

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM PATOLOGIA E DESEMPENHO DAS
CONSTRUÇÕES

HELENA CAROLINA TOILLIER

ANÁLISE DE ILUMINAÇÃO NATURAL
Estudo de caso de uma edificação comercial

São Leopoldo

2019

HELENA CAROLINA TOILLIER

ANÁLISE DE ILUMINAÇÃO NATURAL
Estudo de caso de uma edificação comercial

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Patologia e Desempenho das Construções, pelo Curso de Especialização em Patologia e Desempenho das Construções da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientadora: Prof^a. Dra. Maria Fernanda de Oliveira

São Leopoldo
2019

ANÁLISE DE ILUMINAÇÃO NATURAL: Estudo de caso de uma edificação comercial

Helena Carolina Toillier*

Maria Fernanda de Oliveira**

Resumo: A necessidade de um ambiente de trabalho com iluminação adequada é expressa pela ABNT NBR ISO/CIE 8995: 2013. Segundo a normativa, os índices de iluminância devem estar de acordo com as atividades exercidas no recinto. Para estes locais, a luz natural possui papel fundamental, uma vez que o contato com o exterior diminui as situações de estresse do cotidiano. De acordo, este trabalho tem o objetivo de avaliar o desempenho lumínico natural de dois ambientes, inseridos em um empreendimento comercial térreo, com fachada predominantemente envidraçada, no município de Santa Cruz do Sul-RS. Analisou-se a Loja-04, subdividida em Loja e Escritório. Os resultados foram obtidos através de modelagens computacionais no *software* Relux, adotando-se os parâmetros de simulação da ABNT NBR 15575-1:2013, como datas e horários específicos, e as características dos revestimentos internos da edificação. A partir das simulações, foram alcançados valores superiores ao que preconiza a ABNT NBR ISO/CIE 8995: 2013. Porém, a uniformidade da iluminação se apresentou abaixo do requerido, caracterizando excesso de luz em determinadas regiões, e insuficiência em outras. Estas condições podem desencadear desconfortos visuais e térmicos, dificultando a realização das atividades laborais ali exercidas. Sendo assim, concluiu-se que há necessidade de novos estudos, simulando o acréscimo de luz artificial nas situações de baixa iluminação, e o emprego de películas e/ou adesivos como barreira, para as condições de insolação excessiva.

Palavras-chave: Conforto; Desempenho Lumínico; Iluminação Natural; Simulação; Ofuscamento.

1 INTRODUÇÃO

O ser humano é completamente inerente à luz, visto que aproximadamente 70% da sua compreensão está relacionada à visão. (VIANNA; GONÇALVES, 2001). Por isso a importância da iluminação nas edificações e nas suas diferentes finalidades. No entanto, para ser agradável, a iluminação deve estar adequadamente direcionada e possuir a intensidade necessária para a realização de determinada

* Engenheira Civil e estudante de Pós-Graduação em Patologia e Desempenho das Construções – htoillier@gmail.com

** Professora orientadora Dra. Maria Fernanda de Oliveira, Coord. PPG ArqUrb e Pesquisadora do ITT Performance da Unisinos – mariaon@unisinos.br

tarefa, resultando em uma boa resolução das cores e na inexistência de ofuscamento. Em concordância, considera-se que o uso da iluminação natural nas edificações comerciais e de escritórios é mais interessante do que a iluminação artificial, uma vez que proporciona maior contato com o meio externo, atenuando situações tensionais do cotidiano. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Assim, ao longo dos últimos anos, a ciência, em âmbito internacional, vem buscando metodologias mais criteriosas relacionadas à iluminação natural das edificações e ao maior conforto visual de seus beneficiários. Trata-se da individualidade de cada fachada. (MARCONDES CAVALERI; CUNHA; GONÇALVES, 2018). Em território nacional adotou-se a normativa NBR ISO/CIE 8995, tendo em vista que as variadas atividades laborais requerem diferentes níveis de iluminância. Além de indicar os parâmetros mínimos de iluminância para ambientes internos de trabalho, a norma institui critérios de avaliação do ofuscamento e do índice de reprodução de cor para os diferentes ofícios. (DANIELESKI; 2018).

Em apoio às normativas, o desenvolvimento de *softwares* aponta para o aprimoramento dos estudos relacionados ao conforto visual. Estes permitem a simulação das luzes natural e artificial de ambientes em modelagem 3D, admitindo a determinação dos revestimentos internos de piso, teto e paredes, além da inserção de móveis e decorações. Através dos parâmetros do CIE (*Commission Internationale de L'éclairage*), que foram inspirados em dados previamente calculados de forma analítica, e do emprego dos *softwares* Lightscape 3.2 e Relux Professional 2004, foi elaborado um estudo no ano de 2006. Nesta análise consideraram-se 32 diferentes cenários e foram obtidos resultados positivos nos variados quesitos dos testes realizados, principalmente através do *software* Relux. (MAAMARI, *et al*, 2006).

