



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**RAFAEL DE SOUSA CAMELO**

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO LUMINOSO NO CAMPUS I DA UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DA PARAÍBA**

Campina Grande – PB  
2016

**RAFAEL DE SOUSA CAMELO**

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO LUMINOSO NO CAMPUS I DA UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Área de concentração: Engenharias

Orientadora: Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira.

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

C181a Camelo, Rafael de Sousa.

Avaliação do conforto luminoso no campus I da Universidade Estadual da Paraíba [manuscrito] / Rafael de Sousa Camelo. - 2016.

49 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.

"Orientação: Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Conforto luminoso. 2. Iluminação artificial. 3. NBR ISO 8995-1. 4. Estresse visual. I. Título.

21. ed. CDD 621.32

RAFAEL DE SOUSA CAMELO

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO LUMINOSO NO CAMPUS I DA UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à coordenação do curso de  
Engenharia Sanitária e Ambiental da  
Universidade Estadual da Paraíba, em  
cumprimento às exigências para  
obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovado em 24 de MAIO de 2016

**BANCA EXAMINADORA**

Celeide Maria Belmont Sabino Meira  
Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira (Orientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (CCT/UEPB)

Ruth Silveira do Nascimento  
Profa. Dra. Ruth Silveira do Nascimento (Examinadora Interna)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

William de Paiva  
Prof. Dr. William de Paiva (Examinador Interno)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Campina Grande – PB  
2016

*“Á Deus que sempre esteve comigo, pois mesmo nos momentos difíceis da minha vida, Ele sempre me deu forças para continuar lutando e acreditando nos objetivos traçados em minha vida.”*

## AGRADECIMENTOS

Á Deus por ter me dado saúde e disposição para enfrentar os desafios do dia a dia durante esses cinco anos.

A minha família que foram os pilares dessa conquista, não me deixando desanimar e me dando total apoio e suporte durante essa graduação.

Aos professores que contribuíram com minha formação e me ajudaram com todo o seu conhecimento e experiência de vida.

A Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira pela a orientação e oferecendo a oportunidade de desenvolvimento deste trabalho.

A o meu co-orientador Cícero Fellipe Diniz de Santana por ter me ajudado nessa monografia, com toda sua atenção e disposição, tanto na coleta dos dados, quanto no desenvolvimento do trabalho.

Aos companheiros de sala que estiveram comigo durante essa jornada, em especial ao grupo de estudo formado no 5º período, Rennan, Mariah, Jayne, Yuri, Thiago e Danyllo.

As amizades que fiz no curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e na Universidade Estadual da Paraíba durante essa graduação.

Enfim, a todos que de alguma forma esteve comigo, torceu por mim, e me ajudou nessa batalha.

*Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,  
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram  
conquistadas do que parecia impossível. (Charles Chaplin)*

## RESUMO

A iluminação é um dos parâmetros essenciais para a concepção de qualquer projeto. O tipo de iluminação empregado irá caracterizar a edificação, adequando-se a sua função e possibilitando o exercício das atividades visuais. Em edificações de ensino superior, é o projeto de iluminação que possibilitará o desenvolvimento das tarefas visuais que auxiliarão no aprendizado. O sistema de iluminação artificial apresentado atualmente em salas de aulas, principalmente na rede pública de ensino, não leva em conta a diversidade das atividades executadas nestes ambientes e, muitas vezes, desconsidera parâmetros importantes como: a orientação, as dimensões e as atividades visuais desenvolvidas. Aparentemente, o objetivo geral dos projetos de iluminação artificial é atingir os níveis de iluminação mínimos recomendados, com baixo custo de implementação. Este trabalho teve como objetivo analisar e avaliar as condições de conforto luminoso a que os ocupantes do campus I da Universidade Estadual da Paraíba em Campina Grande – PB estão submetidos e propor recomendações para o melhoramento do estresse visual. As análises foram realizadas no mês de fevereiro no turno da noite, em cinco salas de aula, 1 auditório e 1 laboratório, que fazem parte do campus I da UEPB. As aferições foram realizadas com o auxílio do aparelho adequado luxímetro, entre as 19h e 21h. Os resultados da pesquisa contribuirão para a verificação das condições de conforto luminoso e a identificação da necessidade de manutenção das luminárias e lâmpadas que estão em desacordo com a norma e padrões de iluminação artificial. A avaliação do conforto luminoso atual nos ambientes em análise evidencia falhas no desenvolvimento dos projetos fornecido a edificações de ensino superior no País.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conforto luminoso. Iluminação artificial. NBR ISO 8995-1.

## ABSTRACT

Lighting is one of the essential parameters for the design of any project. The type of lighting used will characterize the building, adapting to its function and allowing the exercise of visual activities. In higher education buildings, it is the lighting project will enable the development of visual tasks that assist in learning. The artificial lighting system currently presented in classrooms, especially in public schools, does not take into account the diversity of activities performed in these environments and often disregards important parameters such as: orientation, dimensions and developed visual activities. Apparently, the overall goal of artificial lighting design is to achieve the recommended minimum lighting levels, with low-cost implementation. This study aimed to analyze and evaluate the lighting comfort conditions to which the occupants of the campus I of Paraiba State University in Campina Grande - PB are submitted and make recommendations for the improvement of visual stress. Analyses were carried out in February the night shift, in 5 classrooms, 1 auditorium and 1 Laboratory , which are part campus I of UEPB. The measurements were performed with the help of instrumentation light meter and a measuring tape between 19h and 21h. The research results will contribute to the verification of luminal comfort conditions and identifying the need for maintenance of fixtures and lamps that are at odds with the standard and artificial lighting standards. The assessment of the current lighting comfort in environments analysis shows the lack of commitment of the Government in the development of projects provided to higher education buildings in the country, it is a reality of the vast majority of Brazilian municipalities.

**KEYWORDS:** Comfort light. artificial lighting. ISO 8995-1.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 2.1</b>	Composição das cores.....	20
<b>Figura 2.2</b>	Eficiência energética (lm/w).....	22
<b>Figura 2.3</b>	Esquema de representação de fluxo luminoso.....	23
<b>Figura 2.4</b>	Compensação da depreciação no calculo da iluminância para ambientes com boa manutenção.....	25
<b>Figura 2.5</b>	Curva de distribuição de intensidades.....	26
<b>Figura 2.6</b>	Lâmpada Incandescente.....	27
<b>Figura 2.7</b>	Lâmpada fluorescente.....	28
<b>Figura 2.8</b>	Lâmpadas fluorescentes compactas.....	29
<b>Figura 3.1</b>	Localização do campus I da UEPB.....	31
<b>Figura 3.2</b>	Blocos CIA, CCBS e CCT, Campus I UEPB.....	32
<b>Figura 3.3</b>	Visita e coleta de dados.....	33
<b>Figura 3.4</b>	Luxímetro.....	33
<b>Figura 3.5</b>	Distribuição dos pontos de medição.....	35
<b>Figura 3.6</b>	Esquema de distribuição de luminárias.....	38
<b>Figura 4.1</b>	Comparativo da distribuição das luminárias, usando a NBR ISO 8995....	42
<b>Figura 4.2</b>	Comparativo da distribuição das luminárias, usando a NBR ISO 8995....	43
<b>Figura 4.3</b>	Comparativo da distribuição das luminárias, usando a NBR ISO 8995.....	43
<b>Figura 4.4</b>	Comparativo da distribuição das luminárias, usando a NBR ISO 8995.....	44
<b>Figura 4.5</b>	Comparativo da distribuição das luminárias, usando a NBR ISO 8995.....	44
<b>Figura 4.6</b>	Comparativo da distribuição das luminárias, usando a NBR ISO 8995.....	45
<b>Figura 4.7</b>	Comparativo da distribuição das luminárias, usando a NBR ISO 8995.....	45

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> Exemplo de tabela de fator de utilização de luminaria.....	24
<b>Tabela 3.1</b> Tabela de fator de utilização de luminária Teto/Parede/Piso.....	36
<b>Tabela 4.1</b> Levantamento dos dados para avaliação do projeto de iluminação.....	39
<b>Tabela 4.2</b> Dados obtidos do projeto atual de iluminação da UEPB.....	39
<b>Tabela 4.3</b> Valores calculados para cada ambiente analisado seguindo a NBR ISO 8995-1.....	41

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 2.1:</b> Níveis de iluminação recomendados para algumas tarefas típicas..	18
<b>Quadro 3.1:</b> Quadro índice local (K).....	35
<b>Quadro 3.2:</b> Tabela freqüência de limpeza das luminárias.....	37

# SUMÁRIO

<b>1.0</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>13</b>
1.1.1	Objetivo geral .....	13
1.1.2	Objetivo específico .....	13
<b>2.0</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Iluminação artificial noturna</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Conforto luminoso</b> .....	<b>15</b>
2.2.1	Tipos de iluminação .....	17
2.2.2	Iluminação no ambiente de trabalho.....	17
2.2.3	A iluminação e sua influência na saúde e bem-estar.....	18
2.2.4	Luz e cores .....	19
<b>2.3</b>	<b>Eficiência energética</b> .....	<b>20</b>
2.3.1	A lei da eficiência energética.....	20
2.3.2	Fluxo luminoso .....	21
2.3.3	Eficiência de lâmpada .....	22
2.3.4	Eficiência de luminária (rendimento da luminária) .....	23
2.3.5	Fator de depreciação (ou Fator de Manutenção).....	24
2.3.6	Nível de iluminância .....	24
2.3.7	Nível adequado de iluminância .....	25
2.3.8	Curva de distribuição luminosa .....	25
2.3.9	Iluminância .....	26
2.3.10	Luminância.....	26
2.3.11	Lâmpadas incandescentes.....	27
2.3.12	Lâmpadas fluorescentes .....	28
1.1.1	Luz e bem-estar .....	30
1.1.2	Luz e produtividade .....	30
<b>3.0</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Metodologia para análise do conforto luminoso artificial</b> .....	<b>33</b>
<b>3.2</b>	<b>Determinação do índice local (K)</b> .....	<b>34</b>
<b>4.0</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>39</b>
<b>4.1</b>	<b>Comparativo entre as normas NBR 5413 (norma antiga) e NBR ISO 8995-1 (norma atual)</b> .....	<b>40</b>
<b>4.2</b>	<b>Apresentação da NBR ISO 8995-1</b> .....	<b>40</b>
<b>4.3</b>	<b>Análise e diferenças</b> .....	<b>41</b>
4.3.1	Aplicação da NBR ISO 8995-1 no projeto luminotécnico das salas em análise. ....	41
4.3.2	Comparativo da distribuição das luminárias usando a NBR ISO 8995-1 .....	42
<b>5.0</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>47</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>48</b>

## 1.0 INTRODUÇÃO

De acordo com Dalvite et al, (2007), os ambientes construídos têm como função principal atender às necessidades humanas relativas à trabalho, moradia, lazer ou afins, ultrapassando o caráter de abrigo e constituindo-se como uma extensão do cotidiano e da própria vida do homem. Se considerarmos que invariavelmente estamos em contato direto com o ambiente construído que nos envolve, devemos, portanto, almejar que este nos garanta condições mínimas de bem-estar e conforto para que possamos desenvolver as atividades em todos os aspectos sensoriais.

