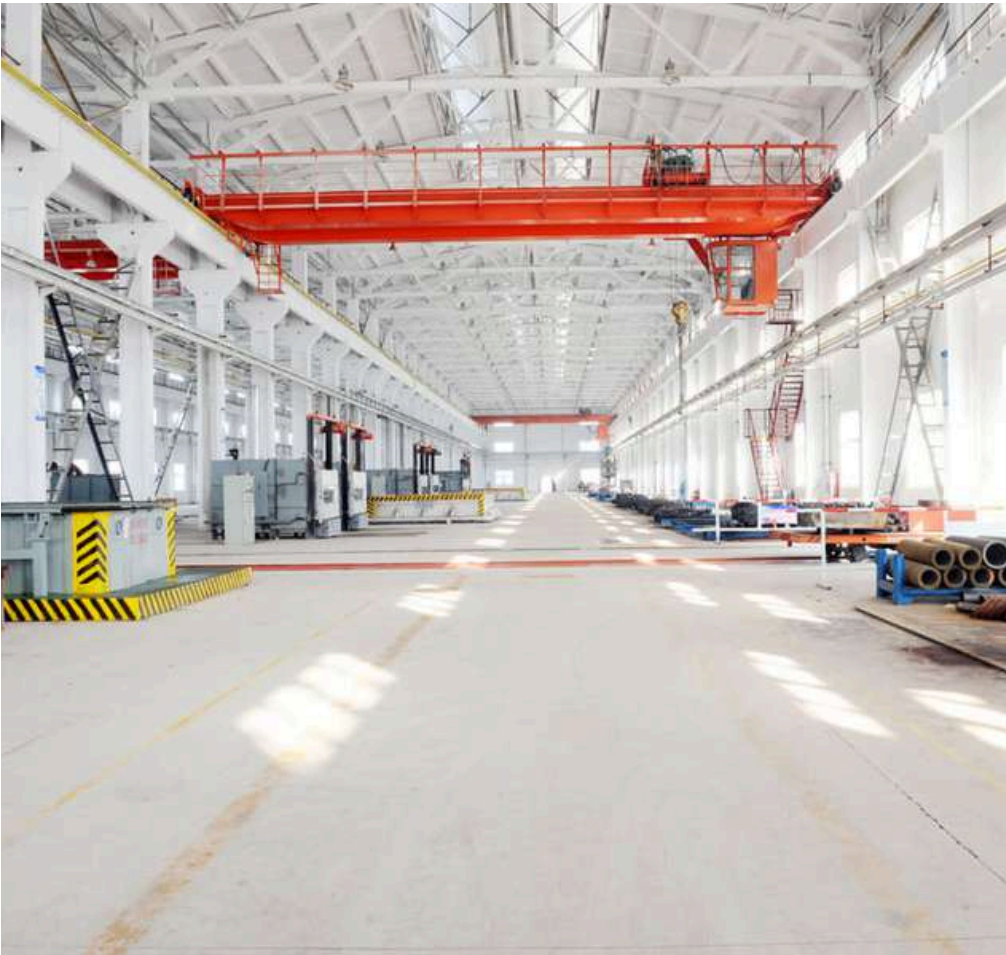


Figura 31: Iluminação indústrias

Códigos de Obras Municipais: Exigências mínimas de abertura para ventilação e iluminação. Escritórios:

Os Códigos de Obras municipais estabelecem parâmetros para o dimensionamento das aberturas, como janelas, em relação à área do piso dos ambientes, com a finalidade de assegurar condições adequadas de ventilação e iluminação natural. Embora essas exigências variem conforme cada município — como São Paulo e Rio de Janeiro —, elas seguem diretrizes gerais semelhantes.

O principal objetivo dessas normas é garantir a entrada de ar e luz natural nos ambientes internos. Em áreas de permanência prolongada, como salas e dormitórios, a área das aberturas costuma corresponder a uma proporção mínima da área do piso, definida pela legislação local.

Para ambientes como cozinhas, banheiros e áreas de serviço, os requisitos geralmente são mais flexíveis, podendo variar conforme uma proporção menor em relação ao piso ou atender a valores mínimos absolutos estabelecidos pelos códigos municipais.

No que diz respeito à ventilação, é comum a exigência de que a área destinada à circulação de ar corresponda, no mínimo, à metade da área de iluminação, ou seja, cerca de 50% do vão da abertura.

Como complemento, a ABNT NBR 15575 (Norma de Desempenho) estabelece critérios adicionais relacionados ao conforto ambiental e ao desempenho das edificações, reforçando a importância do adequado dimensionamento das aberturas.

Medição: Uso do luxímetro para verificar os níveis de iluminância em campo.

A norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 estabelece critérios para a iluminação de ambientes internos de trabalho, com o objetivo de garantir conforto visual e bom desempenho nas atividades. Nesse contexto, a medição em campo com o uso de luxímetro é fundamental para verificar se os níveis de iluminância atendem aos valores recomendados pela norma.