A luz natural pode ser total ou parcialmente responsável pela iluminação na hora de realizar atividades visuais. Sofre variações ao longo do dia e ao longo do ano, possibilitando amplitude de resultados alcançados. Por isso, os estudos de iluminação natural requerem a padronização de alguns fatores. (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, 2013; DANIELESKI *et al.*, 2019).

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho lumínico natural de uma sala comercial/escritório, no município de Santa Cruz do Sul-RS, quanto ao nível de iluminância no ponto central do ambiente. Apesar de seu caráter habitacional, os parâmetros estipulados pela NBR 15575 (ABNT, 2013) foram

adotados durante a elaboração da simulação computacional. Para alcançar o objetivo deste estudo, considerou-se a geometria da sala comercial, sua orientação solar e coordenadas geográficas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para Lamberts, Dutra e Pereira (2014) o ofuscamento é caracterizado como uma perturbação, um desconforto ou até mesmo perda de visibilidade. Este fenômeno se deve a anomalias como: grande e/ou rápida alteração luminosa, brilho ou contraste excessivos, e o encontro direto do olhar com uma fonte luminosa. Em acréscimo, Vianna e Gonçalves (2001) afirmam que estas anomalias dificultam a compreensão visual, comprometendo-a fisiologicamente, através da fadiga acelerada dos olhos, impedindo a visão, mas sem causar incômodo; ou então psicologicamente, através da sensação de desconforto, sem necessariamente impedir a visão. Pode-se ainda especificar o ofuscamento como perturbador, quando o andamento da tarefa visual não é impedido, ou denominá-lo como inabilitador, que como o nome já diz, inabilita a execução do afazer visual. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Já a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 recomenda que se evite luminâncias muito altas, uma vez que estas podem levar ao ofuscamento, caracterizado pela normativa como a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão. Trata-se de uma observação sensitiva, que não pode ser avaliada ou medida, somente em fins de outra sensação. (VIANNA; GONÇALVES, 2001). É ainda considerado por Vásquez et al. (2016) como uma das características mais limitadoras no processo de análise da luz natural.

Uma vez que a iluminação natural apresenta particularidades, é comum em ambientes que dispõem da luz do dia como principal fonte luminosa, um aspecto menos uniforme. Os maiores índices de iluminação ocorrem próximos às esquadrias e vão perdendo força à medida que ganham profundidade no ambiente, afastando-se das aberturas. A uniformidade de iluminação, que expressa um dos fatores de qualidade do meio, é passível de ser mensurada. (VIANNA; GONÇALVES, 2001). Sendo assim, segundo a NBR ISO/CIE 8995 (ABNT, 2013), dispõe-se então da uniformidade de iluminância, resultado da divisão entre valores de iluminância mínima e média do ambiente. Para o local de realização da atividade, admite-se 0,7

como valor uniforme mínimo, para que não haja estresse visual. Porém, a normativa não esclarece se este parâmetro está associado apenas à iluminação natural ou à associação desta com a luz artificial.

Além da iluminância do local da tarefa, têm-se a iluminância no seu entorno imediato. Estas devem estar em harmonia para que não haja o desconforto visual daqueles que executam as atividades laborais, provocado principalmente por mudanças drásticas na iluminação. Considera-se como entorno imediato, uma faixa de no mínimo 0,5m de largura arredor do local de atividade. (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, 2013). Os limites desta variação estão estabelecidos, conforme a norma, na Tabela 1.

Tabela 1 – Iluminâncias no entorno imediato

Iluminância da tarefa, em lux	Iluminância do entorno imediato, em lux
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	A mesma da área da tarefa

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

Os valores de iluminância fornecidos pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), são referentes à iluminância mantida, que é definida como grau de iluminação aconselhada para cada tarefa. Estes valores são responsáveis pela qualidade da área onde se desenvolvem as atividades visuais, quanto ao conforto, segurança e rapidez com que se executam-nas. E, para atividades desempenhadas com utilização de monitores VDT (*Visual display terminals*), deve-se proporcionar um ambiente adequado para leituras de telas e textos impressos, escrita e utilização do teclado. (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, 2013). Na

Tabela 2 apresentam-se os valores de iluminância mantida (\bar{E}_m), estabelecidos pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), para selecionados locais de trabalho e tarefas, conforme interesse da autora.