Estudos sobre a exposição ocupacional a ambientes que são desconfortáveis com relação aos parâmetros ambientais têm sido cada vez mais comuns, tanto no âmbito acadêmico como no empresarial. Isto se deve às possíveis conseqüências negativas que os parâmetros ambientais podem provocar, tanto no desempenho profissional quanto na saúde dos trabalhadores.

Segundo Lida (2005), uma grande fonte de tensão no trabalho são as condições ambientais desfavoráveis, como excesso de calor, ruídos, pouca iluminação e vibrações. Esses fatores causam desconforto, aumentam os riscos de acidentes e podem provocar danos consideráveis à saúde. O conforto ambiental está predominantemente ligado a variáveis que representam uma parte importante do bem-estar das pessoas e da satisfação de alunos e professores que necessitam de ambientes de estudo saudáveis. É algo que, já comprovadamente, interfere no comportamento do ser humano, podendo provocar reações que vão do relaxamento total, ao surto psicótico (Coutinho, 2007).

A iluminação é um fator estratégico no ambiente de aprendizagem em função da intensiva solicitação visual imposta pela natureza da atividade. Para um melhor conforto visual é importante considerar: a intensidade da luz (nível de iluminação recomendado 500 lux), uniformidade local das densidades luminosas; uniformidade temporal da luz, arranjo das luminárias isento de ofuscamentos. A visão é responsável por aproximadamente 80% das informações que percebemos pelos sentidos, isso a transforma num dos mais importantes sentidos. Sem luz não se pode ver, mas também é certo que graças à capacidade da visão de adaptar-se às

condições insuficientes de luz, nem sempre se cuida adequadamente das condições de iluminação.

Estas condições inadequadas podem comprometer o processo de ensino-aprendizagem e a saúde física e psicológica dos alunos e professores. Percebe-se que a maioria das instituições públicas no Brasil não oferece condições de conforto ambiental adequadas para o desenvolvimento das atividades intelectuais lá exercidas. Deste modo, há necessidade iminente de investimentos continuados na infraestrutura do setor educacional no Brasil.

Neste contexto, este Trabalho tem como objetivo analisar e avaliar as condições de conforto luminoso a que os ocupantes de uma edificação de ensino superior em Campina Grande – PB estão submetidos e propor recomendações para a melhoria na iluminação e redução do estresse visual.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar as condições do conforto luminoso em alguns ambientes do campus I da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

### 1.1.2 Objetivo específico

- Estudar o nível de iluminação fornecida a algumas salas de aula da UEPB campus I e propor alternativas de solução para os problemas encontrados;
- Determinar os índices de conforto luminoso e avaliar a adequação do projeto luminotécnico elaborado para o ambiente de estudo.

## 2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Iluminação artificial noturna

Segundo Webb (2006), as edificações criam um ambiente artificial que difere das condições do ambiente externo. Antes do advento da iluminação artificial, havia um controle das atividades em grande parte pelo nascer e o pôr do sol. Períodos escuros eram para descansar e dormir e os períodos de luz eram para atividade.

Com a utilização da iluminação artificial, estes parâmetros se perderam e atividades de varias finalidades podem ser executadas a qualquer momento. Segundo Schmid (2005), não há dificuldade em iluminar um ambiente alterando a sua perspectiva através de um simples toque de interruptor, melhorando o aspecto de conforto aos olhos.

Há ocasiões em que um efeito de luz do dia é necessário. O autor comenta que atividades, como a leitura, necessitam de condições particulares de iluminação para que possam ser executadas. Porém, o período da noite geralmente é usado para as atividades que propiciem o relaxamento e descanso, o que pede mais suavidade na iluminação. Ainda segundo o autor a iluminação pode ser concebida e desenvolvida de modo a preservar, no que for possível, o caráter da noite.

Schmid (2005), não vê relações à visão com nenhuma tarefa exigindo concentração ou reconhecimento de objetos, não havendo explicação funcional para a manutenção de um alto nível de iluminação.

Este contexto caracteriza o cenário urbano atual, onde a luz artificial é utilizada sem critérios e os níveis de iluminância são cada vez maiores. A facilidade da iluminação artificial nos permitiu o trabalho noturno e atividades variadas neste período.

No cenário atual, Stevens (2009) relata que a humanidade evoluiu durante milhões de anos na Terra com um ciclo diário de 12 horas de luz e 12 horas de escuro. A iluminação artificial foi introduzida há apenas 130 anos e a partir disto as pessoas começaram a ter o período noturno drasticamente modificado. Ainda o mesmo autor relata que além da perda da noite estrelada a luz elétrica ampliou o período iluminado em residências até tarde da noite. Para Shuboni e Yan (2010) a iluminação artificial alterou as condições ambientais, as noites estão visivelmente

mais claras. Isto é notável principalmente nos centros urbanos, onde a concentração de edificações é maior.

A indústria de iluminação tem criado luminárias com diferentes sistemas e formas de iluminação. O conhecimento relacionado aos efeitos da iluminação no período noturno complementado com o uso destas novas tecnologias de iluminação pode propiciar aos usuários uma nova forma de utilização da mesma. Nos períodos de descanso o usuário pode regular seu sistema afim de que o ambiente se torne mais confortável para este fim e que não interfira negativamente nos processos fisiológicos, contribuindo para sua saúde.

A qualidade de iluminação precisa definir novas teorias, com base na compreensão da ciência moderna e áreas afins. Entre estas se destaca os efeitos da iluminação artificial no organismo humano.

## **2.2 Conforto luminoso**

A luz pode ser definida como qualquer radiação capaz de provocar sensações visuais. A fonte natural de radiação eletromagnética é o sol. Lâmpadas são fontes artificiais comuns (SILVA 2008).

Conforto visual, segundo Lamberts et al (2004) é entendido como a existência de um conjunto de condições em determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade (medida da habilidade do olho humano em discernir detalhes) e precisão visual.

Para Schmid (2005) o conforto lumínico pode ser resumido aos ajustes dos níveis absolutos e relativos de brilho dos objetos ao propósito que temos para os ambientes, onde as fontes de luz servem para iluminar e não para serem vistas. Desse modo, procuramos ver sem causar danos à visão e sem sofrer estresse, e ver mais daquilo que cada tarefa nos pede e menos daquilo que nos desvia a atenção da tarefa.

De acordo com LIDA (2005) o correto planejamento da iluminação das cores contribui para aumentar a satisfação no trabalho, melhorar a produtividade e reduzir o estresse e os acidentes.

Um bom sistema de iluminação deve assegurar níveis de iluminação que mantenham o conforto visual garantindo o contraste adequado à tarefa a ser realizada e o controle dos ofuscamentos. Uma inadequação deste sistema poderá acarretar em

danos à saúde visual das pessoas no ambiente e uma piora para os que apresentam problemas de visão.

Segundo Romero e Ornstein (2013) para um bom desempenho da iluminação do ambiente construído os parâmetros a serem observados são: características das aberturas, considerando suas tipologias e dimensões, tipos de vidros e fatores de sombra internos ou externos. Acrescentam-se a estes parâmetros a incidência da luz natural na edificação e as características do ambiente interno, tais como: cores das paredes, tetos, pisos e mobiliário, quantidade e potência das luzes artificiais.

Quanto mais propício for o ambiente para a realização de tarefas visuais, menor será o esforço físico que o olho terá de fazer para se adaptar às condições ambientais e desenvolver bem a atividade em questão. Todavia, a quantidade de luz no ambiente interno não é o único requisito necessário para o conforto luminoso.

Lima e Martin (2009) consideram que o primeiro nível para avaliarmos o conforto luminoso refere-se à resposta fisiológica do usuário. Um determinado ambiente provido de luz natural e/ou artificial produz estímulos ambientais em termos de quantidade, qualidade da luz e sua distribuição, contraste. Os estímulos são físicos, objetivos e quantificáveis. Entretanto, os usuários percebem as variáveis físicas do espaço por meio de seus sentidos visuais, e a este, respondem por meio de sensações. Desse modo, sintetizam a relação conforto visual, exigências humanas e satisfação ao comentarem que “quanto menor for o esforço de adaptação do indivíduo, maior será sua sensação de conforto”.

Com base nos conceitos apresentados, este estudo entende que o conforto visual se refere a um conjunto de condições para que um determinado ambiente atenda às necessidades visuais, que venham a garantir desenvolvimento de tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à visão e com reduzidos riscos de acidentes. Já o conforto luminoso acrescenta a estes atributos ambientais aspectos subjetivos relacionados às preferências humanas. Assim, pode-se dizer que o conforto visual trata de aspectos quantitativos (nível de iluminância, ofuscamento e contraste), enquanto o conforto luminoso contempla ainda aspectos qualitativos relacionados ao bem-estar e à satisfação dos usuários no ambiente construído.

### 2.2.1 Tipos de iluminação

Existem dois tipos de iluminação: a natural e a artificial. De acordo com Silva (2008), a iluminação natural pode ser entendida como sendo a radiação luminosa visível proveniente do sol. Já a iluminação artificial é aquela obtida através de fontes artificiais, que convertem energia elétrica em luz.

A grande vantagem da iluminação artificial é permitir o desenvolvimento das atividades sem o limite de horário, podendo então se prolongar durante a noite. Para Silva (2008), utilizam-se basicamente quatro sistemas de iluminação artificial: geral, direcional, localizada e local.

Os níveis de iluminamento recomendados para iluminação artificial são baseados em tabelas elaboradas mediante dados práticos, em função do local e das diferentes tarefas visuais que neles se desenvolvem.

### 2.2.2 Iluminação no ambiente de trabalho

As tarefas visuais executadas nas indústrias possuem especificidades bem diferenciadas do que aquelas executadas em ambientes de estudo, nos escritórios e na residência. De acordo com Almeida (2013) nos ambientes de trabalho, a iluminação tem como objetivo permitir que a tarefa visual se faça sem dificuldade e de modo cômodo.

A iluminação tem papel fundamental para o desempenho das atividades, pois é através dela que se tem a percepção visual dos espaços e do objeto foco da atenção. No caso de ambientes de aprendizagem, é necessária a perfeita visualização do que está escrito no quadro-negro, além de um nível de iluminância adequado sobre o plano de trabalho de cada aluno (DALVITE et al 2007).

Para Almeida (2003) um ambiente de trabalho deve atender três requisitos: bom desempenho da visão, economia na execução e facilidade na manutenção. Uma iluminação é considerada adequada ao ambiente de trabalho quando permitir o máximo rendimento da visão com o mínimo esforço visual. Este tipo de iluminação resulta numa melhoria da qualidade do trabalho, diminuição dos erros, além de contribuir para o bem-estar psíquico das pessoas e redução dos acidentes de trabalho.

Um bom projeto de iluminação pode trazer os seguintes benefícios para o ambiente laboral: evitar incidentes e acidentes, melhora a produtividade, contribuir para a eficiência energética da edificação, contribuir para a redução dos custos de descarte e diminuição da fadiga do cliente interno, porque proporciona conforto visual (CORREIA, GONÇALVES e BASTOS, 2006).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT), cada ambiente requer níveis de iluminação ideal, estabelecido de acordo com as atividades a serem desenvolvidas. No Quadro 2.1 são apresentados alguns dos níveis de iluminação recomendados pela NBR 8995/2013 para as diferentes classes de tarefas visuais comuns. Os valores maiores são recomendados para melhor desempenho visual.

