

ESTUDO LUMINOTÉCNICO RESIDENCIAL EM MACAPÁ-AP DESENVOLVIDO NO SOFTWARE DIALUX

Felipe Rabelo Mourão Almeida¹
Adailson Oliveira Bartolomeu²

RESUMO

A partir de 1990 com surgimento de softwares de luminotécnica a qualidade lumínica se torna mais acessível, em consequência da vasta variedade de metodologias de aplicação, resultando em inúmeros benefícios seja na produtividade ou até mesmo o conforto para o usuário que pode ser obtido no ambiente construído. Nesse sentido, a elaboração de projetos específicos para a iluminação nas edificações também evoluiu diante das grandes variedades de modos de iluminar, contudo é visível que a aplicação da boa e correta iluminação ainda é deficitária, levando em consideração que grande parte dos edifícios atualmente ainda são mal iluminados. Diante do exposto, essa pesquisa objetiva apresentar análises luminotécnicas internas em uma residência unifamiliar localizada na cidade de Macapá/Amapá, através da utilização do software alemão Dialux. A metodologia deste trabalho teve como base a avaliação das luminâncias em ambientes da moradia selecionada, diante dos estudos aplicados foi possível concluir que a utilização do software conduz a análise com excelência, de resultados precisos quanto a luminância através da utilização algoritmos complexos, concomitante com a boa apresentação em imagens foto realísticas.

Palavras-chave: Luminotécnica, Software Dialux, Iluminação.

ABSTRACT

Since 1990 with the emergence of lighting software, lighting quality has become more accessible, as a result of the wide variety of application methodologies, resulting in numerous benefits, whether in productivity or even comfort for the user, which can be obtained in the built environment. . In this sense, the elaboration of specific projects for lighting in buildings has also evolved in the face of the great variety of ways of lighting, however it is visible that the application of good and correct lighting is still deficient, taking into account that most of the buildings today are still poorly lit. Given the above, this research aims to present internal luminotechnical analyzes in a single-family residence located in the city of Macapá / Amapá, using the German software Dialux. The methodology of this work was based on the evaluation of luminances in environments of the selected house, in view of the applied studies it was possible to conclude that the use of the software conducts the analysis with excellence, of precise results regarding the luminance through the use of complex algorithms, concomitant with the good presentation in photo realistic images.

Keywords: Luminotechnics. Dialux Software. Lighting.

¹ Acadêmico do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro de Ensino Superior do Amapá – CEAP. Feliperbl96@gmail.com

² Arquiteto e urbanista. Mestre em Integración de Energias Renovables em la Architect pela Universidade Politècnica de Catalunya (UPC). Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo no Centro de Ensino Superior do Amapá – CEAP. adailsonb@yahoo.com.br.

1 INTRODUÇÃO

A partir do olhar da segunda década dos anos 2000, é notória evolução constante da tecnologia em prol das várias vertentes da ciência, diante disso as metodologias de procedimentos técnicos prescindiam a modernização e a praticidade das mesmas, uma dessas vertentes tecnológicas mais beneficiadas foi a arquitetura, em que a ferramenta antiga de papel e nanquim, foi substituída pela ferramenta de desenho computacional, e atualmente já constitui uma construção virtual, na contemporânea metodologia de projeto BIM (Building Information Model).

Uma consequência foi a maior visibilidade para áreas da arquitetura que antes não se tinha muito contato, uma delas é o projeto luminotécnico que a partir do surgimento da tecnologia do LED (Light Emitting Diode) e dos inúmeros softwares de análise e cálculo luminotécnico, tem se tornado mais acessível diante das inúmeras possibilidades de aplicar o estudo da iluminação em espaços e ambientes.

É fato que a maior parte das edificações hoje presentes no meio urbano, residências, espaços comerciais e até públicos não contemplam uma boa e correta iluminação, sendo está uma grande problemática.

Logo, na presença da problemática citada, pode-se questionar: Como os softwares de iluminação presentes no mercado atualmente podem solucionar o problema da má iluminação? Levando em consideração que o correto dimensionamento, posicionamento e especificação das iluminações tem relação direta com o correto uso do espaço em questão.

Diante da necessidade de um estudo específico sobre a utilização dos softwares de luminotécnica nos projetos e o quanto os mesmos facilitam a correta iluminação por meio de simulações específicas, essa pesquisa tem como objetivo geral apresentar dados corretos de iluminação com a utilização do software de cálculo luminotécnico aplicado a um projeto específico, utilizando um dos softwares mais significativos do mercado de iluminação atual, o Dialux.

Pose-se destacar, ainda, três objetivos específicos, os quais são: Descrever os conceitos básicos da iluminação, concomitante com uma breve história do projeto luminotécnico; análise comparativa dos softwares de projeto luminotécnico mais presentes no mercado atual e apresentar um estudo luminotécnico de uma residência em Macapá utilizando-se do Software DIALux.

O presente trabalho apresenta conceitos básicos sobre a luz e suas grandezas, concomitantemente com fatores que devem ser considerados para a realização dos projetos com característica luminotécnica. Os procedimentos metodológicos utilizados foram a análise direta de luminância em um plano a oitenta centímetros do piso e em superfícies específicas, para a obtenção de resultados em Lux (fluxo luminoso) dos ambientes principais, alinhando os valores estipulados pela norma brasileira 5413, como buscar atribuir a fisiologia das sensações nos ambientes por meio da iluminação.

A pesquisa tem a natureza aplicada e de abordagem qualitativa, onde foram utilizados procedimentos técnicos de levantamento de dados por meios bibliográficos, documentais e a utilização de um estudo de caso.

Este artigo está dividido em cinco partes principais. Essa introdução explicitando os elementos principais da pesquisa. Posteriormente, apresenta os conceitos principais sobre iluminação, uma breve análise do crescimento do estudo luminotécnico e quais normas se aplicam a esse projeto em específico. Em seguida, concebe uma apresentação das tecnologias disponíveis para o projeto luminotécnico, uma breve

discussão sobre a evolução e junto a isso, uma análise de mercado entre os softwares disponíveis atualmente, e na última seção discute os correlatos e o estudo de caso apresentado, e seu fecho com as considerações finais.

2 CONCEITOS E NORMAS

2.1 O PROJETO LUMINOTÉCNICO NA ARQUITETURA

Atualmente com o crescente desenvolvimento tecnológico mundial é visível que todas as áreas de atuação da ciência acabam sendo notoriamente aprimoradas, assim como todas as ciências, a arquitetura é uma delas, trabalhando o próprio bem estar do ser humano com o bom estudo projetual, conhecimentos esses desenvolvidos por séculos de experimentações de edificações que geram dados quantitativos e qualitativos para que os profissionais da arquitetura possam adapta-los para a arquitetura correta.

Levando em consideração a curva de crescimento exponencial da tecnologia, atualmente a arquitetura teve uma evolução absoluta na sua metodologia de projetar, o constante surgimento de softwares e tecnologias que auxiliam o profissional a ter uma melhor visualização e criação da arquitetura traz somente benefícios, projetos que antigamente pareciam distantes de existirem, justamente pela complexidade e pela falta de ferramentas, agora tornam-se mais notórios, trabalhando lado a lado com a arquitetura para que se possa chegar o mais perto possível da perfeição da mesma podendo citar como exemplo a realidade aumentada e o BIM (OLIVEIRA, 2018).