Tabela 2 – Ambientes de trabalho, tarefas e atividades com especificação de iluminância mantida

Ambiente, tarefa ou atividade	\bar{E}_m (lux)
Escritórios	
Escrever, teclar, ler, processar dados.	500
Estações de projeto assistido por computador.	
Varejo	
Área da caixa registradora	500

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1:2013.

O desempenho de uma tarefa visual apresenta fatores que determinam a iluminação necessária para exercê-la, como: detalhes críticos, grau de precisão, luminância da própria tarefa (fator reflexão), contrastes, dentre outros. Como exemplo têm-se uma sala de escritório com computador, ou seja, local produtivo, onde o nível de iluminância deve ser uniforme e ter seu valor mínimo respeitado, além de evitar-se os contrastes em excesso. (VIANNA; GONÇALVES, 2001). Para Beck (2016), as diretrizes estabelecidas pelas normativas podem minimizar a ocorrência de disformidade. Porém, não se tem conhecimento de uma fórmula única, que seja capaz de abranger todas as necessidades para se ter o ambiente adequado.

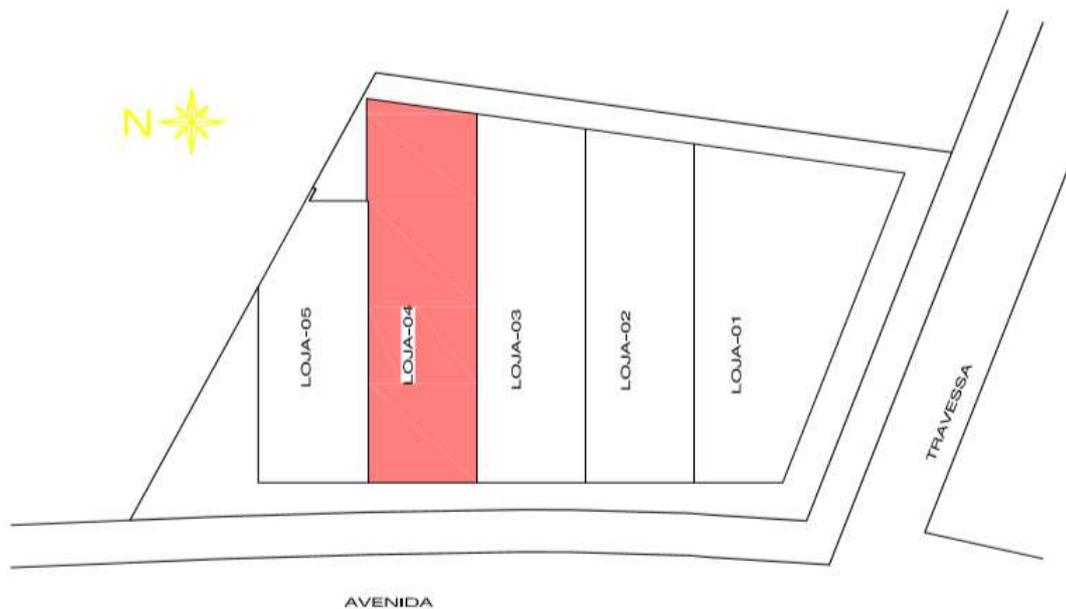
Na ABNT NBR 15575-1 (2013), são estabelecidos critérios para a realização de simulações computacionais de análise da iluminação. Para luz natural, adota-se o modelo de avaliação estática, que determina os dias 23 de abril e 23 de outubro, nos respectivos horários, 9h30 e 15h30, em condições de céu parcialmente encoberto. Além disso, desconsidera-se a iluminação artificial e qualquer obstrução opaca nos vãos das esquadrias. Já Coutinho (2009) recomenda que o estudo da luz natural nos ambientes internos seja realizado considerando-se o céu encoberto, ou seja, coberto por nuvens escuras de maneira padronizada. Este modelo representa as circunstâncias menos favoráveis de luz.

3 MÉTODO

3.1 Objeto de estudo

O objeto de estudo consiste em um prédio comercial na cidade de Santa Cruz do Sul-RS. É composto de múltiplas salas no pavimento térreo, ambas com mezanino na parte posterior, caracterizando pé direito duplo no local em análise. A fachada é oeste e predominam as esquadrias de vidro. A edificação está inserida em um terreno de esquina e atualmente não possui edificações vizinhas de alturas consideráveis. O ambiente selecionado para análise trata-se do local de trabalho da autora deste estudo, denominado em projeto de LOJA-04, implementado conforme Figura 1.