**Quadro 2.1:** Níveis de iluminação recomendados para algumas tarefas típicas.

28. Construções educacionais	$\bar{E}_M$ Lux	UGR <sub>L</sub>	Ra	Observações
Brinquedoteca	300	19	80	
Berçário	300	19	80	
Sala dos profissionais do berçário	300	19	80	
Salas de aula, salas de aulas particulares	300	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	19	80	

Fonte: (NBR) ISO – 8995/2013

Uma vez conhecido o nível de iluminância, pode-se fazer o cálculo luminotécnico para determinação do número de luminárias necessário para obtenção das condições adequadas de iluminação do ambiente. Inicialmente, é preciso identificar as características do ambiente (comprimento, largura, pé-direito e altura do plano de trabalho), além das cores e tipos de materiais empregados na construção, já que cada um apresenta um grau de reflexão.

### 2.2.3 A iluminação e sua influência na saúde e bem-estar

Um projeto de iluminação de um espaço deve levar em conta a interferência que a iluminação natural e artificial produz no organismo dos indivíduos que irão utilizar o mesmo. Estudos da influência da luz no organismo humano vêm sendo

apresentados e o entendimento desta é fundamental para que o projetista esteja consciente dos efeitos (positivos e negativos) que a luz projetada pode ocasionar.

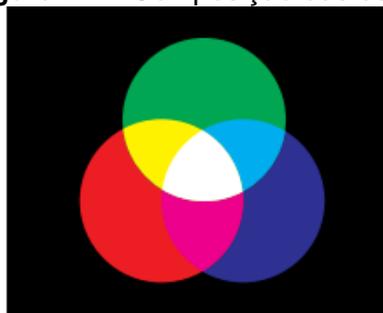
Os estudos sobre a relação da iluminação com a saúde e bem-estar dos usuários são bastante recentes. A luz transformou a sociedade moderna e trouxe inúmeros benefícios, em contrapartida o impacto da iluminação noturna sobre o nosso corpo precisa ser reconhecido e compreendido (SHUBONI e Yan 2010).

Martau et al (2010), falam que a exposição à luz pode ter tanto impactos positivos quanto negativos a saúde do homem e estes impactos podem tornar-se evidentes em curto prazo após a exposição ou depois de alguns anos. Entender como a luz influencia o corpo humano ajuda a descrever o impacto da mesma nos ocupantes dos edifícios.

Um dos efeitos fisiológicos da iluminação é a quantidade de luz que por muito tempo nos locais de estudo foram projetadas de forma a se economizar energia sem se importar com o conforto luminoso. A falta de atenção a estes fatores acarreta dores de cabeça, náuseas, depressão e irritabilidade emocional, conseqüentemente queda do rendimento da qualidade do estudo.

#### 2.2.4 Luz e cores

Geralmente pensamos que os objetos já possuem cores definidas. Na verdade, a aparência de um objeto é resultado da iluminação incidente sobre ele. Por exemplo, sob uma luz branca, a maçã aparenta ser de cor vermelha, pois ela tende a refletir a porção do vermelho do espectro de radiação, absorvendo a luz nos outros comprimentos de onda. Se utilizássemos um filtro para remover a porção do vermelho da fonte de luz, a maçã refletiria pouca luz, parecendo totalmente negra. Podemos ver que a luz é composta por três cores primárias. (OSRAM, 2014) (Figura 2.1).

**Figura 2.1 - Composição das cores**

Fonte: OSRAM

## 2.3 Eficiência energética

Uma edificação é mais eficiente energeticamente que outra quando proporciona as mesmas condições de conforto ambiental com um menor consumo de energia. Para complementar essa afirmação, Goulart (2008) alega que, através do uso consciente da energia no edifício, ao lado da incorporação de fontes alternativas de energia, busca-se a diminuição no seu consumo global. Assim, os projetos dos edifícios precisam atender a proposta de eficiência energética desde a sua concepção.

### 2.3.1 A lei da eficiência energética

Um marco importante para a eficiência energética no Brasil ocorreu com a sanção da Lei 10.295/2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. A lei prevê, em seu artigo 2º que o poder executivo estabelecerá “níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados e comercializados no país”. O Decreto 4.059/2001 instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), que possui dentre suas atribuições a elaboração das regulamentações específicas para cada tipo de aparelho consumidor de energia e o estabelecimento do Programa de Metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados por cada equipamento regulamentado.

O CGIEE iniciou seus trabalhos em julho de 2002 e obteve resultados concretos que se traduzirão em economia de energia significativa para o país ao longo do tempo. Inicialmente foram desenvolvidos os seguintes produtos principais:

- a) Plano de Trabalho para implementação da Lei.
- b) Regulamentação específica de motores.

c) Decreto Presidencial nº 4.508 de 11 de dezembro de 2002 que dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução.

O primeiro equipamento selecionado pelo CGIEE para ser objeto da regulamentação específica foi o motor elétrico trifásico, em função do significativo consumo de energia – estimado em cerca de 30% do consumo total do país e 50% do consumo do setor industrial. Da mesma forma, o estabelecimento de regulamentação específica para lâmpadas fluorescentes compactas propiciará a melhoria da qualidade geral dos produtos disponíveis, com a retirada do mercado de produtos de baixa qualidade. A consolidação da implementação da Lei Nacional de Eficiência Energética produzirá, como consequência, os seguintes fatos:

- a) Retirar do mercado, no médio e longo prazo, os equipamentos menos eficientes energeticamente.
- b) Obter economia de energia ao longo do tempo.
- c) Promover o desenvolvimento tecnológico, através da fabricação de equipamentos energeticamente mais eficientes.
- d) Promover o aumento da competitividade industrial do país.
- e) Reduzir os gastos dos consumidores.
- f) Contribuir para a redução dos impactos sócio-ambientais através do uso de equipamentos que consomem menos energia.

É importante citar que em paralelo a aplicação da Lei de Eficiência Energética, de natureza compulsória, tem-se o suporte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) estabelecendo padrões e /ou etiquetas de eficiência energética dos equipamentos, de forma voluntária. O Brasil começou a implementar o PBE com o apoio da Eletrobrás/Procel e do INMETRO, a partir de 1985. Entre os vários equipamentos já etiquetados podem ser destacados motores elétricos trifásicos, refrigeradores e congeladores (freezers), condicionadores de ar, coletores solares, lâmpadas fluorescentes compactas, reatores eletromagnéticos, fogões e fornos a gás.

### 2.3.2 Fluxo luminoso

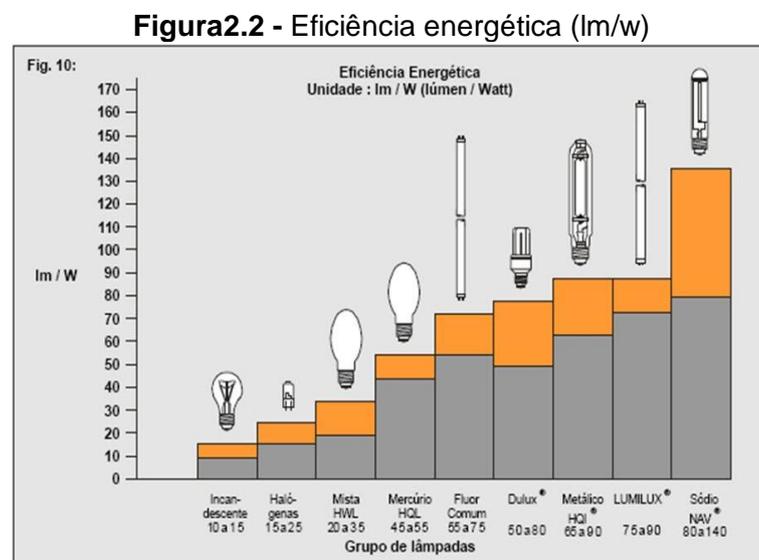
Bley (2012) fala que, “Fluxo Luminoso é a quantidade de energia ou potência de radiação radiante emitida em todas as direções por uma fonte luminosa que pode produzir estímulos visuais”. É medido pelas sensações luminosas capazes de

produzirem maiores ou menores estímulos da retina ocular. A unidade de fluxo luminoso é o lúmen (lm). A designação lúmen provém de o fato do olho humano ter sensibilidade diferente para os diversos comprimentos de onda.

Segundo Stuck (2006), o lúmen é definido como o fluxo luminoso emitido igualmente em todas as direções por um foco puntiforme, com intensidade de uma candela, e avaliado segundo um ângulo sólido ( $w$ ) de um esferoradiano. Para esclarecimento da definição, imagina-se uma esfera de um metro de raio, tendo no centro o foco de uma candela. Fazendo-se na superfície da esfera uma abertura de um metro quadrado, a quantidade de luz que passará por essa abertura será de um lúmen. Dessa definição pode-se concluir que o fluxo total emitido por um foco puntiforme com intensidade de uma Candela será  $4\pi$  lúmens.

### 2.3.3 Eficiência de lâmpada

As lâmpadas se diferenciam entre si não só pelos diferentes Fluxos Luminosos que irradiam, mas também pelas diferentes potências que consomem. Para poder compará-las, é necessário saber quantos lúmens são gerados por watt consumido. A essa grandeza dá-se o nome de Eficiência Energética (ou “Rendimento Luminoso”). A Figura 2.2 exemplifica as eficiências de alguns tipos de lâmpadas. Como geralmente a lâmpada é instalada dentro de luminárias, o Fluxo Luminoso final disponível é menor do que o irradiado pela lâmpada, devido à absorção, reflexão e transmissão da luz pelos materiais com que são construídas as luminárias.



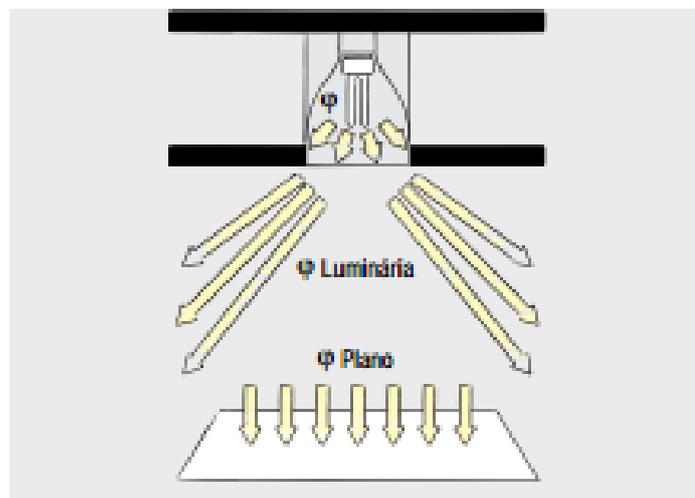
Fonte: OSRAM

### 2.3.4 Eficiência de luminária (rendimento da luminária)

As luminárias são equipamentos que recebem a fonte de luz (lâmpada) e modificam a distribuição espacial do fluxo luminoso produzido pela mesma. Suas partes principais são: O receptáculo para a fonte luminosa, os dispositivos para modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso emitido (refletores, difusores, colméias) e a carcaça, órgãos acessórios e de complementação.