Para a realização das medições, deve-se utilizar um luxímetro devidamente calibrado. Antes do uso, recomenda-se expor a fotocélula à luz por alguns minutos, a fim de estabilizar o equipamento. As leituras devem ser feitas no plano de trabalho, ou seja, na superfície onde ocorre a tarefa visual, como mesas ou bancadas. Na ausência de um plano definido, considera-se uma altura entre 0,75 m e 0,80 m acima do piso.

As medições devem ser realizadas com o sistema de iluminação em funcionamento. Dependendo do objetivo da análise, pode-se isolar a iluminação artificial ou natural. Além disso, é importante evitar interferências durante a medição, como sombras projetadas pelo operador ou reflexos provenientes de roupas claras.

O ambiente deve ser dividido em uma malha regular, geralmente composta por áreas quadradas, para garantir uma amostragem representativa. A quantidade de pontos de medição varia conforme as dimensões do espaço e o índice do ambiente, podendo ir de 9 a 36 pontos ou mais.

O sensor do luxímetro deve ser posicionado horizontalmente sobre o plano de trabalho, mantendo uma distância mínima de aproximadamente 0,5 m das paredes. Em cada ponto, é necessário aguardar a estabilização da leitura antes de registrar os valores.

Cálculo da iluminância média:

A iluminância média é obtida por meio da média aritmética dos valores medidos nos diferentes pontos do ambiente, permitindo avaliar se o nível geral de iluminação está conforme os requisitos normativos.

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

Níveis de iluminância recomendados (exemplos)

- Alguns valores típicos incluem:
- Áreas de circulação: aproximadamente 100 lux;
- Depósitos e estoques: cerca de 100 lux;
- Áreas de usinagem bruta: em torno de 300 lux;
- Escritórios ou usinagem média: cerca de 500 lux.

A verificação dos níveis de iluminação também está relacionada às exigências da NR-17 (Ergonomia) e da norma de higiene ocupacional NHO 11, contribuindo para a prevenção de problemas de saúde e questões trabalhistas. Em situações de desconforto visual, pode ser necessário avaliar também o ofuscamento, por meio do índice UGR.

Capítulo VII - Cálculo Luminotécnico e Exercícios

A determinação das características da luz artificial, seja em espaços fechados ou ao ar livre, é feita por meio do planejamento da iluminação. O objetivo é assegurar que a claridade seja suficiente, que o conforto visual seja garantido e que a energia seja utilizada de forma eficiente. Essa etapa é crucial no planejamento de projetos de arquitetura, pois a iluminação afeta diretamente a forma como percebemos o espaço, a utilidade dos ambientes e o bem-estar de quem os utiliza.

A quantidade de luz que atinge uma superfície, conhecida como iluminância, é medida em lux (lx). Para defini-la corretamente, levamos em conta a atividade realizada no local, as características do ambiente e as normas técnicas estabelecidas, como as da ABNT, principalmente a NBR ISO/CIE 8995, que trata da iluminação em locais de trabalho.

O cálculo é feito com base na relação entre a luz emitida pelas fontes de iluminação, o tamanho do ambiente e fatores de correção, como o aproveitamento da luz e a sua manutenção. O aproveitamento da luz está relacionado à eficiência do sistema em direcionar a luz para onde é necessário, levando em consideração o tipo de lâmpada, o formato do espaço e a capacidade das superfícies internas de refletir a luz. Já a manutenção da luz leva em conta a diminuição da luz ao longo do tempo, devido ao acúmulo de poeira e ao desgaste das lâmpadas.

Na prática, o cálculo da iluminação permite definir quantas lâmpadas são necessárias e como devem ser distribuídas para alcançar os níveis de luz recomendados, garantindo não apenas que se veja bem, mas também a qualidade da luz, evitando problemas como ofuscamento e diferenças extremas de claro e escuro.

Portanto, o cálculo da iluminação é uma ferramenta fundamental para criar ambientes visualmente agradáveis, que utilizam a energia de forma eficiente e que são tecnicamente adequados para cada tipo de uso.

Para calcular a quantidade de lâmpadas necessárias em um ambiente, são necessários alguns cálculos, que podem ser representados pelas fórmulas a seguir.

Cálculo de número de luminárias

n.lum =

E_{med} x área

(n.lamp/lum) (lm/lamp) (FU) (MF)

E_{med} = iluminância média;
n.lamp/lum = número de lâmpadas por luminária;
lm/lamp = fluxo luminoso da lâmpada;
n.lum = número de luminárias;
FU = fator de utilização ou coeficiente de utilização;
Área = área considerada para cálculo.
MF = Fator de Manutenção

Cálculo de iluminância média

E_{med} =

(n.lamp/lum) (lm/lamp) (n.lum) (FU) (LLD) (LDD)

área

E_{med} = iluminância média;
n.lamp/lum = número de lâmpadas por luminária;
lm/lamp = fluxo luminoso da lâmpada;
n.lum = número de luminárias;
FU = fator de utilização ou coeficiente de utilização;
LLD = depreciação do fluxo luminoso da lâmpada;
LDD = depreciação da luminária por sujeira;
Área = área considerada para cálculo.

Fator de Depreciação ou Fator de Manutenção (MF)

Valores que podem ser levados em consideração para os cálculos:

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

Leva em consideração a redução da saída de luz do conjunto, em relação ao envelhecimento das lâmpadas e do acúmulo de sujeira nas mesmas.