Figura 1 – Localização em terreno da LOJA-04

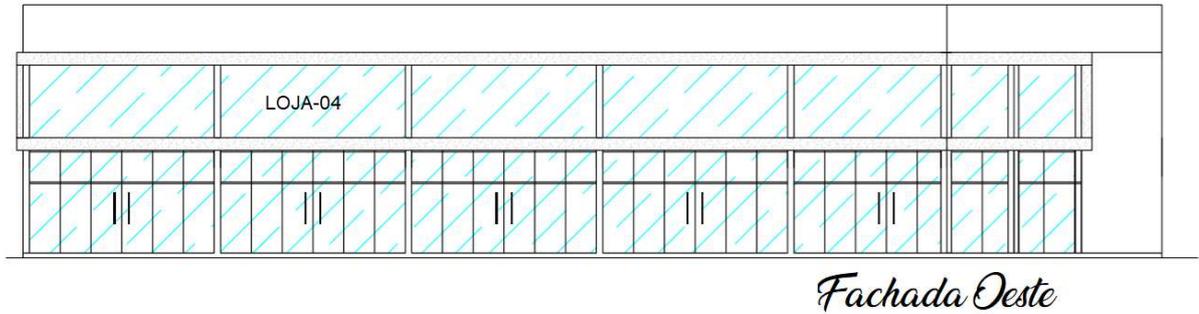


Fonte: Adaptado pela autora.

O empreendimento foi entregue aos clientes com acabamento interno finalizado, como revestimento cerâmico nos pisos, forro em gesso e pintura nas paredes. Já as fachadas de cada sala comercial são compostas por uma esquadria em formato de fita logo abaixo da viga e outra esquadria inteira, do piso até a janela superior, com folhas em vidro de correr que permitem a abertura de 2/3 da porta. Já acima da viga encontra-se mais uma abertura inteira, que é fechada com vidros em

folhas fixas. Ou seja, exceto pela viga, a fachada apresenta-se totalmente coberta por vidro, conforme Figura 2.

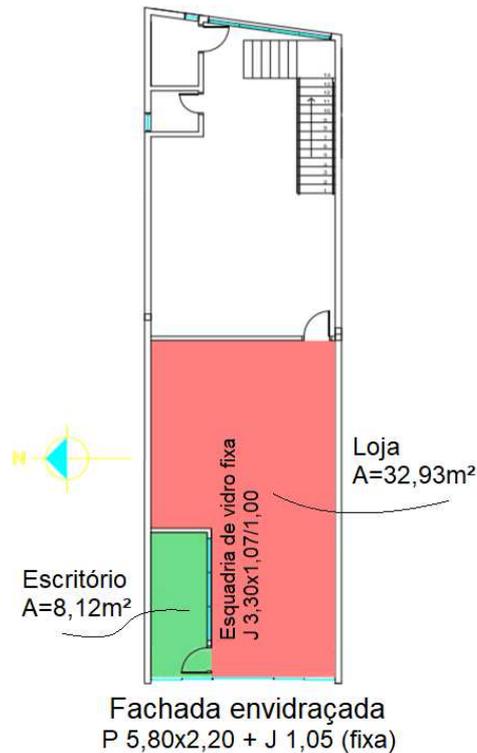
Figura 2 – Fachada do empreendimento



Fonte: Adaptado pela autora.

A Loja-04 recebeu modificações implementadas pelos usuários. Divisórias em sistema *DryWall* foram instaladas, compartimentando os locais em Loja e Escritório. As dimensões dos ambientes em estudo são expressas na Figura 3.

Figura 3 – Dimensões do ambiente em análise



Fonte: Adaptado pela autora.

3.2 Critérios de análise

Com intuito de avaliar o desempenho da luz natural em ambiente comercial e de escritório, utilizou-se das recomendações da ABNT NBR 15575-1:2013 para realização de simulação computacional através do *software* Relux. Em relação a avaliação dos dados da iluminação natural, a classificação da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 para ambientes de trabalho e tarefas serviu de parâmetro.

A normativa define que dias 23, dos meses de abril e outubro, às 9h30 e 15h30, sejam as datas e horários utilizados na simulação. Dados a respeito da localização da edificação, como coordenadas de latitude e longitude e fuso horário da cidade de Santa Cruz do Sul-RS, foram definidos previamente. Também a critério da norma, considerou-se o céu parcialmente encoberto, para fim de simular a situação mais recorrente no país. Desprezada a iluminação artificial, mediu-se a iluminância média e a iluminância no centro geométrico pontual de cada ambiente. (ABNT NBR 15575-1, 2013). Como plano de referência da área de trabalho, utilizou-se 0,75m acima do piso, conforme indicação da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