Um dos projetos que mais vem se destacando e ganhando espaço é o luminotécnico, que com o estopim das novas tecnologias de iluminação, começou a se tornar mais acessível. De acordo com Débora Rezende e Orlando Júnior um dos principais objetivos da iluminação é o correto desempenho das atividades, pois somente com a luz é possível a troca visual de informações. Há também o fator estético da iluminação que se utiliza mais do caráter emocional, o qual traz muitos benefícios quando trabalhados junto com a arquitetura, transformando o projeto completamente (REZENDE; JUNIOR, 2014), logo, com o desenvolvimento tecnológico atual, originou uma maior facilidade na obtenção da boa e correta iluminação.

Pela confecção de um estudo luminotécnico bem pensado é possível se trazer os mais diferentes tipos de sensações, como o próprio conforto e até mesmo a sensação de disposição para se estudar e trabalhar, as características que o correto uso da iluminação em um determinado tipo de tarefa podem trazer pode se tornar o verdadeiro divisor de águas dentro de um projeto bem estudado e pensado, o arquitetonico trabalha lado a lado com o estudo da iluminação e pode ser um dos pontos cruciais na aprovação de um projeto completo.

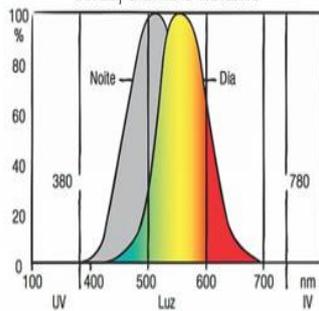
O ponto principal de um projeto luminotécnico é o uso correto da iluminação, logo é preciso entender o que é a luz. Segundo uma das maiores empresas de iluminação do mundo, a OSRAM (2008), pode-se conceituar a luz como uma fonte de radiação de ondas eletromagnéticas, porem e mesma é visível ao olho humano, produzindo assim uma sensação visual, diante dos variados comprimentos de ondas eletromagnéticas, em termos de nanômetros, a luz visível está localizada entre aproximadamente 380 nm e 780 nm e as cores possuem diferentes comprimentos dentro do intervalo de frequência citado anteriormente e visível na figura 01 e na tabela 01.

Tabela 01 – Comprimento de onda das cores

Cor	Comprimento de Onda (nm)	TCC (K) aproximado
Ultravioleta	10 - 380	-
Violeta	380 - 440	8.000
Azul	440 - 460	7.000
Azul - Verde	460 - 500	6.000
Verde	500 - 570	5.000
Amarelo	570 - 590	4.000
Laranja	590 - 610	3.000
Vermelho	610 - 780	2.000
Infravermelho	780 - 1.000.000	-

Fonte: REZENDE; JUNIOR (2014).

Figura 01 – Comprimento de onda das cores, diurno e noturno



Fonte: OSRAM (2008).

Vale ressaltar que a radiação solar emite ondas eletromagnéticas que possuem diferentes comprimentos de ondas, e podem ser divididos em 3, como mostra a figura abaixo (Figura 02), a radiação ultravioleta a qual é responsável por funções bem conhecidas, como o bronzeamento da pele, matar bactérias e fungos e mais outras diversas funções; o espectro visível, citado anteriormente, e o infravermelho, que transmite a sensação de calor (OSRAM, 2005).

Figura 02 – Espectros visíveis e invisíveis



Fonte: NAKAYAMA (2007).

Um fato curioso é que todos os objetos parecem ter uma cor própria, porém essa cor do objeto é o resultado de uma iluminação incidindo sobre o mesmo, o que acontece é que o mesmo reflete o espectro de cor que possui e absorve os outros, logo a coloração do mesmo é a reflexão do espectro de sua cor. Pode-se utilizar de um filtro para a remoção de uma porção da cor do objeto, causando que o mesmo reflita pouca luz, e se torne um corpo mais escuro (OSRAM, 2005), logo pode-se entender o funcionamento da iluminação artificial como a utilização da luz para se refletir as cores do ambiente de modo estratégico, ou causar um leve efeito com uma iluminação de certo comprimento de onda.

Diante das informações apresentadas anteriormente, para o entendimento tanto da iluminação passiva quanto a artificial, é necessário o entendimento de algumas grandezas dentro dos fatores fotométricos, a tabela de grandezas fotométricas como é possível verificar no “ANEXO A”, possui todos os fatores apresentados de forma resumida e de fácil entendimento.

Para a compreensão do projeto do estudo de caso, vale destacar os fatores de fluxo luminoso, o qual se refere a quantidade de lux emitida pela fonte luminosa, a iluminância no qual é a luz que uma lâmpada irradia, relacionada a superfície a qual incide, e a temperatura de cor, que se relaciona a aparência de cor das lâmpadas.

Os fatores apresentados na tabela de grandezas fotométricas (ANEXO A) e anteriormente são de tremenda importância para a compreensão de um projeto luminotécnico, visto que todas as luminárias e lâmpadas disponibilizadas pelas fabricantes de iluminação apresentam as mesmas junto a seus catálogos, com essas informações é possível o entendimento de qual a melhor iluminação a utilizar para projetos distintos, visto que se tem uma grande variedade.

Atualmente se tem uma grande gama de tipos de iluminação,

e dentro desses tipos se tem mais ramificações de iluminações com características únicas, uma delas e o único tipo que será utilizado no projeto do estudo de caso será o LED, o qual é a tecnologia mais recente de iluminação, substituindo grande parte das variações mais antigas, eles possuem algumas propriedades que fazem com que se sobressaiam na frente dos outros tipos, como a baixa potência, a alta eficiência energética, e a vida útil elevada (REZENDE; JUNIOR, 2014).

Em grande parte das edificações ainda são visíveis a utilização de iluminação Fluorescente, incandescente halógena e até mesmo a incandescente, principalmente em iluminações comerciais, onde a necessidade de iluminação é maior, logo, com a utilização de tecnologias mais antigas de iluminação, tem-se uma densidade de potência muito maior, portanto pouca eficiência.

Vale ressaltar que a utilização das tecnologias antigas de iluminação não é errônea, dado que as mesmas tem efeitos ligeiramente diferentes do LED, logo ainda são necessárias. Outras tecnologias de iluminação e suas características estão listadas no “ANEXO B” desta pesquisa.

O fator determinante para o tipo de iluminação a ser utilizada é a atividade que será exercida no local, essas atividades precisam ser repassadas para o projetista antes do começar do mesmo, em algum documento técnico ou até mesmo na entrevista com o cliente no caso de um projeto residencial, desse modo o profissional poderá propor uma iluminação com o modelo certo de lâmpada ou luminária para a tarefa a ser executada, que melhorará a qualidade da mesma quando for exercida no local, e até mesmo causar diferentes sensações.