Uma luminária eficiente otimiza o desempenho do sistema de iluminação artificial. Ao avaliar uma luminária, sua eficiência e suas características de emissão são de considerável importância. A eficiência de uma luminária pode ser obtida pela relação entre a luz emitida pela mesma e a luz emitida pela lâmpada. Isto se explica pelo fato de uma parte da luz emitida pela lâmpada ser absorvida pela luminária, enquanto o restante é emitida ao espaço. O valor da fração de emissão da luz da luminária depende dos materiais empregados na sua construção, da refletância das suas superfícies, de sua forma, dos dispositivos usados para proteger as lâmpadas e do seu estado de conservação. Quando se avalia a distribuição da luz a partir da luminária, deve-se considerar como ela controla o brilho, assim como a proporção dos lumens da lâmpada que chegam ao plano de trabalho. A luminária pode modificar (controlar, distribuir e filtrar), o fluxo luminoso (figura 2.3) emitido pelas lâmpadas: desviá-lo para certas direções (defletores), ou reduzir a quantidade de luz em certas direções para diminuir o ofuscamento (difusores).

**Figura 2.3** - Esquema de representação de fluxo luminoso



Fonte: OSRAM

### 2.3.5 Fator de depreciação (ou fator de manutenção)

Todo o sistema de iluminação, após sua instalação, tem uma depreciação no nível de iluminância ao longo do tempo. Esta é decorrente da redução do fluxo luminoso da lâmpada com o tempo e do acúmulo de poeira sobre lâmpadas e luminárias. Para compensar parte desta depreciação, estabelece-se um fator de depreciação que é utilizado no cálculo das quantidades de luminárias. Manual de iluminação PROCEL (2011). (Tabela 2.1).

**Tabela 2.1:** Exemplo de tabela de fator de utilização de luminaria

TETO (%)	70			50			30		0
PAREDE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0
PISO (%)	10			10			10		0
Kr	Fator de utilização								
0,60	34	29	26	33	29	26	29	26	25
0,80	40	36	33	39	35	32	35	32	31
1,00	45	41	38	44	41	38	40	38	36
1,25	50	46	43	49	45	43	45	42	41
1,50	53	50	47	52	49	46	48	46	45
2,00	58	55	52	56	54	52	53	51	50
2,50	60	58	56	59	57	55	56	55	53
3,00	62	60	58	61	59	58	58	57	55
4,00	64	63	61	63	62	60	61	59	58
5,00	66	64	63	64	63	62	62	61	59

Fonte: OSRAM

### 2.3.6 Nível de iluminância

A luz que uma lâmpada irradia, relacionada à superfície à qual incide, define uma nova grandeza luminotécnica denominada de Iluminamento, nível de iluminação ou Iluminância. Expressa em lux (lx), indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância dessa fonte. A equação que expressa esta grandeza é:

Eq (1)

$$E = \frac{\Phi}{A} \left( \frac{lm}{m^2} \right)$$

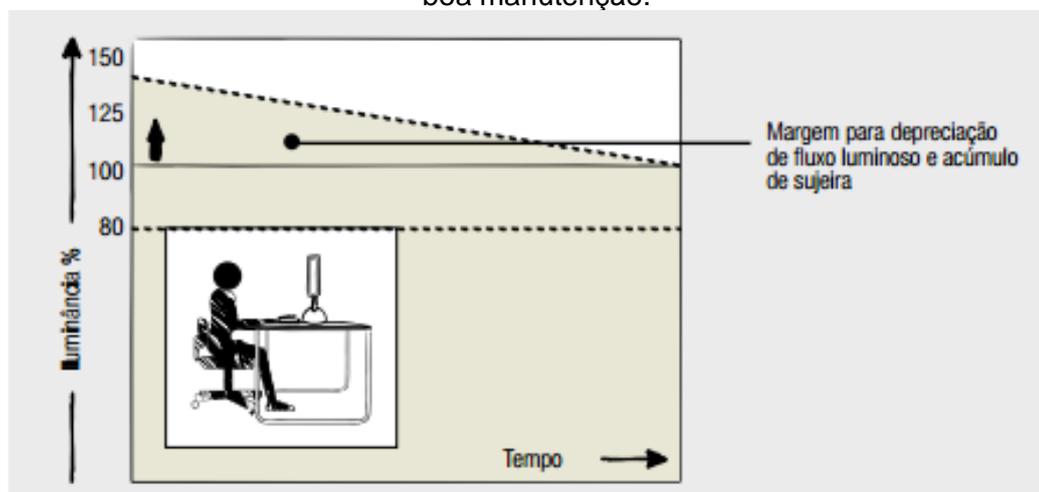
É também a relação entre intensidade luminosa e o quadrado da distância ( $I/m^2$ ). Na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente, e pode ser medida com

o auxílio de um luxímetro. Como o fluxo luminoso não é distribuído de maneira uniforme, a iluminância não será a mesma em todos os pontos da área em questão. Considera-se, por isso, a iluminância média ( $E_m$ ). A NBR 8995-1 especifica o valor mínimo de iluminância média, para ambientes diferenciados pela atividade exercida, relacionados ao conforto visual.

### 2.3.7 Nível adequado de iluminância

Quanto mais elevada à exigência visual da atividade, maior deverá ser o valor da Iluminância Média ( $E_m$ ) sobre o plano de trabalho. Deve-se consultar a norma NBR- 8995 para definir o valor de iluminância média pretendido. Como já foi mencionado anteriormente, deve-se considerar também que, com o tempo de uso, se reduz o Fluxo Luminoso da lâmpada devido tanto ao desgaste, quanto ao acúmulo de poeira na luminária, resultando em uma diminuição da Iluminância. Por isso, quando do cálculo do número de luminárias, estabelece-se um Fator de Depreciação ( $F_d$ ), o qual, elevando o número previsto de luminárias, evita que, com o desgaste, o nível de Iluminância atinja valores abaixo do mínimo recomendado (Figura 2.4).

**Figura 2.4** -Compensação da depreciação no calculo da iluminância para ambientes com boa manutenção.

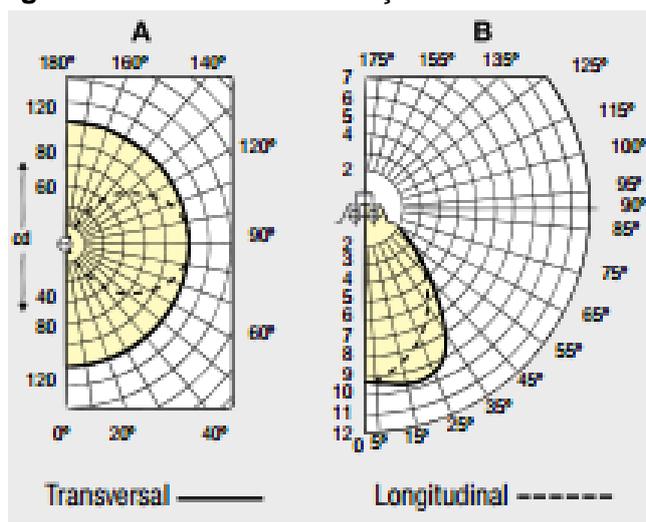


Fonte: OSRAM

### 2.3.8 Curva de distribuição luminosa

Se num plano transversal à lâmpada, todos os vetores que dela se originam tiverem suas extremidades ligadas por um traço, obtém-se a Curva de Distribuição Luminosa (CDL). Em outras palavras, é a representação da Intensidade Luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada num plano (Figura 2.5). Para a uniformização dos valores das curvas, geralmente são referidas a 1000 lm. Nesse caso, é necessário multiplicar o valor encontrado na CDL pelo Fluxo Luminoso das lâmpadas em questão e dividir o resultado por 1000 lm.

**Figura2.5** - Curva de distribuição de intensidades



Fonte: OSRAM, 2000

### 2.3.9 Iluminância

A iluminância é definida como sendo o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada, ou ainda, em um ponto de uma superfície, a densidade superficial de fluxo luminoso recebido. A unidade de medida usual é o lux, definido como sendo a iluminância de uma superfície plana, de área igual a  $1\text{m}^2$ , que recebe, na direção perpendicular, um fluxo luminoso igual a 1 lm, uniformemente distribuído.

### 2.3.10 Luminância

É um dos conceitos mais abstratos que a luminotécnica apresenta. É através da luminância que o homem enxerga. No passado denominava-se de brilho, querendo significar que a luminância está ligada aos brilhos. A diferença é que a luminância é uma excitação visual, enquanto que o brilho é a resposta visual; a luminância é quantitativa e o brilho é sensitivo. É a diferença entre zonas claras e

escuras que permite que se aprecie uma escultura; que se aprecie um dia de sol. As partes sombreadas são aquelas que apresentam à menor luminância em oposição às outras mais iluminadas.

### 2.3.11 Lâmpadas incandescentes

A iluminação incandescente resulta da incandescência de um fio percorrido por corrente elétrica, devido ao seu aquecimento, quando este é colocado no vácuo ou em meio gasoso apropriado.

A vida mediana de uma lâmpada é considerada com a mesma trabalhando em condições nominais, ou seja, na tensão nominal e temperatura ambiente. Assim, uma lâmpada incandescente para uso geral possui uma vida mediana de 1.000 horas.

A eficiência luminosa da lâmpada incandescente é baixa, pois a maior parte da energia consumida é transformada em calor.

As lâmpadas incandescentes (Figura 2.6) são muito utilizadas em iluminação residencial e de pequenas áreas devido ao seu baixo custo. Existem alguns tipos de lâmpadas incandescentes que são utilizadas para aplicações específicas como, por exemplo, aparelhos domésticos (geladeira e fogão), painéis de sinalização e decorativos.

**Figura 2.6 - Lâmpada Incandescente**



Fonte: OSRAM

### 2.3.12 Lâmpadas fluorescentes

São lâmpadas de descarga de baixa pressão, onde a luz é produzida por pós fluorescentes que são ativados pela radiação ultravioleta da descarga. A lâmpada possui, normalmente, o formato do bulbo tubular longo com um filamento em cada extremidade, contendo vapor de mercúrio em baixa pressão com uma quantidade de gás inerte para facilitar a partida. O bulbo é recoberto internamente com um pó fluorescente ou fósforo que, compostos, determinam a quantidade e a temperatura de cor da luz emitida.

As lâmpadas fluorescentes podem ainda possuir os eletrodos (catodos) quentes com ou sem pré-aquecimento. No caso do catodo quente com pré-aquecimento, a lâmpada necessita de um reator e de um starter. Na de catodo quente sem pré-aquecimento, é necessário um reator de construção especial. O reator é constituído por uma bobina de fio de cobre esmaltado e por um núcleo de lâminas de material ferromagnético prensadas. Existem, atualmente, reatores eletrônicos que proporcionam maior economia de energia e menor manutenção, além de serem mais leves e de pequenas dimensões.

As lâmpadas fluorescentes de catodo quente e partida rápida diferem das de catodo quente com pré-aquecimento por terem eletrodos de construção especial, que são aquecidos continuamente, desde a partida, por bobinas de baixa tensão que são incorporadas ao reator.

**Figura 2.7** -Lâmpada fluorescente



Fonte: OSRAM

- **Lâmpadas fluorescentes compactas**

São lâmpadas fluorescentes de tamanho reduzidas, criadas para substituir com vantagens as lâmpadas incandescentes em várias aplicações. Estão disponíveis em várias formas e tamanhos, podendo vir com o conjunto de controle incorporado ou não, e ainda com bases tipo rosca ou pino.