Outro critério considerado, foram os revestimentos internos da edificação. Cada material possui refletância característica, que é determinada principalmente por sua tonalidade. Estes valores foram obtidos através da simulação computacional no *software* Relux e estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 - Refletância visível obtida através de parâmetros do Relux

Superfície	Revestimento	Refletância Simulada (%)
Piso	Cerâmica branca	63
Teto	Pintura branca	95
Parede	Pintura branca	85

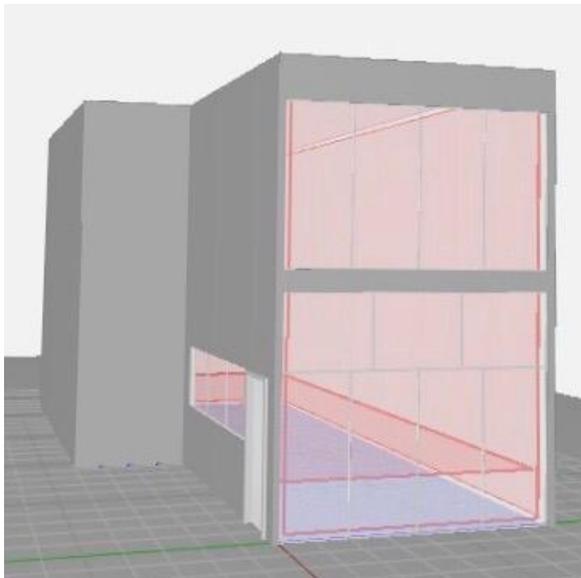
Fonte: A autora.

3.3 Simulações

Na realização das simulações computacionais adotou-se o *software* Relux Desktop como ferramenta principal, baseando-se nos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 15575-1:2013. A partir da planta baixa da edificação, manipulada em AutoCad versão 2017, identificou-se os ambientes estudados como Loja e Escritório,

desprezando-se as demais dependências. Em seguida, a planta baixa modificada foi exportada para o Relux. Apesar de constituírem a mesma sala comercial, neste programa os ambientes foram considerados como dois planos de referência distintos, sendo analisados individualmente. Isto se deve à instalação de divisórias em gesso acartonado e esquadrias no interior do recinto. Estas divisórias possuem 3,50m de altura, mas para fim de simulação, foram consideradas com a altura do pé direito total da edificação, que é de 6,30m. Na Figura 4 – 7 pode-se observar os planos estudados.

Figura 3 - Loja



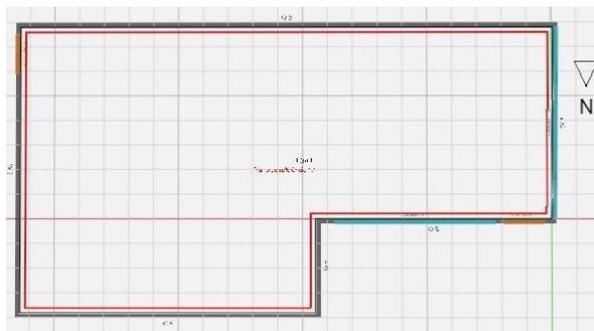
Fonte: Relux

Figura 4 - Escritório



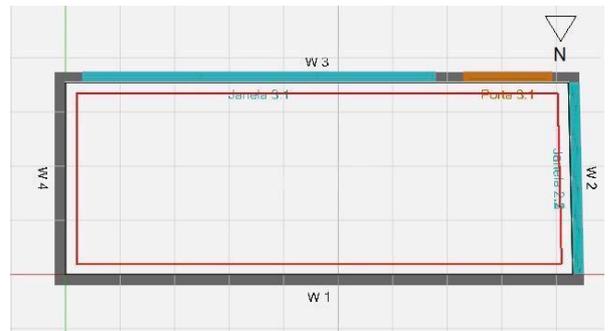
Fonte: Relux

Figura 5 – Planta Baixa Loja



Fonte: Relux

Figura 6 – Planta Baixa Escritório



Fonte: Relux

A partir da definição do protótipo, pode-se instalar as esquadrias e realizar o ajuste dos revestimentos. O modelo avaliado apresenta vidro insulado incolor e ausência de sombreamento. Seu entorno construído não apresenta obstrução, devido à ausência de edificações com alturas consideráveis. Então, com as configurações devidamente acordadas, iniciou-se o cálculo de simulação da luz natural.

Este estudo prevê 02 ambientes diferentes, com interiores de mesmos revestimentos, ou seja, com a mesma refletância interna, porém de geometrias distintas. As verificações, conforme estabelece a NBR 15575-1:2013, se deram nos dias 23 de abril e 23 de outubro, nos horários de 9h30 e 15h30, totalizando 08 simulações por meio do *software* Relux.