De acordo com Débora Rezende e Orlando Júnior (2014), essas atividades podem ser classificadas como: Em repouso, atividade mental e atividade física, visto que as mesmas necessitam de iluminações bastante específicas para sua prática em completo conforto e produtividade, mais informações sobre as atividades estão descritas no “ANEXO C”.

Um dos principais pontos que envolvem o correto uso da iluminação é o conforto gerado por ela, como dito anteriormente, é uma sensação que pode ser resumida em: quanto maior a diferença de iluminação de um ambiente para o outro, maior o desconforto, a iluminação não precisa ser excessiva para ser boa, ela só precisa utilizar do conceito de conforto luminoso, o qual está relacionado com o nível do esforço de adaptação do usuário ao ambiente em questão, quanto maior a adaptação, menor será sua sensação de conforto, e vice versa (OSRAM, 2008).

O desconforto causado pela má iluminação pode ter origem e vários pequenos detalhes que causam muita diferença, o principal deles é a iluminação excessiva, pode-se citar também a falta de contraste e o brilho e ofuscamento demais, já o conforto pode ser obtido com o uso correto da quantidade, distribuição no ambiente, os contrastes e a qualidade da iluminação utilizada no local. A percepção psicológica da iluminação está diretamente ligada a esses pontos, está relacionada com as sensações do ambiente, como proporcionar conforto e condições emocionais agradáveis as pessoas que irão utilizar do local em questão (REZENDE; JUNIOR, 2014).

Portanto, pode-se classificar uma iluminação como boa, quando ela atende alguns dos requisitos citados dos parágrafos superiores, utilizando-se da luz correta, emitida de uma luminária estrategicamente escolhida, de certa temperatura e com um efeito específico para que se atinja de forma positiva a percepção psicológica humana e também satisfaça a luminância mínima requisitada nas normas.

Tendo em mente os conceitos acima comentados, as decisões dentro de um projeto luminotécnico ficam de mais fácil entendimento, outros fatores que serão inseridos na apresentação

do estudo de caso também são determinantes para um bom projeto, como os efeitos luminotécnicos, as curvas de distribuição luminosa, os diferentes tipos de luminárias e também os elementos de controle de luz, os quais são fatores técnicos da estratégia de aplicação da iluminação.

2.2 ILUMINAÇÃO E O AVANÇO TECNOLÓGICO

O estopim da iluminação artificial se deu a muito tempo atrás, com o próprio descobrimento do fogo, e também, o qual teve grande importância, acelerando o desenvolvimento das relações sociais e tecnológicas da sociedade, um avanço significativo comparado com o uso de somente a iluminação natural, desvinculando assim, grande parte das atividades de serem feitas somente no período diurno, a partir disso, a iluminação evoluiu derivando-se das diversificadas estratégias de utilização do fogo até a criação da primeira lâmpada por Thomas Edison (FILHO, 2010).

Pode-se dizer que o avanço das tecnologias na indústria da iluminação teve uma ascensão espantosa se comparado o período de criação da primeira lâmpada até o período atual, com todas as tecnologias disponíveis hoje (LUZ, 2007), logo pode-se concluir que precisou-se de um método coerente de utilização de todas as tecnologias de iluminação atual.

O primeiro nível de estudo luminotécnico se deu pelo cálculo pelo método de lumens que utiliza da necessidade de iluminação em um ambiente, o qual é listado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na NBR 5413 (Norma Brasileira 5413) de iluminação, fazendo uso do coeficiente de fluxo luminoso da luminária, que é fornecido pela fabricante da luminária ou lâmpada, área do recinto, iluminância em lux necessária, fator de depreciação do ambiente e o coeficiente de utilização do local, parâmetros esses que foram determinados pela NBR para que fosse utilizados em uma metodologia de cálculo luminotécnico de uma iluminação geral, basicamente relacionando o fluxo luminoso da luminária com os parâmetros estabelecidos para o ambiente em questão listado na norma (FLANDOLI, 2018).

Posteriormente, variações do mesmo cálculo foram utilizadas, como o método de cálculo de iluminação ponto a ponto concomitante da distância da luminária do objeto a ser iluminado, utilizado para cálculos mais precisos e específicos, possibilitando o projetar de diferentes modos de usar a iluminação, como para causar efeitos no ambiente, ou até mesmo uma iluminação dramática em um objeto específico, essa metodologia não utiliza as refletâncias das superfícies, visto que para isso, deve se utilizar de algoritmos mais complexos, como a radiosidade e o ray tracing (FLANDOLI, 2018).

Com o desenvolvimento tecnológico, não demorou muito para que surgissem programas para facilitar o cálculo luminotécnico, e inserir em seus cálculos os algoritmos complexos citados anteriormente, resultando em um cálculo quase que preciso, atualmente se conta com uma grande variedade de softwares para os mais diferentes tipos de cálculos, facilitando assim a vida do profissional da luminotécnica.

2.3 NORMAS DE APLICAÇÃO

Como abordado na seção anterior, a norma brasileira 5413 que fornece os parâmetros e procedimentos para o cálculo luminotécnico é a maior base para o cálculo da iluminação, fornecendo as quantidades mínimas, médias e máximas de lux por ambientes, o qual pode ser determinado pelos pesos das características das tarefas e do observador, como pode-se verificar no “ANEXO D” desta pesquisa.

A soma desses fatores será o resultado para a escolha de qual índice de lux por ambiente utilizar, vale ressaltar que a norma fala que os valores limites não são rígidos, e dependem do projetista em querer avançar, dependo do tipo de tarefa ou observador. A própria NBR 5413 recomenda a necessidade das normas NBR 5461 de 1991 que define os termos relacionados com as grandezas citados anteriormente no artigo, como unidades, reprodução de cor, colorimétricas, emissão, propriedades ópticas dos materiais, medições radiométricas, fotométricas entre outros, e a NBR 5382 de 1985 que fala sobre a correta execução da verificação de iluminância de interiores.

A NBR 15215 de 2004 que é dividida em 4 partes, a primeira sendo os conceitos que definem os termos relacionados com a iluminação natural, a segunda que estabelece os procedimentos estimativos de cálculo da disponibilidade da luz natural em planos horizontais e verticais externos, a terceira parte que também descreve um procedimento de cálculo para a determinação da quantidade de luz natural incidente em um ponto interno num plano horizontal, através de aberturas na edificação e a quarta parte, que tem como objetivo prescrever os métodos de verificação experimental das condições de iluminância e luminância de ambientes internos.

Sobre iluminação pública, pode-se citar a NBR 5101 de 2012, que tem o objetivo de estabelecer os requisitos para a iluminação de vias públicas, propiciando segurança ao tráfego de pedestres e de veículos, a mesma deve ser citada por mais que não estejam presentes no estudo de caso, pois também trata sobre iluminação.

A NBR 15575 de 2013 que é dividida em 6 partes, todas trabalhando o desempenho em edificações, como o artigo tem foco em luminotécnica, o foco da norma é a parte 1, que trata sobre o desempenho lumínico nas edificações, a mesma leva em consideração fatores de iluminação para ambientes listados na NBR 5413, e estabelece níveis mínimos de iluminação natural para diferentes ambientes.