Capítulo VII - Cálculo Luminotécnico e Exercícios

Fator de Utilização ou Coeficiente de Utilização (FU)

É necessário saber Índice do Local (K) ou o RCR (fator local diferenciado) e as refletâncias das superfícies.

$$K = \frac{a \cdot b}{h \times (a + b)}$$

$$RCR = \frac{5h (a + b)}{(a \cdot b)}$$

a – comprimento;
b – largura;
h – altura da luminária ao plano de trabalho.

- Refletâncias: deve ser aplicada como:
Teto/Parede/Piso = XXX

Índice	Reflexão	Significado
1	10%	Superfície escura
3	30%	Superfície média
5	50%	Superfície clara
7	70%	Superfície branca

- Fator de Utilização ou Coeficiente de Utilização (FU) – K

Índice do Local (K)	Refletâncias								
	751	731	711	551	531	511	331	311	000
0.60	.29	.24	.21	.28	.24	.21	.24	.21	.20
0.80	.34	.30	.27	.34	.30	.27	.29	.26	.25
1.00	.39	.35	.32	.38	.34	.31	.34	.31	.30
1.25	.43	.39	.36	.42	.39	.36	.38	.36	.34
1.50	.46	.43	.40	.45	.42	.39	.41	.39	.38
2.00	.51	.48	.45	.50	.47	.45	.46	.44	.43
2.50	.54	.51	.49	.53	.50	.48	.49	.48	.46
3.00	.56	.53	.51	.54	.52	.51	052	.50	.49
4.00	.58	.56	.54	.57	.55	.54	.54	.53	.51
5.00	.59	.58	.56	.58	.57	.55	.56	.55	.53

- Fator de Utilização ou Coeficiente de Utilização (FU) – RCR

Teto (%)	70			50			30			0
Parede (%)	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
Chão (%)	20			20			20			0
RCR	Fator de Utilização (%)									
0	91	91	91	87	87	87	83	83	83	78
1	82	80	78	79	77	76	76	75	73	70
2	74	70	67	71	68	65	69	66	64	61
3	66	61	57	64	60	56	62	58	56	53
4	60	54	50	58	53	49	56	52	48	46
5	54	48	43	52	47	43	51	46	43	41
6	48	42	38	47	42	38	46	41	37	36
7	44	38	34	43	37	33	42	37	33	32
8	40	34	30	39	34	30	38	33	30	28
9	37	31	27	36	30	27	35	30	27	25
10	34	28	24	33	28	24	32	27	24	23

Exercícios

Calcular a quantidade de luminárias que será necessária para iluminar um escritório com 36 x 18 metros de área e 3,50 metros de pé direito. Esboçar a distribuição das luminárias na sala. Compare os modelos de luminárias a seguir.

Dados:
Nível de iluminância: 500 lux.
Teto e parede claros e piso escuro.
Lâmpadas novas e limpas com período de manutenção de 2.500h

Modelo 01- CAA01-S416



Figura 32: Modelo de luminária.

$$n.lum = \frac{E_{med} \times \text{área}}{(n.lamp/lum) (lm/lamp) (FU) (MF)}$$

Emed = 500 lux
n.lamp/lum = 4
lm/lamp = 4200 lm
n.lum = ?
FU = ?
Área = 648 m²
MF = 0,95

$$K = \frac{a \cdot b}{h \times (a + b)}$$

a – 65,3 cm
b – 65,3 cm
h – 262,5 cm

$$k = \frac{65,3 \times 65,3}{262,5 \times (65,3 + 65,3)} \quad k = 0,124380952$$

Para achar o **FU** , se analisa refletância e o K, neste caso FU = 0.42. Visto que a refletância é 551 e K é aproximadamente 1,25

$$n.lum = \frac{E_{med} \times \text{área}}{(n.lamp/lum) (lm/lamp) (FU) (MF)}$$

$$n.lum = \frac{500 \times 648}{4 \times 4200 \times 0,95 \times 0,42} \approx 48,33512$$

Nesse caso, seriam necessárias aproximadamente **48 luminárias** para suprir a demanda deste ambiente.