Ainda conforme a normativa, as portas e janelas foram consideradas fechadas e o valor obtido de iluminância foi medido no ponto geométrico central dos ambientes, a partir do plano horizontal de referência, a 0,75m do piso. (ABNT NBR 15575-1, 2013). Então, o resultado das simulações é apresentado através de relatórios, que contemplam informações a respeito da iluminância mínima, média e máxima do plano horizontal de referência dos objetos de estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das simulações computacionais, realizadas nos parâmetros da NBR 15575-1 (ABNT, 2013) e com auxílio do *software* Relux, foram obtidos os resultados para iluminância média e iluminância no centro geométrico dos ambientes avaliados, discriminados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados de iluminância nos ambientes

 E_m (Iluminância Média, em lux)

Ambiente	23 de abril		23 de outubro	
	9h30min	15h30min	9h30min	15h30min
Loja	1090	1050	1580	1390
Escritório	2610	2510	3790	3330
E (Iluminância no Centro Geométrico, em lux)				
Ambiente	23 de abril		23 de outubro	
	9h30min	15h30min	9h30min	15h30min
Loja	979	942	1420	1250
Escritório	2460	2370	3560	3130

Fonte: A autora.

O índice de luz medido no ponto geométrico central não coincide exatamente com os planos de trabalho, por tanto, considerou-se neste estudo a iluminação média dos ambientes. A NBR ISO/CIE 8995-1:2013 apresenta parâmetros de iluminância mantida para que se possam exercer determinadas tarefas, ou seja, os valores mínimos de iluminância média para o local de trabalho. Percebe-se então, que tanto para a Loja como para o Escritório, os valores de iluminância média dos ambientes foram superiores aos 500 lux recomendados pela normativa. Isto se deve ao fato de a fachada da edificação ser predominantemente de vidros.

Os resultados foram extremamente elevados em ambos os períodos simulados. Porém, no mês de outubro, nota-se um acréscimo de luz. O maior valor de iluminância obtido para Loja e Escritório foi em 23 de outubro às 9h30, sendo 1580 lux e 3790 lux, respectivamente. Este fato é característica da primavera, estação do ano em que se encontra o hemisfério sul, onde está localizada a edificação. E apesar de todas as simulações resultarem em níveis de iluminância média bem acima do requisitado por norma, nota-se uma variação considerável da iluminação entre os períodos de manhã e tarde, circunstância da posição solar oeste do empreendimento.

Entretanto, nem sempre resultados elevados de iluminância natural são de um todo positivos. Valores demasiado altos de iluminamento podem ser incômodos aos usuários, causando ofuscamento e inclusive desconforto térmico. Então, de

acordo com Mardaljevic e Nabil (2006, *apud* DANIELESKI, 2018), o sistema de avaliação denominado Iluminância Natural Útil, conhecido internacionalmente como *Useful Daylight Illuminance* (UDI), apresenta a classificação da iluminância, ao longo de um ano, dentro de um determinado intervalo, no plano de trabalho. Considera-se que a iluminância útil está na faixa de 100 a 3000 lux. Os valores acima disto são considerados excedentes, podendo causar os desconfortos acima citados.

Porém, após a aplicação de questionários aos ocupantes de ambientes de trabalho, que utilizavam o computador em suas tarefas, Mardaljevic e Nabil (2006, *apud* DANIELESKI et al., 2019) adotaram o valor máximo de 2000 lux para iluminância nestes locais. Diferente disto, Coutinho (2009) aborda as recomendações da CIE (*Commission Internationale de L'eclairage*), que determinam os valores a serem utilizados para a avaliação da luz natural. Às atividades com exigências visuais normais, limita-se entre 500 e 1000 lux.

Outro aspecto a ser considerado neste estudo são os valores mínimos e máximos de iluminamento encontrados para os ambientes de referência. Na Tabela 5 estão expostos estes resultados. Aqueles grifados em azul mais escuro são superiores a 3000 lux e em azul claro, aqueles que superaram os 1000 lux. Os valores abaixo de 500 lux encontram-se em rosa. Nota-se que não há um equilíbrio entre valores mínimos e máximos de iluminamento, caracterizando iluminação natural de baixa qualidade; visto que os valores recomendados pela CIE devem estar entre 500 e 1000 lux.