**Figura 2.8** - Lâmpadas fluorescentes compactas



Fonte: OSRAM

Suas vantagens, em relação às incandescentes, estão, principalmente, no fato de apresentarem o mesmo fluxo luminoso com potências menores, o que gera uma economia de energia de até 80 %, uma vida mediana maior, além de possuírem uma boa definição de cores.

- **Vida mediana e eficiência luminosa**

A eficiência luminosa de uma lâmpada fluorescente compacta é maior em comparação com as incandescentes, comparando uma incandescente de 100 W e fluorescente compacta de 23 W, que produzem respectivamente 1.470 e 1.520 lúmens, tem se: 66 lm / W para a fluorescente compacta e 15 lm / W para a incandescente.

A vida mediana das lâmpadas fluorescentes é considerada em função de seu tipo, ou seja:

- Lâmpadas de catodo quente = 7.500 a 20.000 horas;
- Lâmpadas compactas = 3.000 a 12.000 horas.

### 1.1.1 Luz e bem-estar

Qualquer forma de ofuscamento que se manifeste moderadamente não influencia senão no reconhecimento dos objetos, mas atua desagradavelmente, reduzindo a disposição e a capacidade de trabalhar. A iluminação artificial passa a ser agradável, quando for adaptada às condições de luz natural, isto é, vier de cima e consistir em parcelas difusas e concentradas, que corresponderiam respectivamente ao céu nublado e ao sol. A cor da luz influi na atmosfera do recinto, no aspecto das pessoas e, portanto, no bem-estar.

### 1.1.2 Luz e produtividade

A visão aumenta o nosso conforto e a luz conduz a um maior desempenho no trabalho e reduz ao mínimo os erros, as quebras de produção e os acidentes.

A boa iluminação de um ambiente pode ser considerada como eficiente fator de aumento de produtividade.

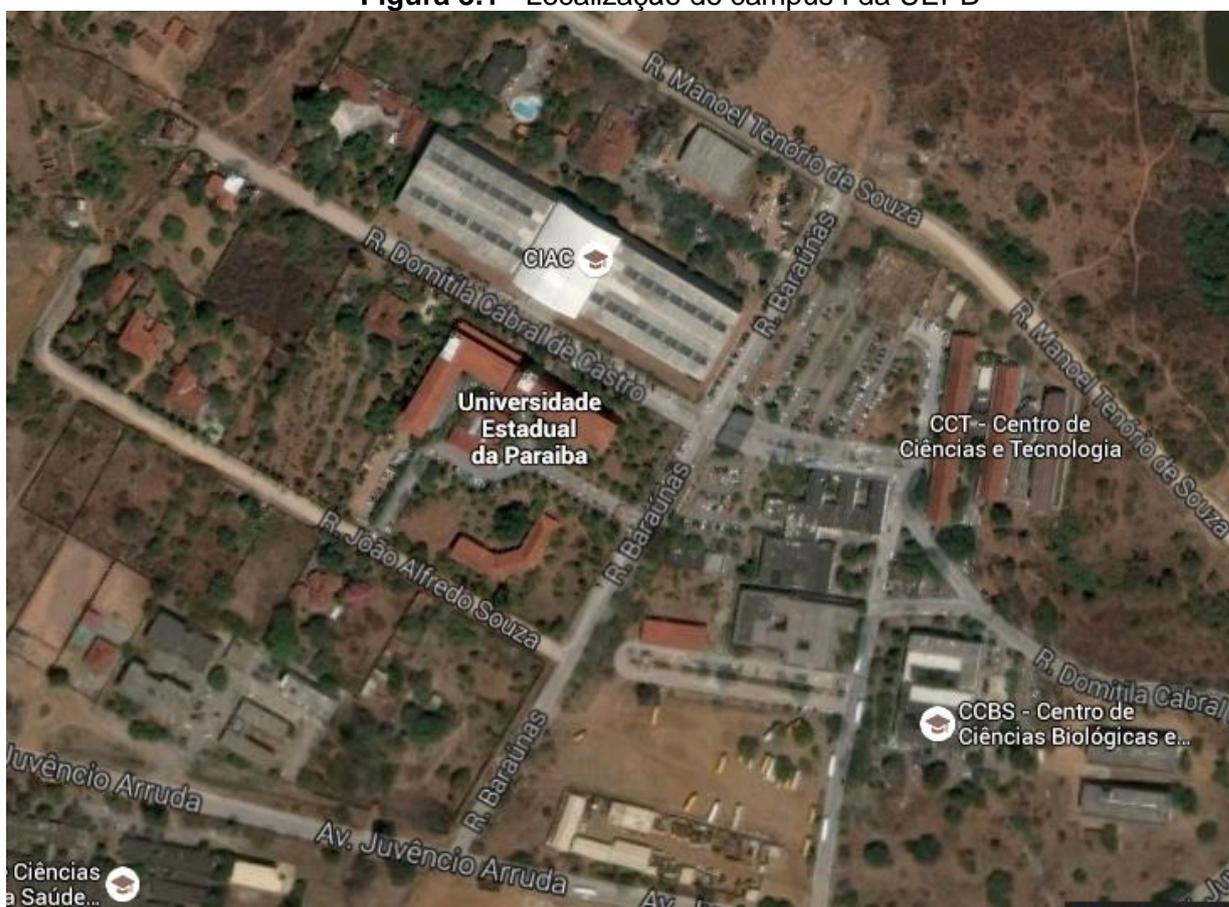
Quanto mais elevada à exigência visual da atividade, maior deverá ser o valor da Iluminância Média (Em) sobre o plano de trabalho. Deve-se consultar a norma NBR- 8995 para definir o valor de Em pretendido. Deve-se considerar também que, com o tempo de uso, se reduz o fluxo Luminoso da lâmpada devido tanto ao desgaste, quanto ao acúmulo de poeira na luminária, resultando em uma diminuição da iluminância.

### 3.0 METODOLOGIA

A pesquisa em questão contemplou o estudo de sete salas, em três blocos que fazem parte do Campus I da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), incluído salas de aula, laboratório e auditório no bairro Universitário, R. Baraúnas, 351 - na cidade de Campina Grande – PB. O município, inserido na Zona Bioclimática Brasileira 8, situa-se no interior do estado, no Agreste Paraibano, na parte oriental do Planalto da Borborema e está incluído na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro (Figura 3.1).

A cidade apresenta temperaturas moderadas, com clima tropical na estação seca e subtropical na estação chuvosa. A temperatura máxima varia entre 28 e 35°C, na estação seca e entre 22 e 27°C na estação chuvosa, sendo as correspondentes faixas para a temperatura mínima 18 – 22°C e 15 – 20°C.

Figura 3.1 - Localização do campus I da UEPB



Fonte: Google Maps

O campus I da UEPB possui três setores, sendo eles, Centro de Ciência Biológica e da Saúde (CCBS), Central de Integração Acadêmica (CIA) e Centro de Ciências e Tecnologia (CCT). Foram definidas sete salas, escolhidas de acordo com o grau de necessidades de uma boa iluminação para as atividades exercidas em cada local, onde pode ser avaliado o conforto luminoso de cada uma (Figura 3.2).

**Figura 3.2** - Blocos CIA, CCBS e CCT, Campus I UEPB.



Fonte: Autor, 2016

A escolha do auditório II e da sala de educação especial na Central de Integração Acadêmica (CIA) se deu por conta da frequência de uso e pelo o bloco ser o mais novo do campus I da UEPB, já no Centro de Ciência Biológica e da Saúde (CCBS) foram escolhidas, a sala 02 do curso de enfermagem e 07 do curso de psicologia, ambas em prédios diferentes quanto à posição geográfica no campus, no Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) foi avaliado o nível de iluminação na sala B104 que está localizada no bloco B, a sala C109 que está localizada no bloco C que é um bloco mais novo no centro, daí a importância de se analisar as duas salas para fazer o comparativo da iluminância em cada bloco, e por último foi avaliado o laboratório de microbiologia (CCT), onde é ministrada aulas de aplicações, e requer precisão em seus resultados (Figura 3.3).

**Figura 3.3 – Visita e coleta de dados.**



Fonte: Autor, 2016

### **3.1 Metodologia para análise do conforto luminoso artificial**

A coleta dos dados foi realizada uma medida no mês de fevereiro no turno da noite, nos horários entre às 19h e 21h. As aferições foram realizadas com o auxílio do aparelho adequado, luxímetro (figura 3.4).

**Figura 3.4: luxímetro**



Fonte Autor, 2016

O método utilizado foi o método de lúmens. Cujas finalidades principais são determinar o número de luminárias necessárias para garantir um valor de iluminamento médio especificado a priori. Ele pode ser resumido nos passos a seguir.

- a) Estabelecer o iluminamento médio do local, de acordo com a NBR 8995/2013, baseado na função exercida pelo usuário, para que a atividade seja devidamente realizada. Para a determinação da Iluminância a norma também disponibiliza um quadro que pondera a quantidade de lux ideal.
- b) Estabelecer o tipo de lâmpada e de luminária. A experiência do projetista é muito importante neste passo, pois um determinado conjunto lâmpada/luminária disponível comercialmente pode-se adaptar melhor a algumas aplicações e não a outras. Por exemplo, iluminação fluorescente convencional é bastante indicada para iluminação de escritórios, e iluminação incandescente é a opção preferencial para galerias de arte, devido a sua excelente reprodução de cores.
- c) Para a luminária escolhida no passo anterior determina-se o Fator de Utilização ( $F_u$ ), a quantidade de luminária estimada ( $M$ ) e o número de fileiras ( $N$ ) a serem utilizadas no local. Cada luminária possui uma tabela com os valores do fator  $K$  que determina a quantidade de pontos a serem verificados com o luxímetro. A contribuição das dimensões do local é feita através do chamado Índice do Local ( $K$ ) definido de acordo com:

### 3.2 Determinação do índice local (K)

A equação 1.0 mostra o cálculo para obtenção do índice local ( $K$ ) para a determinação dos números de pontos para medição:

Eq (1)

$$K = \frac{C \cdot L}{H(C + L)}$$

Onde:

H – Altura entre o plano de trabalho e a parte inferior da verga da janela

C – Comprimento do ambiente

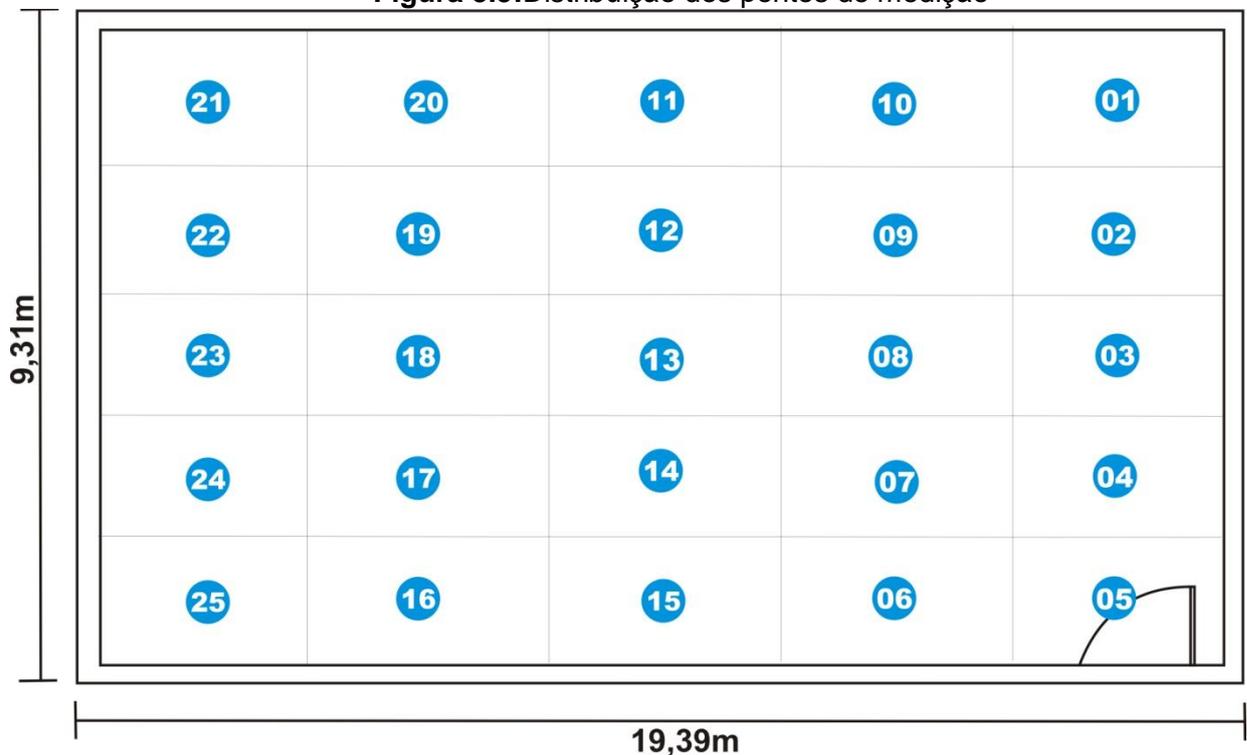
L – Largura do ambiente

**Quadro 3.1:** Quadro Índice local (K).

<b>K</b>	<b>Nº de Pontos</b>
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

Fonte: NBR 15215-4

A partir do índice K, verificar no quadro acima o número de pontos a serem aferidos no local a ser levantado. Dividir o ambiente interno em um número de áreas igual ao número de pontos a serem medidos. As áreas devem ter um formato igual ou próximo a um quadrado. A iluminância é medida no centro de cada uma dessas áreas.

**Figura 3.5:** Distribuição dos pontos de medição

Fonte Autor, 2016

O índice do local permite diferenciar locais com mesma superfície total, mas com formato diferente (quadrada, retangular, retangular alongado etc.) e também incorpora a influência da distância entre o plano das luminárias e o plano de trabalho. Com o índice do local encontrado, é possível obter facilmente o coeficiente de

utilização através dos percentuais de refletância por paredes e teto. Atribuindo tais valores a fórmula da Iluminância média(L), temos:

**Eq (2)**

$$L = (R \cdot N - 1 + M - 1 + Q \cdot N - 1 + T \cdot M - 1 + P) / M \cdot N$$

Onde:

- R=(soma das medições no centro) /8=lux
- P= (soma das medições nas pontas) /2=lux
- Q= (soma das medições na lateral) /4=lux
- T=(soma das medições nas frentes) /4= lux

Consultando a tabela 3.1 do catálogo da luminária de fator de utilização (Fu) para determinada luminária, levando em consideração a refletância do teto, da parede e do piso.

**Tabela 3.1:** Tabela de fator de utilização de luminária teto/parede/piso

<b>K</b>	<b>751</b>	<b>731</b>	<b>711</b>	<b>551</b>	<b>531</b>	<b>511</b>	<b>331</b>	<b>311</b>
0,6	0,32	0,28	0,26	0,31	0,28	0,26	0,28	0,25
0,8	0,39	0,36	0,33	0,39	0,35	0,33	0,35	0,35
1,0	0,44	0,41	0,39	0,43	0,40	0,38	0,40	0,38
1,25	0,48	0,45	0,43	0,47	0,45	0,42	0,44	0,42
1,5	0,51	0,48	0,45	0,49	0,47	0,45	0,46	0,45
2,0	0,54	0,52	0,50	0,53	0,51	0,49	0,50	0,49
2,5	0,55	0,54	0,52	0,55	0,53	0,52	0,52	0,51
3,0	0,57	0,55	0,54	0,56	0,54	0,53	0,54	0,52
4,0	0,58	0,57	0,56	0,57	0,56	0,55	0,53	0,54
5,0	0,60	0,58	0,57	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55

Onde:

K= Valor do índice local (k)

751= Refletância da cor da (7) parede, (5) teto e (1) piso.

Após a determinação do Fator de Utilização (Fu) é utilizado o Quadro 3.2 de fator de depreciação (Fd), que representa a qualidade da limpeza da fonte de iluminação e o estado de nitidez em que a luz é transmitida para a altura de trabalho.

Para a determinação do Fator de Depreciação (Fd) será observada a linha correspondente ao estado de higiene e a coluna com o período de manutenção:

**Quadro 3.2:** Frequência de limpeza das luminárias

AMBENTE	Período de Manutenção		
	2.500 h	5.000 h	7.500 h
<b>Limpo</b>	0,95	0,91	0,88
<b>Normal</b>	0,91	0,85	0,80
<b>Sujo</b>	0,80	0,66	0,57

Fonte: Manual OSRAM

A equação 03 determina-se o fluxo luminoso total (em lúmen) que as luminárias deverão produzir de acordo com a seguinte equação:

Eq (3)

$$\Phi = \frac{E \cdot S}{F_u \cdot F_d}$$

Onde:

E=Iluminamento médio total (em lux);

S= C x L – área do local (m<sup>2</sup>)

A equação 04 determina-se o número necessário de luminárias N<sub>L</sub>:

Eq (4)

$$N_L = \frac{\Phi}{\Phi_L}$$

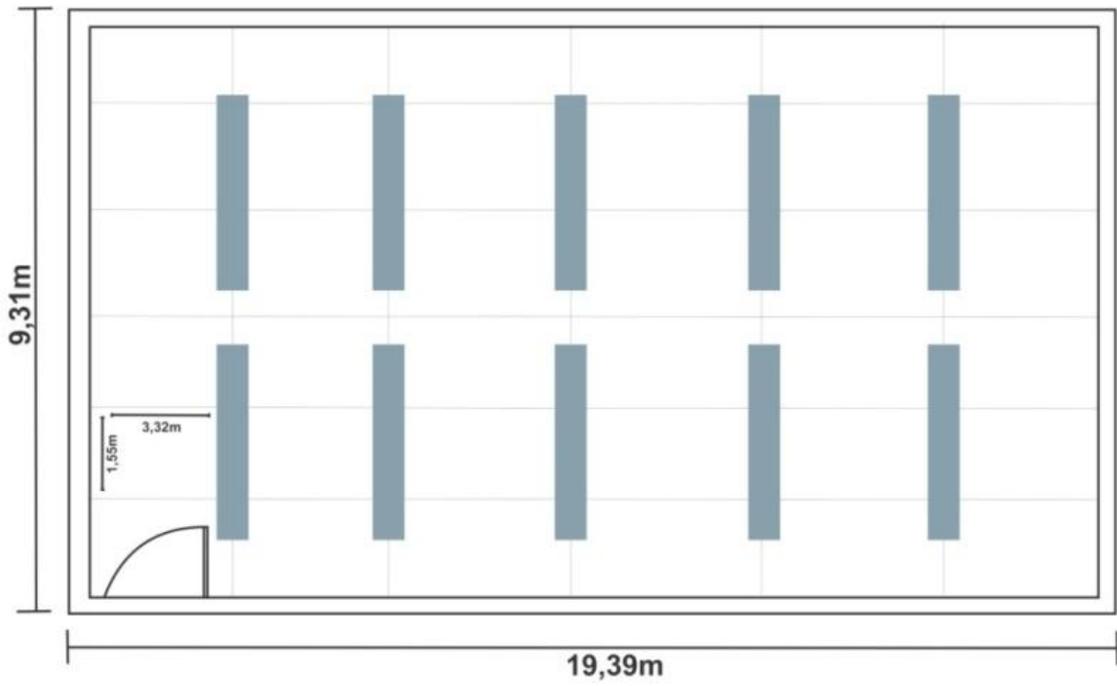
Onde:

Φ= fluxo luminoso total calculado no passo 5

Φ<sub>L</sub>= fluxo luminoso (em Lúmens) de uma luminária, que conhecido uma vez que se escolhe qual luminária será utilizada.

Por fim é distribuído espacialmente o número de luminárias encontrado de modo que sua extensão esteja simetricamente dividida a fim de atender o todo espaço ocupado por seus usuários (Figura 3.6).

**Figura 3.6:** Esquema de distribuição de luminárias



Fonte: Autor, 2016.

## 4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos sete pontos em estudo foram analisados conforme o levantamento dos dados apresentados na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1:** Levantamento dos dados para avaliação do projeto de iluminação

Tipo de Ambiente	Largura	Comprimento	Altura	Luminárias	Lâmpadas	Marca/Modelo	Lux Obtido
Auditório II CIA	9,31m	19,43m	2,72m	18	36	SILVANA F40W-5000K (2700lm)	205,56
Sala 335 CIA	6,02m	8,82m	2,65m	4	8	SILVANA F40W-5000K (2700lm)	323,79
Sala 07 psicologia CCBS	5,31m	6,45m	2,58m	3	6	OSRAM 32W-EMPALUX (2700lm)	127,33
Sala 02 Enfermagem CCBS	8m	8,15m	2,71m	6	12	OSRAM 32W-EMPALUX (2700lm)	211,5
Sala B104 CCT	6,83m	7,82m	2,87m	4	8	OUROLUX T84W 6400K(1060lm)	143,65
Sala C109 CCT	3,77m	7,63m	2,66m	3	6	PIO 36W-6400K (2200lm)	283,87
Laboratório de microbiologia CCT	3,88m	6,82m	2,84m	2	4	HSU TIO 40W-6600K (1060lm)	246,25

Fonte: Autor, 2016.

**Tabela 4.2:** Dados obtidos do projeto atual de iluminação da UEPB

Ambiente	Larg	Comp	h	k	Np	n	m	R	Q	T	P	Lux médio	NL	Nlam
Auditório II (CIA)	9,31	19,93	2,12	2,99	25	6	3	206	210	198,2	229	205,56	18	36
Sala 335 (CIA)	6,02	8,82	1,95	1,84	16	2	2	277,8	326,5	290,8	400	323,79	4	8
Sala 07 (CCBS)	5,31	6,45	1,98	1,47	16	3	1	211,5	127	360	128	127,33	3	6
Sala 02 (CCBS)	8,0	8,15	2,11	1,91	16	3	2	227,4	177,8	298	158,5	211,5	6	12
Sala B104 (CCT)	6,83	7,82	2,29	1,59	16	2	2	131,5	102	176	165	143,65	4	8
Sala C109 (CCT)	3,77	7,63	2,66	1,04	16	3	1	339	289,8	328,7	272	283,87	3	6
Lab.Micro (CCT)	3,38	6,82	1,64	1,38	16	2	1	210	262	200,3	230,5	246,25	2	4

Fonte: Autor, 2016.

Na Tabela 4.2 são mostrados os dados atuais do projeto de iluminação de cada ambiente avaliado no Campus I da (UEPB), Universidade Estadual da Paraíba. Na com vermelha podemos observar o que está em desacordo com a NBR ISO 8995-1, norma para iluminação artificial de interiores. O lux médio encontrado foi bem a baixo do recomendado pela NBR atual que seria de (500lux), assim como os valores de (M) número de fileiras, (N) número de luminárias por fileiras, e as quantidades dos números de luminárias (NL) assim como o número de lâmpadas (Nlam) que também não atenderam as recomendações exigidas pela norma.