É importante citar a norma brasileira ISO/CIE (Internacional Electrotechnical Commission e International Organization of Standardization) 8995-1 de 2013 que trabalha junto com a NBR 5413, trata diretamente sobre a iluminação em ambientes de trabalho, aperfeiçoando conceitos da NBR 5413 e inserindo novos parâmetros de utilização para os cálculos luminotécnicos, especificando requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente.

3 TECNOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO LUMINOTÉCNICO

3.1 TECNOLOGIAS APLICADAS

Yuri Melo afirma “Com o avanço da tecnologia, papel, caneta e calculadora deixaram de ser a única ferramenta disponível para o trabalho dos profissionais envolvidos em projetos luminotécnicos” (MELO, 2015, p.27), concomitantemente com o surgimento e o crescimento da utilização das novas tecnologias de iluminação, o aparecimento de softwares que viriam ajudar os profissionais a inserir as novas tecnologias de iluminação era evidente, a partir da década de 90 grande parte dos softwares de renome começaram a advir e incrementar o mercado de luminotécnica.

Atualmente o mercado contempla inúmeros softwares de iluminação, os quais utilizam alguns dos métodos de cálculos que já foram citados anteriormente nesse artigo, os mesmos variam entre pagos e gratuitos, iluminação interna, externa e até viária, e incluem em seus cálculos até a menor das variáveis, e além de

gerar imagens realísticas das cenas de iluminação projetadas, segundo o engenheiro e professor Luís Lancelle pode-se citar os 3 mais significativos softwares de cálculo luminotécnico da atualidade, DIALUX, AGI32 e RELUX (LANCELLE, 2018).

3.2 APRESENTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS

Como citado na seção anterior, Lancelle cita os softwares que se destacam nesse mercado de projetos luminotécnicos atualmente, os quais serão brevemente apresentados juntamente com o programa no qual o estudo de caso foi desenvolvido.

3.2.1 RELUX Suite

Desenvolvido pela empresa Informatik AG alemã, é o software de cálculo de iluminação natural e artificial, o qual é desenvolvido para uso dos projetistas de iluminação, possui uma interface estruturada e amigável, que pode ser alterado para o melhor aproveitamento do profissional, interação entre os aplicativos CAD, através de importações e exportações, a edição dos modelos tanto em modo 2D quanto em 3D e o módulo de cálculo de consumo energético de iluminação interna, a empresa também conta com outros softwares com funções distintas dentro da luminotécnica, como o ReluxSensor, programa de planejamento de faixas de detecção dos sensores (LIMA, 2005). Vale ressaltar que o mesmo possui módulos que necessitam de pagamento para a ativação.

3.2.2 AGI32

Criado pela empresa americana Lighting Analysts Inc em 1999, para ser utilizado na visualização e cálculo de projetos luminotécnicos, utilizando-se da luz natural e/ou artificial, possui interface amigável e também faz a renderização de imagens, é pago, com preço atual de 895 dólares anuais, e é comercializado no Brasil pela Leukom Sistemas Informatizados para Iluminação Ltda (MELO, 2015, p.27).

3.2.3 DIALux

Desenvolvido pela softhouse alemã DIAL GmbH em 1994, um programa de alto padrão totalmente gratuito, o mesmo foi patrocinado por inúmeros fabricantes, e atualmente já possui mais de cem patrocinadores, o programa possui manutenção constante e é disponível em várias línguas, o programa é completo dentro dos conceitos contemporâneos e funciona bem em quase todos os computadores, produtos das empresas patrocinadoras podem ser encontrados facilmente para a utilização em projetos luminotécnicos no programa, e além disso, o programa aceita arquivos de fotometrias de diferentes extensões para incorporar no projeto, trabalha com iluminação natural e/ou artificial e possui variados módulos de trabalho totalmente grátis (TEIXEIRA, 2006). Atualmente o software trabalha diretamente com a nova metodologia de projetos BIM, permitindo a importação dos modelos para o projeto luminotécnico do mesmo.

Vale ressaltar que no artigo foram apresentados somente os 3 principais softwares da atualidade, porem existem vários outros programas no mercado, dos mais simples, utilizando somente o método de lumens, e até mais complexos que englobam mais variantes e metodologias de cálculo, entre esses programas pode-se citar Radiance, Calculux, LD Assistant, LuxusWin, entre outros. Alguns softwares de dimensionamentos e projetos elétricos também possuem módulos de cálculo luminotécnico, pode-se citar softwares brasileiros como o QiElétrica

desenvolvido pela Alto QI, e o PRO-Elétrica desenvolvido pela Multiplus, onde ambos possuem módulos de cálculo pelo método de lumens.

3.3 ANÁLISE DE MERCADO DOS PROGRAMAS

Como apresentado anteriormente, a quantidade de programas disponíveis para o profissional que trabalha a luminotécnica é grande, o que irá definir o programa a ser utilizado será o nível de aplicação de cálculo e quantidades de informações geradas que o profissional deseja ter, logo são poucos os programas que trabalham com um grande nível de algoritmos e complexidade de projetos, na tabela 02 é possível analisar um comparativo da aplicação dos módulos dos três programas apresentados na seção anterior.

Com a análise dos recursos mais importantes disponíveis nos softwares, surge o porquê de grande parte dos profissionais de luminotécnica escolherem trabalhar com o software DIALux, principalmente, por ser um programa completo e totalmente gratuito, e também por meio que se tratar de um programa de luminotécnica universal, a facilidade de acesso, cursos e com um suporte altamente responsivo, fez com que ele fosse a escolha para o desenvolvimento do estudo de caso. Os demais programas citados no subcapítulo anterior também estão inseridos no mercado, porém, possuem interfaces de difícil aprendizado, ou utilizam somente o método de lumens para cálculo, ou são de difícil acesso, visto que são inteiramente pagos, consequentemente não se tornam tão difundidos como os três principais citados na tabela 02.

Tabela 02 – Comparativo dos recursos disponíveis nos softwares

ITENS	RECURSOS	PROGRAMAS		
		DIALux	AGI32	RELUX
		DIALUX	AGI32	RELUX
1	Modelagem dos ambientes para cálculo	X	X	X
2	Recursos com acesso gratuito	X		
3	Cálculo luminotécnico em método ponto a ponto	X	X	X
4	Geração de imagens foto realísticas	X	X	X
5	Importação em extensão .DWG (AutoCad)	X	X	X
6	Importação em extensão .DWG em 3D (AutoCad)	X	X	X
7	Importação em extensão .3DS (Sketch up, 3dmax)	X		X
8	Importação em extensão .IES (fotometria)	X	X	X
9	Importação em extensão .IFC (BIM)	X		X
10	Exportação relatório (PDF e Word)	X		
11	Exportação em extensão .DWG (AutoCad)	X	X	X
12	Interface intuitiva	X	X	X
13	Biblioteca própria de modelos 3D e texturas	X	X	X
14	Opção de aplicação de materiais nos objetos 3D	X	X	X
15	Cálculo de ofuscamento (URG)	X		X
16	Cálculo de superficies especificas	X	X	X
17	Compatibilidade com plug-ins	X		
18	Visualização 3D da análise e do modelo	X	X	X
19	Visualização 2D da análise e do modelo	X	X	X
20	Diferentes modos de representação da análise	X	X	X
21	Criação de cenários de iluminação	X	X	X
22	Cálculo de iluminação natural	X	X	X