Tabela 5 – Resultados de iluminância mínima e máxima

Emín (Iluminância Mínima, em lux)				
Ambiente	23 de abril		23 de outubro	
	9h30	15h30	9h30	15h30
Loja	148	143	215	189
Escritório	1510	1450	2210	1940
Emáx (Iluminância Máxima, em lux)				
Ambiente	23 de abril		23 de outubro	
	9h30	15h30	9h30	15h30
Loja	3680	3540	5340	4690
Escritório	4140	3990	6010	5280

Fonte: A autora.

Em relação ao Escritório, os níveis de iluminância encontram-se muito além dos parâmetros de conforto e qualidade, inclusive superando os 1000 lux em todas as simulações de iluminação mínima. Para os índices de iluminância máxima, em todas as modelagens, superam-se os 3000 lux, que segundo o sistema de avaliação Iluminância Natural Útil, passa a ser iluminância excedente. Este excesso estimula o desconforto dos usuários, uma vez que a luz incide diretamente sobre um possível local de trabalho, proporcionando sensação de ofuscamento e desconforto térmico.

Porém, para a Loja, os resultados mínimos obtidos foram abaixo do limite de 500 lux, estimado pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013, caracterizando então a iluminação natural como insuficiente neste espaço. Para este caso, o acréscimo de luz artificial seria interessante.

Por sequência, na Tabela 6, estão apresentados os resultados adquiridos para uniformidade da iluminância, obtidos através da razão entre os valores mínimo e médio. Conforme a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), para o ambiente em que se realizam atividades laborais, admite-se o valor mínimo de 0,7 para que não haja estresse visual. Porém, como dito anteriormente, a normativa não esclarece se este parâmetro está relacionado apenas à iluminação natural ou à sua associação com a luz artificial. As resultantes foram iguais para as quatro simulações realizadas em cada recinto. Ambas estão abaixo do valor referenciado por norma.

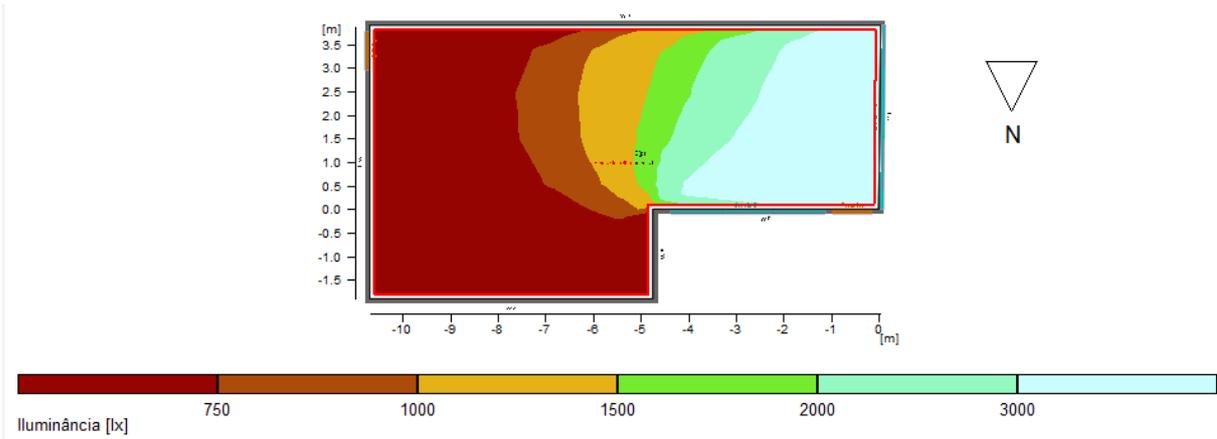
Tabela 6 – Resultados de uniformidade da iluminância

Uniformidade da Iluminância (U _o)	
Loja	0,14
Escritório	0,58

Fonte: A autora.