Capítulo VII - Cálculo Luminotécnico e Exercícios

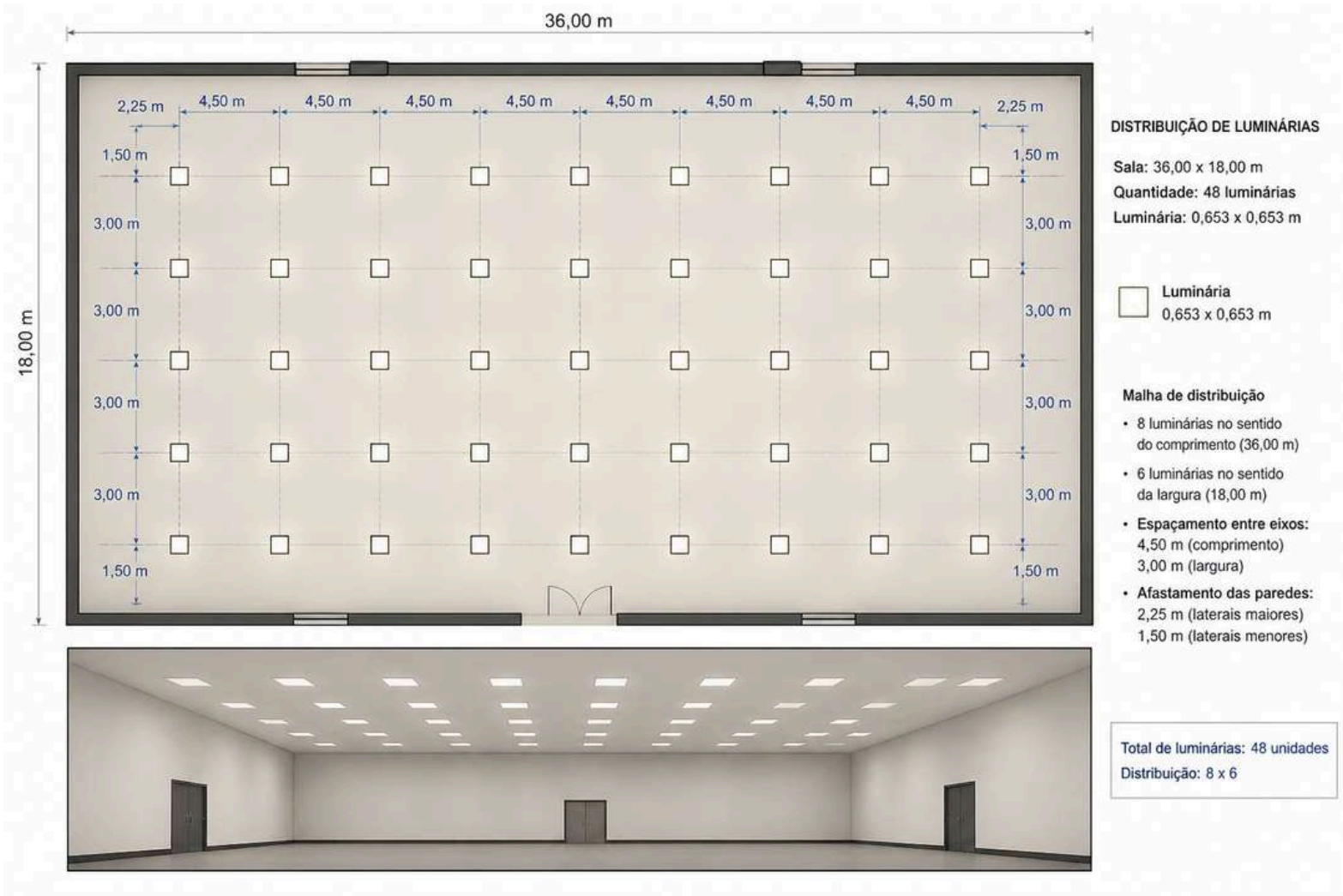


Figura 33: Modelo de distribuição gerado por Inteligencia Artificial

Modelo 02- FAA04-E414



Figura 34: Modelo de luminária.

$$K = \frac{a \cdot b}{h \times (a + b)}$$

a – 61,7 cm
b – 61,7 cm
h – 263,9 cm

$$k = \frac{61,7 \times 61,7}{263,9 \times (61,7 + 61,7)}$$

$$k \approx 0,1169$$

Para achar o **FU** , se analisa refletância e o K, neste caso FU = 0.38. Visto que a refletância é 551 e K é aproximadamente 1,00.

$$n.lum = \frac{E_{med} \times \text{área}}{(n.lamp/lum) (lm/lamp) (FU) (MF)}$$

$$n.lum = \frac{E_{med} \times \text{área}}{(n.lamp/lum) (lm/lamp) (FU) (MF)}$$

Emed = 500 lux
n.lamp/lum = 4
lm/lamp = 4800 lm
n.lum = ?
FU = ?
Área = 648 m²
MF = 0,95

$$n.lum = \frac{500 \times 648}{4 \times 4800 \times 0,38 \times 0,95}$$

$$\approx 46,74515$$

Nesse caso, seriam necessárias aproximadamente **46 luminárias** para suprir a demanda deste ambiente.



Figura 35: Modelo de distribuição gerado por Inteligencia Artificial

Capítulo VII - Cálculo Luminotécnico e Exercícios

Modelo 03- FAA01-E



Figura 36: Modelo de luminária.

$$n.lum = \frac{E_{med} \times \text{área}}{(n.lamp/lum) (lm/lamp) (FU) (MF)}$$

E_{med} = 500 lux
n.lamp/lum = 2
lm/lamp = 2400 lm
n.lum = ?
FU = ?
Área = 648 m²
MF = 0,95

$$K = \frac{a \cdot b}{h \times (a + b)}$$

a – 61,7 cm
b – 26,7 cm
h – 265,9 cm

$$k = \frac{61,7 \times 26,7}{265,9 \times (61,7 + 26,7)}$$

k ≈ 0,0700851

Para achar o **FU** , se analisa refletância e o K, neste caso FU = 0.34. Visto que a refletância é 551 e K é aproximadamente 0,80.

$$n.lum = \frac{E_{med} \times \text{área}}{(n.lamp/lum) (lm/lamp) (FU) (MF)}$$

$$n.lum = \frac{500 \times 468}{2 \times 2400 \times 0,34 \times 0,95} \approx 150,92879$$

Nesse caso, seriam necessárias aproximadamente **150 luminárias** para suprir a demanda deste ambiente.