Fonte: Produzido pelo autor

4 A APLICAÇÃO DO SOFTWARE DIALUX: PROPOSTA PARA UMA RESIDÊNCIA EM MACAPÁ-AP

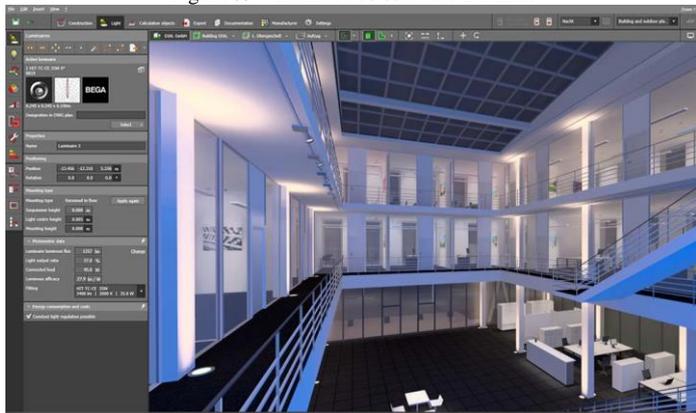
4.1 CARACTERÍSTICAS DO SOFTWARE DIALUX

O programa foi desenvolvido em 1994, e atualmente sua versão mais recente é a DIALux EVO 9, a qual foi lançada recentemente, como citado anteriormente, é um dos softwares de

simulação mais utilizados pelos profissionais que trabalham com iluminação, foi criado por uma equipe de 20 funcionários da DIAL GmbH, Uma empresa na Alemanha, disponível em vários idiomas e de acesso livre. (MELO 2015).

O Programa conta com uma grande variedade de recursos, o software possui vários plugins que o projetista pode utilizar para fazer uso das luminárias e lâmpadas de fabricantes específicas, e se não constar de uma fabricante, o projetista pode utilizar a importação direta de dados IES, o qual é uma extensão de dados fotométricos da luz de luminárias e lâmpadas.

Figura 03 – Interface do software DIALux



Fonte: Retirada do site www.dial.de/en/dialux/

Segundo Yury Melo, o software DIALux segue as normas internacionais de iluminação EM 12464 e ISSO 8995-1, e seus resultados de sua simulação estão de acordo com a norma CIE 171:2006, a qual é uma norma que avalia a precisão de programas computacionais para iluminação e identifica seus pontos fracos (MELO 2015).

Além do software possuir a sua interface intuitiva, ele possui os módulos de exportação DWG, que auxiliam a modelagem da arquitetura dentro do programa com base nas plantas baixas importadas do AutoCad (Software de desenho da empresa Autodesk), e se possuir o arquivo IFC da arquitetura, o programa carrega toda a volumetria já configurada para o projeto luminotécnico.

A facilidade que o projetista adquire utilizando o software é grande, tendo em vista que pode se ver o efeito luminoso que será criado no ambiente com a luminária ou a lâmpada escolhida, e pode facilmente ser alterado, portanto pode-se fazer diversas simulações até se chegar no resultado desejado, o renderizador disponibilizado pelo software ajuda na apresentação para o cliente, Concomitantemente com o relatório de posicionamento, a iluminância, e características das luminárias gerado pelo programa.

4.2 PROJETOS COM APLICAÇÃO DO SOFTWARE DIALUX

Diante a apresentação do programa na seção anterior, é notório o porquê do DIALux se tornou o programa de iluminação universal, entre os profissionais de luminotécnica, isto posto, serão apresentados exemplos de projetos confeccionados por profissionais utilizando-se do software.

Pode-se iniciar essa apresentação de correlatos de projetos no programa por projetos básicos desenvolvidos pela própria DIALux para a demonstração básica do software, a figura 04 é uma sala de espera, a mesma conta com uma temperatura de cor entorno de 4000K e 2700K, trazendo assim um ambiente aconchegante e bem iluminado no geral sem ofuscamentos causados por lâmpadas visíveis.

Já a figura 05 é uma sala de reuniões, a mesma também possui

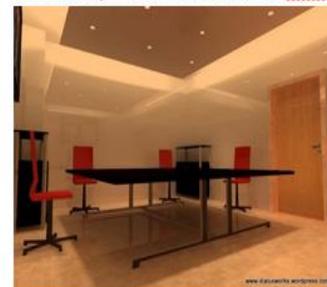
uma boa iluminação geral em temperatura quente, porem por ser uma sala que talvez precise de precisão, seria viável a adição de uma iluminação focada na mesa, com temperatura fria, em torno de 5.700K e 6.500K para ser acesa independentemente das outras, trazendo assim um ambiente mais sério e com mais foco direto na mesa, trazendo a precisão na execução das tarefas e o estímulo a concentração, visto que fisiologicamente a cor branca simula o período do dia entre 9h e 16h, um horário de trabalho comum (REZENDE; JUNIOR, 2014).

Figura 04 – Análise luminotécnica em sala de espera produzido no software DIALux



Fonte: Retirada do site dialuxworks.wordpress.com

Figura 05 – Análise luminotécnica em sala de reunião produzido no software DIALux



Fonte: Retirada do site dialuxworks.wordpress.com

Os próximos projetos são de autoria de uma empresa especializada em iluminação, chamada Transversal, localizada em Madrid, a mesma possui um vasto portfólio em projetos luminotécnicos e utiliza apenas o DIALux em suas análises, os projetos das imagens abaixo (Figuras 06 e 07) são a simulação de um escritório e de uma sala de estar respectivamente.

Figura 06 – Análise luminotécnica em escritório produzido no software DIALux



Fonte: Retirada do site transversal6.com

Figura 07 – Análise luminotécnica em sala de estar produzido no software DIALux



Fonte: Retirada do site transversal6.com

A luminotécnica do escritório (figura 06) foi trabalhada com excelência, com uma iluminação geral indireta, a qual pode-se dizer que é um dos melhores tipos de aplicação da iluminação, onde não ocorre nenhum tipo de ofuscamento e traz uma sensação de um ambiente aconchegante, e ao mesmo tempo, se tem a iluminação direta do pendente, aproximado o suficiente das mesas e posicionado de maneira que as pessoas sentadas nas cadeiras não poderiam ter a visão da fonte emissora da luz, iluminando somente a mesa de trabalho consequentemente originando uma sensação fisiológica de concentração e também propiciando a precisão do trabalho.

Já a sala de estar (figura 07) que se trata da sala de estar também possui uma boa iluminação, a mesma possui vários pontos de iluminação onde trabalham tanto a iluminação geral e de efeito, foi utilizado o efeito de wallwashing, no qual ele trabalha a direção do fluxo luminoso para a parede, iluminando de forma indireta, por meio da reflexão, e pode-se notar a pouca iluminação no ambiente da sala, fazendo com que o ambiente se torne mais aconchegante, visto que é uma área de lazer.