#### **4.1 Comparativo entre as normas NBR 5413 (norma antiga) e NBR ISO 8995-1 (norma atual)**

A normatização de interiores no Brasil, remonta ao ano de 1958, quando em 01 de janeiro daquele ano a NBR 5413 teve sua publicação oficial para estabelecer os níveis de iluminamento recomendados, obtidos com iluminação artificial, para interiores. Desde então, a norma foi atualizada algumas vezes: em 1969, 1982 e 1992; a norma teve atualizações que não trouxeram grandes novidades nem grandes diferenças. A última novidade, que passou a vigorar a partir de 2013, foi a publicação de uma norma que revogou as anteriores (NBR 5413 e NBR 5382).

#### **4.2 Apresentação da NBR ISO 8995-1**

A nova norma trouxe uma série de melhorias em relação à anterior. Ela é baseada em normas internacionais e possui muito mais itens do que a anterior. A NBR 5413 possui 13 páginas e a NBR ISO 8995-1, 46 páginas.

A NBR ISO 8995-1 aborda aspectos qualitativos e quantitativos da iluminação para que as pessoas desempenhem suas tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança. A nova norma tem uma preocupação com eficiência energética, buscando utilizar também a luz natural quando possível.

### 4.3 Análise e Diferenças

A NBR ISO 8995-1 baseia-se na Norma ISO 8995-1 (Lighting of indoor workpleaces), elaborada em conjunto com a CIE (CIES 008/E) e encontra-se em consonância com a norma europeia EM 12464-1 (Lighting of workpleaces).

Dentre as alterações ocorridas após a edição da norma, podemos verificar uma mudança significativa de nomenclatura. Antes a norma era exclusivamente brasileira e não possuía referência à CIE. Agora, a norma segue a ISO e tornou-se norma internacional.

Dentre as diferenças verificadas, pode-se citar que a NBR 5413 levava em conta a idade, a velocidade e precisão da tarefa e a refletância de fundo para o projeto de iluminação, já a ISO 8995-1 excluiu a idade como variável de projeto.

A NBR ISO 8995-1 criou um novo ambiente recomendado quando a idade pode ser um valor relevante, por exemplo, para salas de aula, a norma separou-as em diurnas e noturnas e também o ensino adulto do infantil. A NBR 5413 fornece três valores para iluminância, enquanto a NBR ISO 8995-1 especifica apenas um valor.

A NBR ISO 8995-1, especifica um método de cálculo para o fator de manutenção considerando a depreciação do fluxo luminoso, o envelhecimento, a redução do fluxo luminoso com o passar do tempo e a redução da refletância devido a sujeira, ela contempla uma tabela de fatores característicos para fluorescentes, lâmpadas fluorescentes compactas e lâmpadas a vapor de sódio.

#### 4.3.1 Aplicação da NBR ISO 8995-1 no projeto luminotécnico das salas em análise

Abaixo será apresentado o projeto para as salas avaliadas para uso noturno e adulto usando a NBR ISO 8995-1, norma atual.

**Tabela 4.3:** Valores calculados para cada ambiente analisado seguindo a NBR ISO 8995-1.

Ambiente	Larg	Comp	h	k	Np	n	m	R	Q	T	P	Fu	Fd	Lux médio	$\Phi$	NL	Nlam
Auditório II (CIA)	9,31	19,93	2,12	2,99	25	3	8	206	210	198,2	229	0,69	0,95	500	141531,88	26	52
Sala 335 (CIA)	6,02	8,82	1,95	1,84	16	2	4	277,8	326,5	290,8	400	0,64	0,95	500	43664,803	8	16
Sala 07 (CCBS)	5,31	6,45	1,98	1,47	16	3	2	211,5	127	360	128	0,64	0,95	500	28165,707	5	10
Sala 02 (CCBS)	8,0	8,15	2,11	1,91	16	5	2	227,4	177,8	298	158,5	0,64	0,95	500	53618,421	10	20
Sala B104 (CCT)	6,83	7,82	2,29	1,59	16	4	2	131,5	102	176	165	0,64	0,95	500	43923,191	8	16
Sala C109 (CCT)	3,77	7,63	2,66	1,04	16	2	2	339	289,8	328,7	272	0,64	0,95	500	23655,51	4	8
Lab.Micro (CCT)	3,38	6,82	1,64	1,38	16	3	1	210	262	200,3	230,5	0,64	0,95	500	18956,908	3	6

Fonte: Autor, 2016.

Com a nova norma as mudanças no cálculo aparecem de imediato de acordo com a tabela 4.3. Ao verificar a quantidade de lux necessário para o projeto, percebe-se que a nova norma especifica somente um valor para iluminância (iluminância recomendada 500).

O índice local (k) é o mesmo calculado no projeto atual do campus I da UEPB, que pelos valores da iluminância média o projetista deve ter seguido a metodologia da NBR 5413, norma antiga.

Os valores de (n) número de fileiras e (m) número de luminária por fileiras, também obtiveram mudanças em suas quantidades, o que fizesse necessário mudar as posições das luminárias em cada ambiente.

Os valores do fator de utilização (Fu) e do fator de depreciação (Fd) das luminárias de cada sala, foi avaliado de acordo com a consulta a tabela do catálogo da luminária para cada marca.

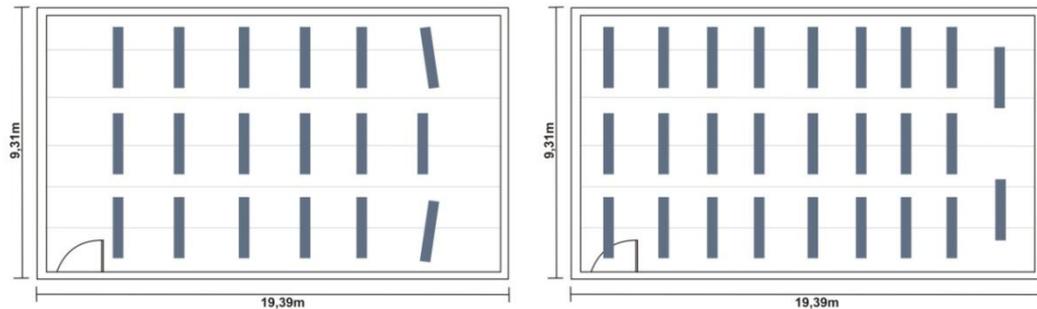
#### 4.3.2 Comparativo da distribuição das luminárias usando a NBR ISO 8995-1

- Auditório II (CIA)

O auditório II no bloco (CIA), Central de Integração Acadêmica, no modelo atual possui 18 luminárias e 36 lâmpadas distribuídas em todo o espaço do ambiente, utilizando a NBR ISO 8995-1, a quantidade passou para 26 luminárias e 52 lâmpadas, pode-se notar uma grande diferença na quantidade e na posição

das luminárias. Nota-se que mesmo o prédio sendo o mais novo do campus, a norma NBR ISO 8995-1 não foi utilizada no projeto de iluminação (figura 4.1).

**Figura 4.1:** Comparativo da distribuição das luminárias no auditório II da CIA, usando a NBR ISO 8995-1

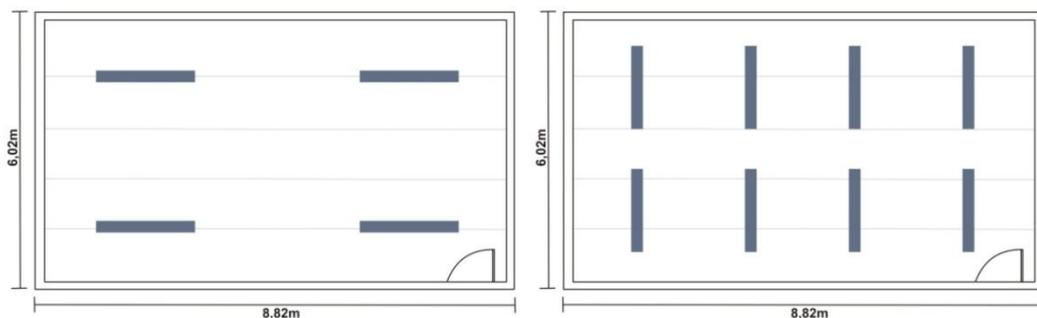


Fonte: Autor, 2016

- Sala 335 (CIA)

A sala 335 Educação especial e Educação pedagógica no bloco (CIA), Central de Integração Acadêmica, no modelo atual possui 4 luminárias e 8 lâmpadas distribuídas em todo o espaço do ambiente, utilizando a NBR ISO 8995-1, a quantidade passou para 8 luminárias e 16 lâmpadas, havendo uma mudança não só nas quantidades do conjunto luminárias/lâmpadas, mas também na posição de instalação, para uma melhor distribuição da iluminação (figura 4.2).

**Figura 4.2:** Comparativo da distribuição das luminárias da sala 355 da CIA, usando a NBR ISO 8995-1

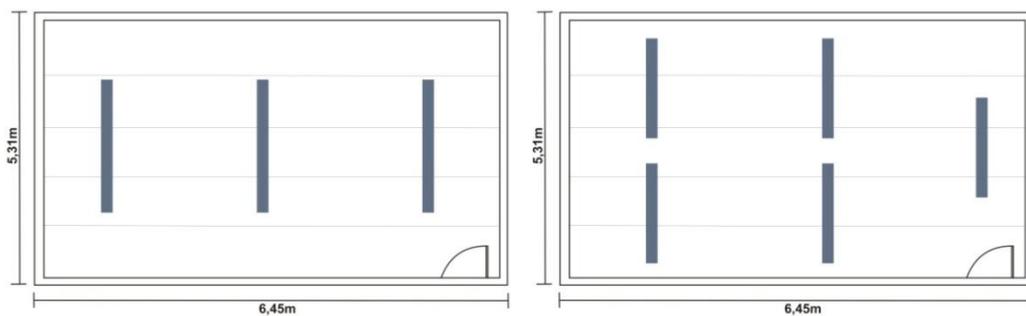


Fonte: Autor, 2016

- Sala 07- psicologia (CCBS)

A sala 07 psicologia no bloco (CCBS), Centro de Ciência Biológica e da Saúde, no modelo atual possui 3 luminárias e 6 lâmpadas distribuídas em todo o espaço do ambiente, tendo o menor lux médio encontrado dentre as salas em análise 127.33, o que pode acarretar um desconforto visual e danos à saúde dos ocupantes da sala, utilizando a NBR ISO 8995-1, a quantidade passou para 5 luminárias e 10 lâmpadas, havendo uma mudança no número de fileiras, que passou de uma para duas, sendo melhor distribuída a iluminação em toda a sala (figura 4.3).