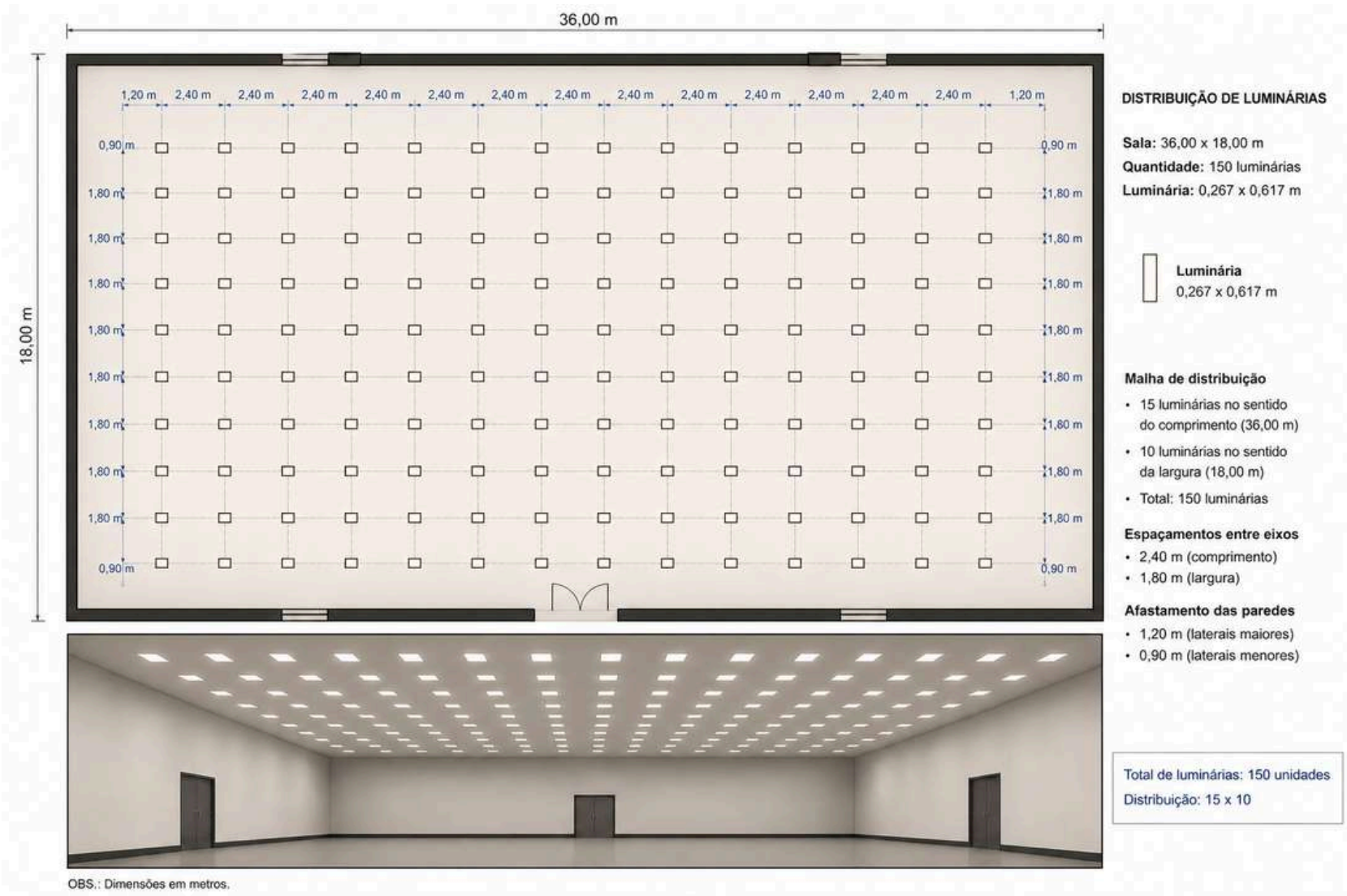


Figura 37: Modelo de distribuição gerado por Inteligencia Artificial

Capítulo VII - Cálculo Luminotécnico e Exercícios

Modelo 04- CAA02-E



$$K = \frac{a \cdot b}{h \times (a + b)}$$

a – 61,7 cm
b – 24,4cm
h – 212,5 cm

$$k = \frac{61,7 \times 24,4}{212,5 \times (61,7 + 24,4)}$$

k ≈ 0,0822835

Figura 38: Modelo de luminária.

$$n.lum = \frac{E_{med} \times \text{área}}{(n.lamp/lum) (lm/lamp) (FU) (MF)}$$

E_{med} = 500 lux
n.lamp/lum = 2
lm/lamp = 2400 lm
n.lum = ?
FU = ?
Área = 648 m²
MF = 0,95

$$n.lum = \frac{E_{med} \times \text{área}}{(n.lamp/lum) (lm/lamp) (FU) (MF)}$$

$$n.lum = \frac{500 \times 468}{2 \times 2400 \times 0,34 \times 0,95} \approx 150,92879$$

Nesse caso, seriam necessárias aproximadamente **150 luminárias** para suprir a demanda deste ambiente.