4.3 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO SOFTWARE DIALUX EM PROJETO LUMINOTÉCNICO RESIDENCIAL

4.3.1 Apresentação geral

A residência para o estudo de caso foi selecionada com base na demanda por uma iluminação mais específica e trabalhada para o destaque de sua arquitetura, portanto o estudo de caso foi desenvolvido para um projeto arquitetônico localizado na cidade de Macapá, no estado do Amapá, ao norte do Brasil, locado na rua Paricá do condomínio residencial Bougainvillea, que fica no bairro renascer. Possui 211,66 metros quadrados de área construída e conta com 2 níveis de altura.

Figura 08 – Imagem foto realística do estudo de caso



Fonte: Cedido pelos autores.

Figura 09 – Análise luminotécnica na fachada do estudo de caso



Fonte: Produzido pelo autor.

A residência foi projetada pelos arquitetos Adailson Bartolomeu e Anderson Penha para atender as necessidades de uma família constituída por um casal com um filho, e possui um programa de necessidades extenso, constituído por três quartos, sendo um uma suíte e os outros dois são para o filho e para hóspede, os mesmos contam com um banheiro único para ambos, a suíte conta com o banheiro próprio, um closet e uma varanda, toda a área privativa fica localizada no segundo nível.

O primeiro nível é composto da área social da residência, a sala de estar, jantar, banheiro e área gourmet, também possui áreas de serviço como a lavanderia, cozinha, garagem e um gabinete para estudos e trabalho. O projeto luminotécnico foi desenvolvido com base nos coeficientes mínimos estipulados pela norma, que serão descritos posteriormente de acordo com o ambiente apresentado.

A metodologia de desenvolvimento do projeto luminotécnico foi a análise dos efeitos causados pelas luminárias, concomitante com os valores mínimos de lux estipulados pela norma brasileira 5413, diante disso, foi utilizado um plano a oitenta centímetros do piso para a averiguação do lux, o qual refere-se a uma superfície comum de trabalho estipulado pela norma para execução do cálculo, as superfícies específicas foram analisadas em alturas específicas de móveis e bancadas.

A apresentação do estudo de caso foi feita pela análise dos ambientes mais importantes, visto que a o estudo completo demandaria muita discussão de resultados, foram selecionados os ambientes da suíte, banheiros e cozinha, os quais possuem iluminação específica, logo a estratégia foi replicada para a iluminação do restante dos ambientes da residência, as iluminâncias dos demais ambientes estão listadas no “APENDICE B”

As luminárias utilizadas nas análises dos ambientes do estudo de caso se encontram listadas no “APENDICE A”, discriminando as grandezas fotométricas da mesma e os fatores apresentados no decorrer do artigo, tendo em vista que foi utilizada uma grande variedade de luminárias para atingir as

luminâncias e os efeitos em questão.

4.3.2 Suíte principal

A suíte principal é composta por 3 tipos de iluminação, downlights o qual é um efeito luminoso que utiliza a iluminação direta para iluminar objetos em específico, o mesmo é trabalhado nos apoios laterais da cama e no apoio da televisão, como uma iluminação de destaque para os objetos que já ficarão locados, os downlights sobre os apoios laterais da cama podem ser ligados individualmente por interruptores individuais para cada uma ao lado da cama, para que possam ser ligadas independentemente caso necessário.

As iluminações feitas por LED são somente de efeito, no móvel da cama, causando um efeito de flutuação, e sobre o ripado na parede da televisão, com o objetivo de destaca-lo. A iluminação decorativa é feita pela luminária em cima da cama, que utiliza apenas lâmpadas de efeito, em temperatura de 2700K, que assim como toda iluminação do ambiente, tem como objetivo fazer do quarto, um local aconchegante.

A luminância da suíte média é de 100 Lux, atendendo aos níveis mínimos especificados pela NBR 5413 sub item 5.3.65 residências, determina o mínimo de 100 Lux para quartos de dormir, de 200 Lux para locais específicos, assim como os apoios laterais e o da televisão, no qual no projeto foi obtido cerca de 300 lux no apoio da televisão, e 150 nos laterais da cama, levando em consideração que o mesmo contará com um abajur. Vale ressaltar que a mesma metodologia de iluminação foi utilizada nos outros quartos, tirando a necessidade de apresentação dos mesmos.

Figura 10 – Análise luminotécnica da suíte principal no software DIALux



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 11 – Análise da luminância da suíte principal no software DIALux



Fonte: Produzido pelo autor.

4.3.3 Banheiros

A iluminação dos banheiros (Figura 12) foi dimensionada para ser aconchegante e também de trabalho se for necessário, com a adição de perfis de LED no espelho principal em temperatura de 4000K, conseqüentemente obtendo uma luminância alta para atividades de precisão, como maquiagem e o barbear.

Assim como nos quartos, a NBR 5413 direciona os mesmos índices mínimos para os banheiros, assim como os dos quartos, logo, a iluminação geral média do banheiro está em 150 Lux, e a iluminação específica no plano de trabalho da bancada do espelho, tem cerca de 350 Lux médio (Figura 13).

Figura 12 – Análise da luminância do banheiro principal no software DIALux



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 13 – Análise da luminância do banheiro principal no software DIALux



Fonte: Produzido pelo autor.

4.3.4 Cozinha

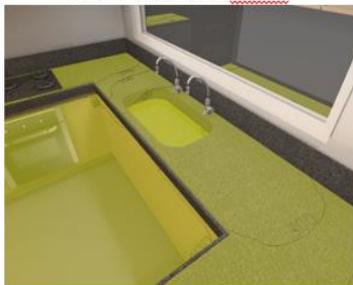
No ambiente da cozinha, foram utilizados 4 tipos de iluminação, a geral que é o resultado de um painel retangular de LED, com um alto fluxo luminoso, pendentes para iluminação de efeito na bancada em temperatura de 2700K, para trazer um local aconchegante, e na bancada de trabalho foi utilizada iluminação indireta por meio de fitas de LED em temperatura de 5400K posicionadas em baixo do móvel que fica em cima da bancada, os móveis também foram iluminados por downlights nos locais onde serão posicionados objetos de decoração, e nos ripados da bancada foram utilizadas fitas LED em temperatura de 2700K para iluminação de efeito (Figura 14).

Figura 14 – Análise da luminância da cozinha no software DIALux



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 15 – Análise da luminância da cozinha no software DIALux



Fonte: Produzido pelo autor.

As luminâncias obtidas foram coerentes com os mínimos estabelecidos pela norma brasileira 5413 de iluminação de interiores, a qual estipula para cozinhas uma luminância mínima geral de 100 Lux e nas zonas de trabalho o mínimo de 200 Lux, e os dados obtidos foram 105 Lux médio na cozinha, e 300 Lux na bancada (Figura 15). a mesma estratégia de iluminação da bancada de serviço e geral foi utilizada nos ambientes da área gourmet e na lavanderia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o processo de pesquisa ficou perceptível que a utilização de softwares para o desenvolvimento de projetos é de grande necessidade, principalmente nos projetos de luminotécnica que trabalha com variáveis complexas que podem interferir em um cálculo do estudo da luz.