**Figura 4.3:** Comparativo da distribuição das luminárias da sala 07 psicologia CCBS, usando a NBR ISO 8995-1

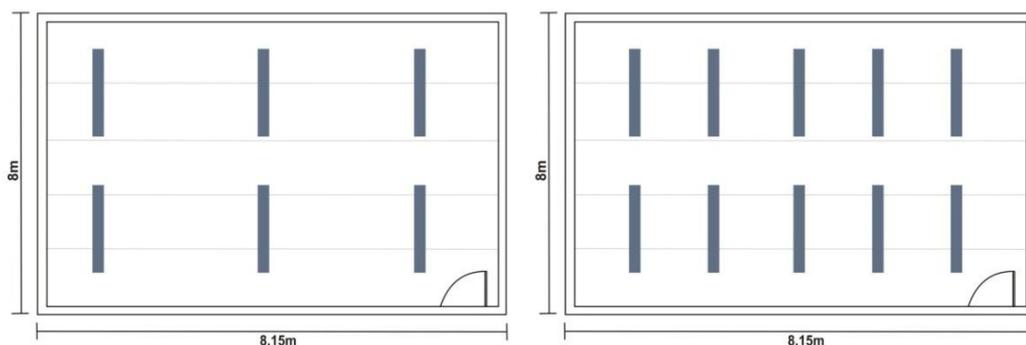


Fonte: Autor, 2016

- Sala 02 - Enfermagem (CCBS)

A sala 02 de enfermagem do bloco CCBS, no modelo atual possui 6 luminárias e 8 lâmpadas distribuídas em todo o espaço do ambiente, utilizando a NBR ISO 8995-1, a quantidade passou para 10 luminárias e 20 lâmpadas. O que deixa claro que, mesmo o CCBS sendo dividido em mais de um prédio, ambos obteve erro no cálculo de distribuição de luminárias (figura 4.4).

**Figura 4.4:** Comparativo da distribuição das luminárias da sala 02 enfermagem CCBS, usando a NBR ISO 8995-1

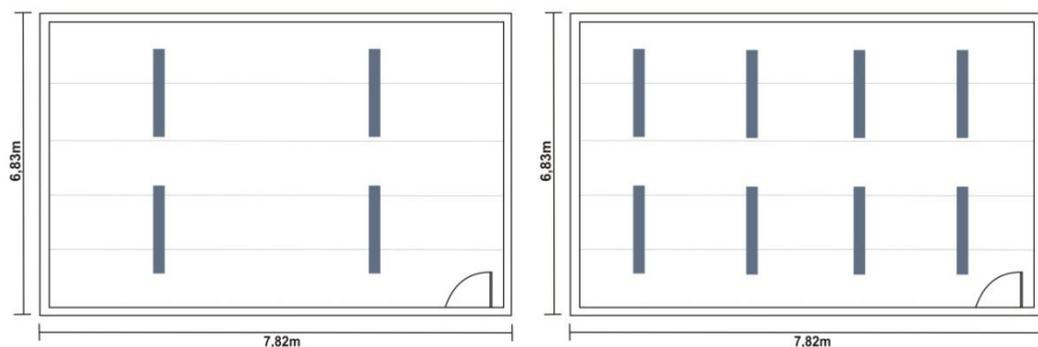


Fonte: Autor, 2016

- Sala B104 (CCT)

A sala B104 no bloco do CCT, no modelo atual possui 4 luminárias e 8 lâmpadas distribuídas em todo o espaço do ambiente, a sala ainda contava com duas lâmpadas queimadas, o que levou a um lux médio de 143.65, valor este que causa consideravelmente um desconforto visual nos ocupantes dessa sala, utilizando a NBR ISO 8995-1, a quantidade passou para 8 luminárias e 16 lâmpadas, que ficariam melhor distribuídas para atender uma iluminação adequada para alunos e professores exercer suas atividades (figura 4.5).

**Figura 4.5:** Comparativo da distribuição das luminárias da sala B104 CCT, usando a NBR ISO 8995-1

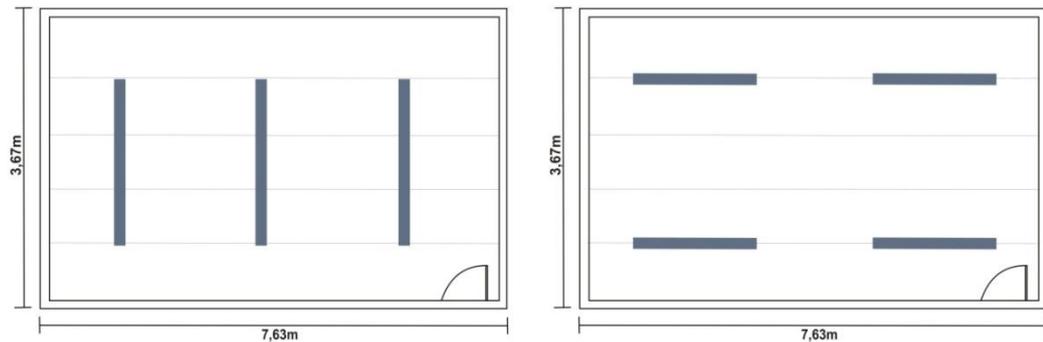


Fonte: Autor, 2016

- Sala C109 (CCT)

A sala C109 no bloco (CCT), Centro de Ciências e Tecnologia, no modelo atual possui 3 luminárias e 6 lâmpadas distribuídas em todo o espaço do ambiente, usando a NBR ISO 8995-1, a quantidade das luminárias aumentou para 4 e 8 lâmpadas, também tendo uma mudança nas posições das luminárias, sendo melhor para atender um iluminamento adequado na sala de aula. Nota-se que no CCT, mesmo sendo dividido em blocos B e C, a iluminação passou longe de atender as normas exigidas (figura 4.6)

**Figura 4.6:** Comparativo da distribuição das luminárias da sala C109 CCT, usando a NBR ISO 8995-1

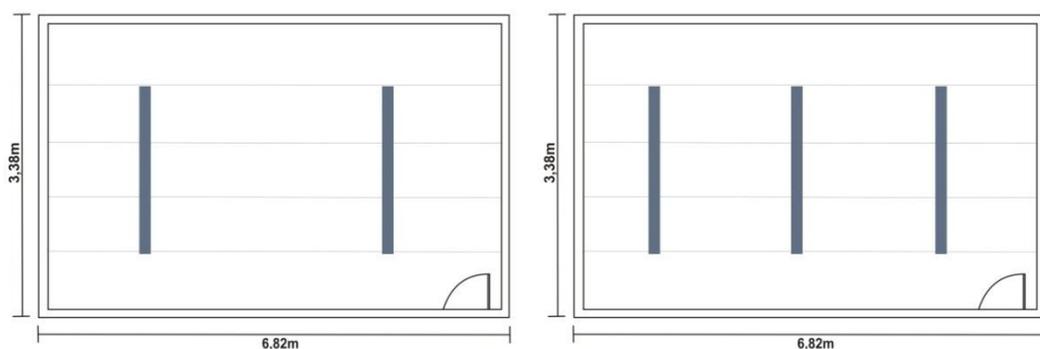


Fonte: Autor, 2016

- Sala laboratório de microbiologia (CCT)

A sala laboratório de microbiologia no bloco do CCT, no modelo atual possui 2 luminárias e 4 lâmpadas distribuídas em todo o espaço do ambiente, usando a NBR ISO 8995-1, a quantidade das luminárias aumentou para 3 e 6 lâmpadas, tendo um melhor posicionamento quanto as luminárias, que antes ficavam concentradas mais nas extremidades da sala, fazendo com que a iluminação não fosse bem distribuída em todo ambiente (figura 4.7).

**Figura 4.7:** Comparativo da distribuição das luminárias do laboratório de microbiologia CCT, usando a NBR ISO 8995-1



Fonte: Autor, 2016

## 5.0 CONCLUSÕES

Neste trabalho faz-se um estudo do conforto luminoso no campus I da Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB.

A avaliação do conforto luminoso atual nos ambientes em análise, mostra o descompromisso do Poder Público no desenvolvimento dos projetos fornecido a edificações de ensino superior no País, é uma realidade da grande maioria dos municípios brasileiros.

Diante das análises realizadas, recomenda-se para as salas em estudo no campus I da UEPB, o desenvolvimento de projetos de iluminação artificial buscando atender as recomendações exigidas pela NBR ISO 8995-1, desta forma as atividades exercidas teriam menos desconforto visual, já que o nível de iluminamento interfere diretamente no rendimento de alunos e professores, acarretando problemas no mecanismo fisiológico da visão e também na musculatura que comanda o movimento dos olhos.

Por fim recomenda-se a continuidade dessa pesquisa como forma de obter mais conhecimento das características do sistema de iluminação no campus I da Universidade Estadual da Paraíba.

## REFERÊNCIAS

ABNT- **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR ISSO 8995-1. Iluminação de Ambientes de Trabalho. 2013.

ALMEIDA, J.S. **Influência da iluminação artificial nos ambientes de produção: uma análise econômica**, 2003. Monografia (graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2003.

BLEY, F. B. **LEDs versus Lâmpadas Convencionais - Viabilizando a troca**. Especialize-Revista On-line. IPOG, 24 p., maio, 2012.

CORREIA, D. R. S.; GONÇALVES, A. C. M.; BASTOS, L. E. G. **Estudo de uma iluminação artificial em uma marcenaria**. Disponível em: <[http://www4.uepa.br/paginas/pcambientais/simposio/anais\\_artigos\\_volume\\_1\\_2014.pdf](http://www4.uepa.br/paginas/pcambientais/simposio/anais_artigos_volume_1_2014.pdf)> . Acesso em: 22.fev.2012

COUTINHO, E. F. **Avaliação do conforto ambiental em uma escola municipal de João Pessoa**. In: IX Encontro de Extensão, 2007. Anais. João Pessoa: Universitária; 2007, p. 67-82

DALVITE, B.; OLIVEIRA, D.; NUNES, G.; PERIUS, M.; SCHERER, M. J. Análise do conforto acústico, térmico e lumínico em escolas da rede pública de Santa Maria, RS. **Scientia**. Série: Artes, Letras e Comunicação, S. Maria, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2007.

ELETROBRAS. PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Manual de Iluminação**. Rio de Janeiro. 2011.

GOULART, S.V.G. Apostila de Desempenho Térmico de Edificações. **Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2008.

LIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2. ed. São Paulo: Pro Livros, 2004.

LIMA, M. R. C. de; MARTÍN, R. S. **Análise experimental da influência da luz nas emoções de estudantes universitários**. X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Natal, 2009. In: Anais... Natal, 2009. pp 1401-1409

MARTAU, B. **Lighting and health: case study in retail stores**. Proceedings of CIE 2010 – Lighting Quality and Energy Efficiency. Austria, 2010.

SCHMID, A. **A ideia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído**. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005.

STEVENS, R. G. Light-at-night, circadian disruption and breast cancer: assessment of existing evidence. **International Journal of Epidemiology**, v. 38, 2009.

SHUBONI, D, YAN, L. Nighttime dim light exposures alters the responses of the circadian system. **Neuroscience**, v. 170, p. 1172-1178, 2010.

SILVA, L.L. A. **Marketing e produtos sustentáveis: Estudo de caso Philips**. 2008. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Administração) - Pontifícia Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

STUCK, B, M. **Controle do Conforto Luminoso e Térmico de um Ambiente**. 2006. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

ROMERO, M.A.; ORSTEIN, S.W. **Avaliação pós-ocupação: métodos e técnicas aplicados à habitação social**. Porto Alegre: ANTAC, 2003.

WEBB, A. R. Considerations for lighting in the built environment: non-visual effects of light. **Energy and Buildings**, v.38, p. 71-726, 2006.