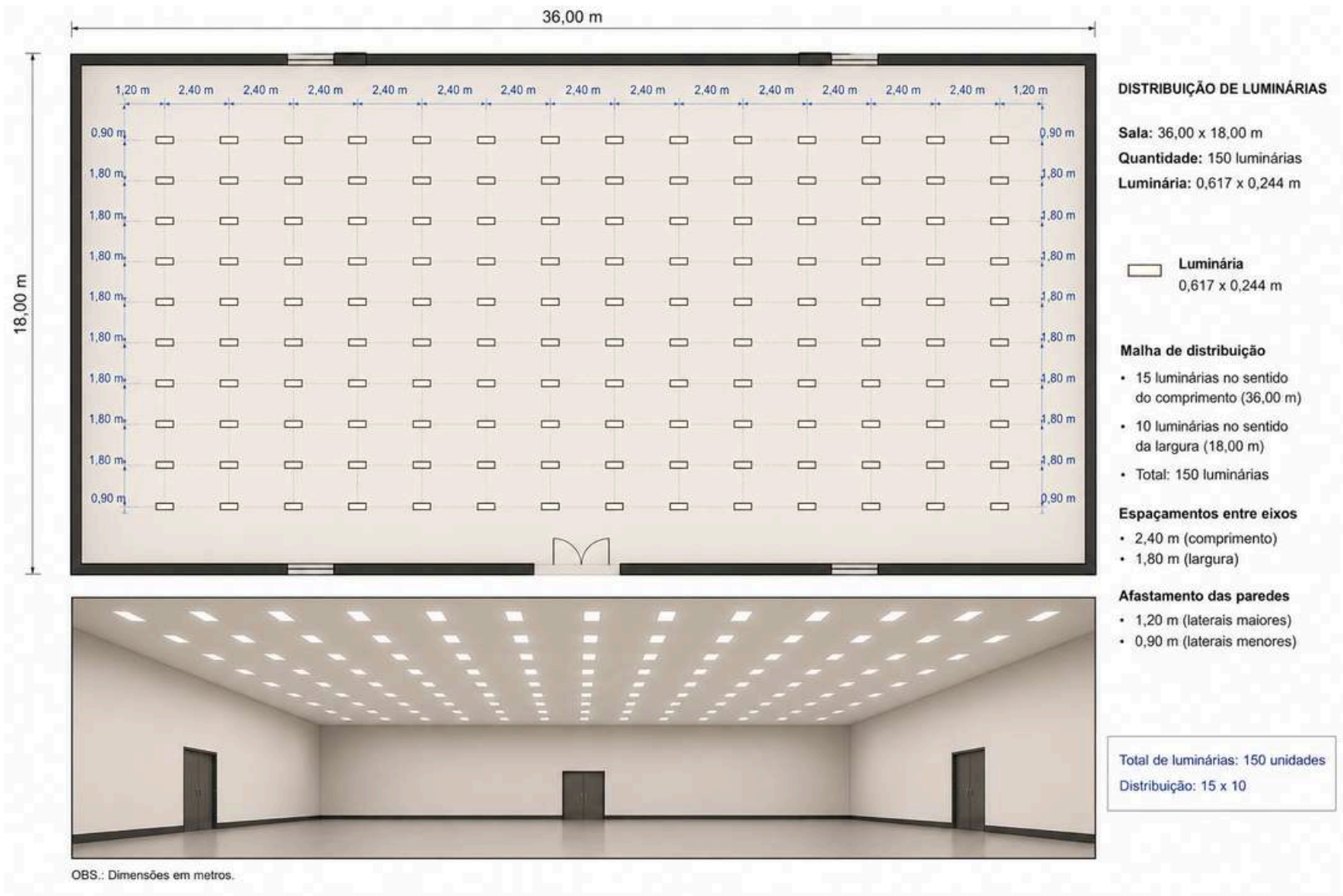


Figura 39: Modelo de distribuição gerado por Inteligencia Artificial

Referências

Capítulo I:

AMORIM, Cláudia Naves David. Iluminação natural na arquitetura: conceitos e aplicações. Brasília: Universidade de Brasília, 2007.

NEVE, Walter Pilotto. Iluminação natural na arquitetura. São Paulo: Pini, 1980.

QUEIROZ, Barbara Ludmilla das Neves de; SILVA, Arthur Santos. Análise da iluminação natural em uma sala de aula em relação ao conforto visual e o ciclo circadiano. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Disponível em: [Acessar artigo](#). Acesso em: 4 maio 2026.

ALBUQUERQUE, Milena Sampaio Cintra de; AMORIM, Cláudia Naves David. Iluminação natural e eficiência energética em edificações. Ambiente Construído, 2010. Disponível em: [Acessar artigo](#). Acesso em: 5 maio 2026.

Capítulo II:

Iluminação com LED: porque promove a sustentabilidade? Disponível em: <<https://www.qluzpalhoca.com.br/iluminacao-led/>>.