Nesse sentido, foi de extrema importância a utilização específica do software Dialux durante o desenvolvimento do projeto luminotécnico do estudo de caso, pois diante dos

resultados obtidos percebeu-se que se tem maior eficiência na utilização de um software completo do que somente utilizar a antiga metodologia do papel e caneta.

Percebeu-se que o DIALux dispõe de uma grande variedade de fornecedores de luminárias para seus cálculos, facilitando assim a modelagem ou importação e também a criação e simulação de iluminação em ambientes internos de maneira fácil e profissional. Além disso, o mesmo disponibiliza a exportação de luminárias de fabricantes não cadastradas, por meio de arquivos com extensão IES (Illuminating Engineering Society) e também gera resultados por meio de um relatório escrito, com possibilidade de edição para apresentação de imagens foto realística e plantas com valores de iluminação, concomitante com o posicionamento de todas as luminárias e suas potências totais.

A concepção projeto arquitetônico que foi selecionado para o estudo de caso teve influência direta na iluminação utilizada, levando em consideração que alguns elementos da edificação foram destacados e potencializados pela iluminação. O estudo de caso possui todos os espaços disponíveis facilitando assim, o posicionamento correto da iluminação, podendo ser citado como exemplo as iluminações de efeito como as das marquises das janelas laterais, nos protetores solares frontais, na suspensão da cobertura, entre outros.

Portanto, o cumprimento dos requisitos mínimos de iluminação estabelecidos pela norma brasileira 5413 foram obtidos com facilidade, visto que a arquitetura contemplava elementos que facilitaram o posicionamento das luminárias, podendo assim, trabalhar diferentes metodologias de iluminação na residência, como a iluminação direta e indireta.

Vale ressaltar que, para potencializar a aplicação do software DIALux destaca-se as seguintes recomendações:

- A criação de uma biblioteca de luminárias com as fabricantes que serão utilizadas constantemente, fora as já cadastradas no software.
- A inserção de luminárias deve ser organizada em grupos, para a correta criação de cenas de iluminação para a análise.
- A correta criação das áreas para o estudo, estipulando a altura necessária do plano de análise lumínica e o lux mínimo estipulado pela norma brasileira 5413.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5.413: Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro. 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.215: Iluminação natural**. Rio de Janeiro. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5.101: Iluminação pública – procedimentos**. Rio de Janeiro. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575: Desempenho de edificações habitacionais**. Rio de Janeiro. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho**. Rio de Janeiro. 2013
- FILHO, Elso de Freitas Moisés. **Aspectos Técnicos e de Percepção Ambiental Urbana Relacionados a Iluminação Urbana**. Orientador: José Geraldo Simões Junior. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2010.

FLANDOLI, Fábio. **Métodos de Cálculos Luminotécnicos**. [S. l.], 2018. Fascículo. Disponível em: [http://www.eletricistaconsciente.com.br/pontue/fasciculos/guia-nbr-5410-fasciculo-9/metodos-de-calculos-luminotecnicos/#:~:text=2%20M%C3%A9todo%20dos%20Lumens&text=Para%20in%C3%ADcio%20dos%20c%C3%A1lculos%20%20C3%A9,2013%20\(ver%20Fasc%C3%ADculo%207\)%3B](http://www.eletricistaconsciente.com.br/pontue/fasciculos/guia-nbr-5410-fasciculo-9/metodos-de-calculos-luminotecnicos/#:~:text=2%20M%C3%A9todo%20dos%20Lumens&text=Para%20in%C3%ADcio%20dos%20c%C3%A1lculos%20%20C3%A9,2013%20(ver%20Fasc%C3%ADculo%207)%3B). Acesso em: 4 jun. 2020.

LANCELE, Luís. **Softwares para Projetos de Iluminação**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.lumearquitetura.com.br/lume/default.aspx?mn=947&c=2034&s=0&friendly=softwares-para-projetos-de-iluminacao>. Acesso em: 5 jun. 2020.

LIMA, Thais Borges Sanches; GARROCHO, Juliana Saiter. *Relux professional*. Revista Lume Arquitetura. São Paulo. V. 19, abr. 2006.

LUZ, J. M. L. **Curso de luminotécnica**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/19800403-Luminotécnica-profa-jeanine-marchiori-da-luz.html>. Acesso em: 03 de junho. 202

MELO, Yury Ribeiro da Cruz. **Utilização de Software Avançado para Projetos de Iluminação**. 2015. Dissertação (Bacharel em engenharia elétrica) - Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2015. f. 27.

OSRAM. **Iluminação: Conceitos e Projetos**. 2008. Disponível em: http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas_&Catlogos/Downloads/Iluminacao_Geral/Manual_do_Curso_Iluminação_Conceitos_e_Projetos796562/index.html >Acesso em: 02 de junho. 2020.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. 2005. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/Id/Livros/ManualOsram.pdf>. Acesso em: 02 de junho. 2020.

OLIVEIRA, Debora. **7 tecnologias que pautarão o futuro da arquitetura e construção**. 2018. Disponível em: <https://computerworld.com.br/inovacao/7-tecnologias-que-pautarao-o-futuro-da-arquitetura-e-construcao/>. Acesso em: 5 jun. 2020.

REZENDE, Débora Cristina Carvalho; JÚNIOR, Orlando Lisita. *Fundamentos para projetos luminotécnicos comerciais: enfoque em livrarias*. **Revista eletrônica de engenharia civil**, Goiás, ano 2014, v. 9, n. 1, p. 2-20, 29 ago. 2014.

TEIXEIRA, W. *Software para Iluminação. Passaporte de entrada para novos mercados profissionais*. Lume Arquitetura. Brasil. 2016.

APENDICE A – LISTA DE LUMINÁRIAS UTILIZADAS NOS AMBIENTES APRESENTADOS NO ESTUDO DE CASO

LISTA DE LUMINÁRIAS UTILIZADAS NOS AMBIENTES									
	Lâmpada	Luminária	Fluxo luminoso	potência total	Temperatura de cor	IRC	Aplicação	Ângulo de abertura	Fabricante
SUITE	Dicroica	Square MR16	350 Lumens	4 Watts	3000K	80	Down light	36°	Stella
	Fita Mini Full EVO	X	360 Lumens/M	4,5 Watts/M	2700K	90	Efeito	X	Stella
	Bulbo Filamento	ELECTRO	200 Lumens	2 Watts	2400K	80	Geral	360°	Stella
BANHEIRO PRINCIPAL	Dicroica	Square MR16	350 Lumens	4 Watts	4000K	80	Down light	36°	Stella
	Tubular T5	X	1.900 Lumens	18 Watts	4000K	80	Indireta Geral	150°	Stella
	Fita ECO IP65	X	400 Lumens/M	5 Watts/M	2700K	70	Efeito	X	Stella
	Perfil M10	X	850 Lumens/M	7,2 Watts/M	4000K	X	Direta espec.	X	Ms. LED
COZINHA	Fita Mini Full EVO	X	360 Lumens/M	4,5 Watts/M	2700K	90	Efeito	X	Stella
	Bulbo	NOTUS	485 Lumens	4,8 Watts	3000K	80	Geral	210°	Stella
	X	Painel LED	2.400 Lumens	40 Watts	4000K	80	Geral	120°	Stella
	Fita tensão de rede	X	550 Lumens/M	10 Watts/M	5700K	70	Direta	X	Stella