DATACOLOR. O que é luz? Uma introdução à visão humana das cores. Disponível em: <<https://www.datacolor.com/pt-br/business-solutions/blog/what-is-light-an-introduction-to-human-color-vision/>>. Acesso em: 4 maio. 2026.

Efeitos da luz nos ritmos humanos. Disponível em: <<https://cienciahoje.org.br/artigo/efeitos-da-luz-nos-ritmos-humanos/>>. Acesso em: 4 maio. 2026.

Capítulo III:

Figura 8: <https://elements.envato.com/pt-br/woman-reading-book-in-nature-under-warm-sunlight-w-PQG7A63?srsId=AfmBOopUKtCZIUeaMT0NOswADOAiVfskTtrALyVRdyhFZtBtSQ9UoLzG> Acesso em: 4 maio. 2026.

Figura 9: <https://imo.com.br/anatomia-do-olho-humano/>Acesso em: 4 maio. 2026.

Figura 10: <https://www.eztec.com.br/blog/conheca-os-principais-beneficios-da-luz-natural-para-o-seu-imovel/> Acesso em: 4 maio. 2026.

Figura 11: <https://marcondescesar.com.br/o-que-e-iluminacao-circadiana-e-a-sua-importancia-no-nosso-cotidiano/> Acesso em: 4 maio. 2026.

Capítulo IV:

Sistemas para incorporar a iluminação zenital em seus projetos . Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/895833/5-sistemas-para-incorporar-a-iluminacao-zenital-em-seus-projetos/5b17dc3df197cc5f9e00002f-5-sistemas-para-incorporar-a-iluminacao-zenital-em-seus-projetos-foto>>. Acesso em: 5 maio. 2026.

Figura 12: Disponível em: <<https://papodearquitecto.com.br/wp-content/uploads/iluminacao-natural-na-arquitetura-1.jpg>>. Acesso em: 5 maio. 2026c.

Figura 13: Disponível em: <<https://www.instagram.com/p/DMIEAL-MBGn/>>. Acesso em: 5 maio. 2026.

Figura14: Disponível em: <https://images.adsttc.com/media/images/5b17/dc3d/f197/cc5f/9e00/002f/newsletter/1_Claraboia.jpg?1528290353>. Acesso em: 5 maio. 2026.

Figura15: Disponível em: <https://images.adsttc.com/media/images/5b17/dc78/f197/cc9e/d500/0066/newsletter/1_Shede.jpg?1528290412>. Acesso em: 5 maio. 2026b

Figura 16: Disponível em: <https://images.adsttc.com/media/images/5b17/dc66/f197/cc9e/d500/0065/newsletter/1_Lanternim.jpg?1528290395>. Acesso em: 5 may. 2026e.

Figura 17: Disponível em: <https://images.adsttc.com/media/images/5b17/dc49/f197/cc9e/d500/0064/newsletter/1_Atrio.jpg?1528290366>. Acesso em: 5 maio. 2026d.

Referências

[...]

Capítulo V:

Figura 18: ARTIGO 1. [Imagem ilustrativa]. [S. l.: s. n.], [20–]. 1 fotografia, color. Disponível em: https://blogger.googleusercontent.com/img/b/R29vZ2xl/AVvXsEhYi-MRt-1XJm1ysHUBnNHK5sG7Sz1ZWUx2WFHDLLh5O_SPqrQwrPiCVER1bYMdGwceqE49LNHwhmBCbEny1zwMg gQVeJ-0fuuoas7is_b4s1XiDSONW2sUpNoj2h3RDSN9bNR0NKAw9ei7/s1600/artigo1.jpg. Acesso em: 4 maio 2026.

Figura 19: COR de luz. [S. l.: s. n.], [20–]. 1 ilustração, color. Disponível em: [https://cdn.prod.website-files.com/5eea5dfef03bd29ec5cd9a27/63769fa6dc84e50edf863763_AnyConv.com__Cor%20de%20luz%20\(1\)%20\(1\).webp](https://cdn.prod.website-files.com/5eea5dfef03bd29ec5cd9a27/63769fa6dc84e50edf863763_AnyConv.com__Cor%20de%20luz%20(1)%20(1).webp). Acesso em: 4 maio 2026.

Figura 20: LÂMPADA Edison com filamento incandescente de tungstênio. Freepik, [S. l.], [20–]. 1 fotografia, color. Disponível em: https://img.freepik.com/fotos-premium/lampada-edisons-com-filamento-incandescente-de-tungstenio_42691-718.jpg. Acesso em: 4 maio 2026.

Figura 21: LÂMPADA halógena dicroica 50W 12V 36GR GU5.3. Loja Elétrica, [S. l.], [20–]. 1 fotografia, color. Disponível em: https://www.lojaeletrica.com.br/media/catalog/product/2/3/2350800000464_Lampada__Halogena_Dicroica_50W_12V_36GR_GU5.3.JPG. Acesso em: 4 maio 2026.

Figura 22: LÂMPADA fluorescente. Eletro MW, Vitória, 2024. 1 fotografia, color. Disponível em: <https://loja.eletromw.com.br/wp-content/uploads/2024/01/IMAGENS-E-COMM-VITORIA-2026-03-20T090457.633.jpg>. Acesso em: 4 maio 2026.