Fonte: Elaboração própria

APENDICE B – TABELA DE ILUMINÂNCIAS GERADAS NAS ANÁLISES DE CADA AMBIENTE EM ESTUDO

Ambientes	Iluminância obtida nos ambientes		Iluminância mínima exigida pela norma 5413	
	Lux médio geral	Lux médio específico	Lux médio geral	Lux médio específico
Quarto casal	106	300	100	300
Quarto filho	240	489	100	300
Quarto hóspede	196	427	100	300
Banheiro casal	153	335	100	300
Banheiro social superior	168	308	100	200
Closet	230	550	100	300
Circulação superior	104	X	75	200
Cozinha	109	212	100	300
Sala de estar	101	X	100	300
Sala de jantar	121	256	100	200
Gabinete	387	500	300	500
Área gourmet	147	238	100	200
Garagem	196	X	75	200
Banheiro inferior	168	308	100	300
Lavanderia	111	303	100	200
Varanda	291	X	75	200

Ambientes com lux médio específico marcados com X não possuem local específico para iluminar

A norma brasileira 5413 possui uma pouca variedade de ambientes com a iluminância determinada, contando somente com as iluminâncias para, cozinhas, quartos de dormir, salas de estar, banheiros, hall, escadas, despensas e garagens, logo foram estipulados fatores de iluminância para os ambientes que não constam na norma, utilizando-se o lux dos cômodos citados na norma como base.

Fonte: Elaboração própria

ANEXO A – TABELA DE GRANDEZAS FOTOMÉTRICAS

Fator	Símbolo	Unidade	Conceito
Potência Total Instalada ou Fluxo Energético	P	W ou kW	“Somatória da potência de todos os aparelhos instalados na iluminação”
Densidade de Potência	D	W/m ²	“Potência Total Instalada em watt por cada metro quadrado de área”
Densidade de Potência Relativa	Dr	W/m ² para 100 lx	“Densidade de Potência Total Instalada para cada 100 lx de Iluminância”
Fluxo Luminoso	φ	lm (lúmen)	“Quantidade de luz emitida por uma fonte, na tensão nominal de funcionamento”
Eficiência Energética das Lâmpadas	ηw ou K	lm/W (lúmen/watt)	Lúmens gerados por watt consumido de cada lâmpada, também é chamado de “Rendimento Luminoso”
Rendimento da Luminária	ηL	não tem	“Razão do Fluxo Luminoso emitido por uma luminária, em relação à soma dos fluxos individuais das lâmpadas funcionando fora da luminária”
Eficiência do Recinto	ηR	não tem	Relação dos valores de refletância do teto, paredes e piso, com a Curva de Distribuição de Luminária e o Índice do Recinto
Índice do Recinto	K	não tem	Relação entre as dimensões de comprimento, largura, pé-direito, altura do plano de trabalho e altura do pendente da luminária
Fator de Utilização	Fu	não tem	Fluxo Luminoso final que incide sobre o plano de trabalho, ou seja ηL x ηR
Fator de Depreciação ou Fator de Manutenção	Fd	%	“Depreciação do fluxo luminoso da lâmpada e do acúmulo de poeira sobre lâmpadas e luminárias”
Iluminância	E	Lux (lx) = (lm/m ²)	“Luz que uma lâmpada irradia, relacionada à superfície à qual incide”
Iluminância Média	Em	Lux (lx) = (lm/m ²)	É considerada a Iluminância Média, pois o fluxo luminoso não distribui-se uniformemente em todos os pontos
Intensidade Luminosa	I	cd (candela)	“Fluxo Luminoso irradiado na direção de um determinado ponto”
Curva de Distribuição Luminosa	CDL	cd x 1.000 lm	“Representação da Intensidade Luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada num plano”
Luminância	L	cd/m ²	Intensidade Luminosa que emana da superfície, transmitindo sensação de claridade
Índice de Reprodução de Cor	IRC ou RA	não tem	Reprodução de cor da lâmpada que varia de 0 a 100 em função da luz solar (índice 100)
Temperatura de Cor ou Temperatura de Cor Correlata	T ou TCC	K (escala Kelvin)	Aparência de cor das lâmpadas
Fator de Fluxo Luminoso	BF	%	Fator de depreciação do reator, resultante do fluxo luminoso obtido pelo fluxo luminoso nominal

(REZENDE; JUNIOR, 2014)

ANEXO B – TECNOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO

Lâmpada	Incandescente Comum	Incandescente Refletora	Incandescente Halógena	Incandescente Halógena Dicroica	Fluorescente Circular	Fluorescente Compacta
Fluxo Luminoso (lm)	200 à 9.359	320 à 3.600	5.100 a 24.000	950	650 à 8.300	400 a 2.900
Potência (W)	15 à 500	40 à 300	300 à 2.000	20 à 75	15 à 110	7 à 26
Eficiência (lm/W)	8 à 18	9 à 12	15 à 25	19	56 à 90	44 à 80
Tensão da Rede (v)	110 ou 220	110 ou 220	12, 110 ou 220	12, 110 ou 220	110 ou 220	110 ou 220
Vida Útil (horas)	1.000	1.000	2.000	3.000	7.500	10.000
IRC (%)	100	100	100	100	70 à 79	80 à 89
TCC (K)	2.000 à 2.700	2.000 à 2.700	3.000 à 3.600	3.000 à 3.600	5.250 à 6.500	2.700 à 4.000
Equipam. Auxiliar	—	—	—	transformador	reator / starter	reator / starter
Dimmer	sim	sim	sim	sim	depende do reator	depende do reator

(REZENDE; JUNIOR, 2014)

ANEXO C – CLASSIFICAÇÃO DE ATIVIDADES

Atividade	Características da Iluminação
Repouso	<ul style="list-style-type: none"> Iluminação deve propiciar tranquilidade e relaxamento. Iluminância baixa. Uniformidade, pouco ou nenhum contraste. Temperatura de cor por volta de 2.700K.
Atividade mental	<ul style="list-style-type: none"> Iluminação deve colaborar para contemplação e atenção na tarefa que irá ser realizada. Iluminância média. Uniformidade, pouco contraste e equilíbrio em sua distribuição. Temperatura de cor por volta de 4.000K.
Atividade física	<ul style="list-style-type: none"> Iluminação deve provocar estímulos e excitação. Iluminância alta. Contrastes são desejáveis em alguns locais, porém no campo visual da atividade, deve haver uniformidade. Temperatura de cor entre 5.000K e 8.000K.

(REZENDE; JUNIOR, 2014)

ANEXO D – CARACTERÍSTICAS DA TAREFA E DO OBSERVADOR

Características da Tarefa e do Observador	Peso		
	-1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

(REZENDE; JUNIOR, 2014)