Figura 24: LÂMPADA de descarga. Avida Iluminação, [S. l.], 2025. 1 fotografia, color. Disponível em: <https://avidailuminacao.co.ao/wp-content/uploads/2025/04/4030150.webp>. Acesso em: 4 maio 2026.

Figura 25: PROJETOR de LED Everled. Novvalight, [S. l.], [20–]. 1 fotografia, color. Disponível em: <https://novvalight.com.br/catalogo/projetor-de-led-everled/>. Acesso em: 4 maio 2026.

Figura 26: LÂMPADA LED. Amazon, [S. l.], [20–]. 1 fotografia, color. Disponível em: https://m.media-amazon.com/images/I/71SRS4g7FyL.AC_UF894,1000_QL80.jpg. Acesso em: 4 maio 2026.

Capítulo VI:

NBR/ISO 8995-ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES DE TRABALHO — Páginas Pessoais - UTFPR. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/instalacoes-prediais-1/normas-e-tabelas-de-dimensionamento/NBRISO_CIE8995-1.pdf/view>.

NBR, N. Luxatec. Disponível em: <<https://www.luxatec.com.br/blog/norma-nbr-8995-o-que-ela-diz-sobre-iluminacao>>. Acesso em: 5 maio. 2026.

MB, G. NBR ISO 8995-1: tire todas as suas dúvidas sobre a. Disponível em: <<https://grupomb.ind.br/nbr-iso-8995-1/>>. Acesso em: 4 maio 2026.

ARQBIO CONSULTORIA. Norma ISO/CIE 8995-1 - Iluminação em ambientes de trabalho interno. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7214p12AYSk>>. Acesso em: 5 maio. 2026.

ROBERTA VENDRAMINI - CURSOS CONSTRUIR. Projetos de Prefeitura: Tabela de Iluminação e Ventilação. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=P4kpSSMzc-E>>. Acesso em: 25 out. 2024.

BRLUX LED | ILUMINAÇÃO EXCELENTE. NORMA DE ILUMINAÇÃO NBR 8995-1. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Ucr9nwkcwuo>>. Acesso em: 5 maio. 2026.

Referências

[...]

Capítulo VII:

FERNANDO. Cálculo luminotécnico industrial: entenda o que é, como fazer e mais! Disponível em: <<https://www.luterled.com.br/blog-iluminacao-calculo-luminotecnico/>>. Acesso em: 5 maio. 2026.

SANTANNA, Thierry. Como fazer o projeto luminotécnico em projetos de iluminação? Disponível em: <<https://novvalight.com.br/blog/projeto-luminotecnico/calculo-luminotecnico/>>. Acesso em: 5 maio. 2026.

Lumicenter Iluminação: Home. Disponível em: <<https://lumicenter.com/>>. Acesso em: 5 maio. 2026.

Figura 32: Disponível em: <<https://lumicenter.com/storage/cf/8RE3UAR4NB8FFTQM8SI21EJIJM.webp>>. Acesso em: 5 maio. 2026.

Figura 33: Disponível em: <https://chatgpt.com/backend-api/estuary/content?id=file_000000005d0471f58256bda5c2b3fc13&ts=493894&p=fs&cid=1&sig=587f18f5017d25edabf73da851c3aebca2a0b46abb378898dd7ecdd4d811a07f&v=0>. Acesso em: 5 maio. 2026d.

Figura 34: Disponível em: <<https://lumicenter.com/storage/cf/N0GE2FQNEKUSGTWRSRWJGCOM9Y.webp>>. Acesso em: 5 maio. 2026b.

Figura 35: Disponível em: <https://chatgpt.com/backend-api/estuary/content?id=file_00000000f2b071f597171602a875f8f1&ts=493895&p=fs&cid=1&sig=d0cbf6299393932cb97bd6b42090ca14958c3856a4f2a4aa6e635a7398e6fe54&v=0>. Acesso em: 5 maio. 2026c.

Figura 36: Disponível em: <<https://lumicenter.com/storage/cf/EEZBLSQJAISPDEHRMXQU8UV6CL.webp>>. Acesso em: 5 maio. 2026e.

Figura 37: Disponível em: <https://chatgpt.com/backend-api/estuary/content?id=file_000000005334720ea639a2efaf409959&ts=493895&p=fs&cid=1&sig=4a7e0d1c6f2f5c9051f80cd1a3839ebb91d728fd714f29bc91e4e42a27eafee8&v=0>. Acesso em: 5 maio. 2026f.

Figura 38: Disponível em: <<https://lumicenter.com/storage/cf/PTQQTGFRGZXQXAECDHJVSDAYQ.webp>>. Acesso em: 5 maio. 2026g.

Figura 39: Disponível em: <https://chatgpt.com/backend-api/estuary/content?id=file_0000000075d871f5ac50bdaa05bfcb75&ts=493895&p=fs&cid=1&sig=bfac1f4318fd6a26b31f272c3cd044e4efeb7efe36971ff6033e1dc4a20f8e13&v=0>. Acesso em: 5 maio. 2026h.