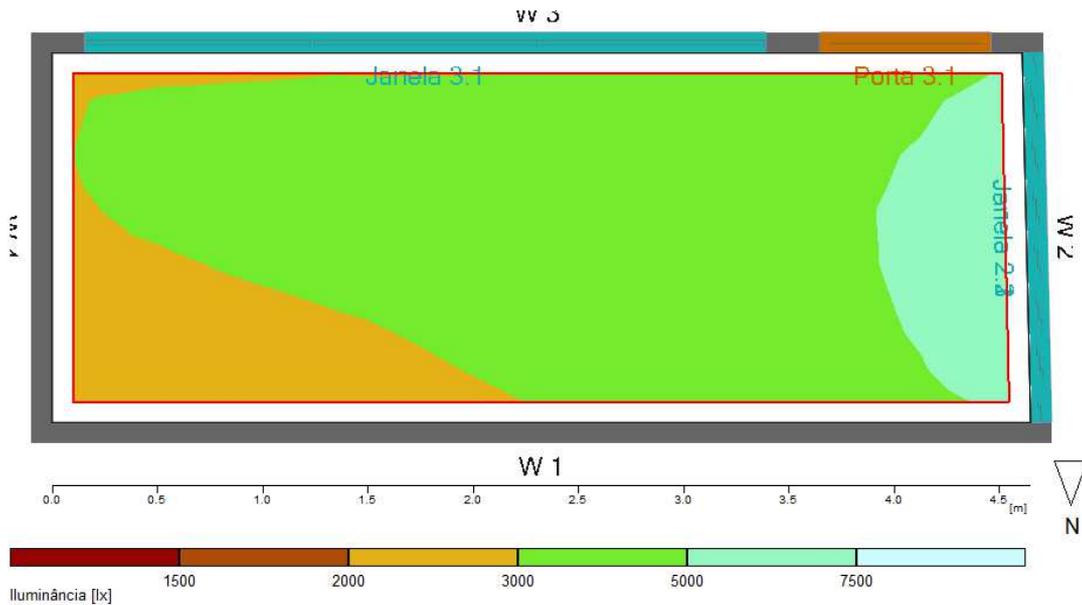
Ao avaliar-se a iluminação como um todo, nos ambientes de Loja e Escritório, é notória a diferença de propagação da luz ao longo do espaço. Nas Figuras 8 e 9, pode-se observar os níveis de iluminação representados graficamente pelo diagrama de cores falsas, gerado no *software* Relux.

Figura 7 – Diagrama de cores falsas da Loja, no dia 23 de outubro às 9h30



Fonte: Relux

Figura 8 – Diagrama de cores falsas do Escritório, no dia 23 de outubro às 9h30



Fonte: Relux

Outros aspectos a serem considerados para justificar a falta de uniformidade da iluminância são a influência da geometria interna dos ambientes e suas dimensões. O fator de uniformidade é extremamente baixo na Loja, consequência de sua extensão e geometria irregular. À medida que se afasta da fachada envidraçada, a insolação diminui. Já no Escritório, a uniformidade é relativamente maior. Porém, devido ao menor tamanho da sala e consequentemente maior proximidade das

esquadrias, os níveis de iluminância encontrados são excessivamente elevados, causando incômodo visual aos usuários e aumento da carga térmica do recinto.

5 CONCLUSÃO

São muitos os fatores que influenciam a quantidade de luz natural no interior de um ambiente. Para isso, é importante que os parâmetros estabelecidos por norma sejam obedecidos, garantindo que as exigências humanas para realização de determinadas tarefas sejam supridas. Assim, existem níveis de iluminância indicados para os planos de trabalho, conforme as atividades que ali serão realizadas. (COUTINHO, 2009).

Neste estudo, realizou-se a avaliação do comportamento da iluminação natural em dois ambientes de trabalho, através de modelagens computacionais no *software* Relux. As simulações foram realizadas para o município de Santa Cruz do Sul-RS, nos dias 23 de abril e 23 de outubro, às 9h30 e às 15h30, somando 08 situações distintas. Após análise dos resultados, respeitando-se critérios normativos de conforto e desempenho visual, foi possível perceber que a iluminação não é uniforme nos objetos examinados. Embora se tenha obtido o valor mínimo de 500 lux para iluminância média, estes níveis apresentam-se muito além do que se acredita ser agradável para o exercício das tarefas.

No mês de outubro, foram obtidos os maiores índices de luz, chegando ao valor máximo de 6010 lux para o Escritório e 5340 lux para a Loja, caracterizando excedente luminosidade em determinadas regiões. Com relação aos coeficientes de uniformidade, estes apresentaram-se abaixo de 0,7 em ambas as salas, indicando prováveis situações de estresse visual.

No que concerne à proporção espacial, constatou-se diferentes comportamentos para os ambientes analisados. O Escritório apresentou maiores índices de iluminância natural, devido a sua menor profundidade e forma geométrica regular. A partir disso pode-se concluir que, para ambientes de menor extensão, aberturas maiores tendem ao excesso de insolação, gerando desconforto visual e acréscimo de calor. Para a loja, sala de maior profundidade e geometria em “L”, foram registrados os índices de iluminância mínimos, mais ao fundo do ambiente e nos locais de iluminação indireta. Estes foram considerados insuficientes pois são inferiores a 500 lux.

Os estudos realizados revelaram que são necessários alguns ajustes para que os ambientes analisados alcancem os níveis de conforto e qualidade adequados. Em relação aos resultados considerados insuficientes, é indicado um acréscimo de iluminação através de luz artificial, sendo fundamental a realização de novas modelagens. Para as situações de iluminâncias excessivas, seria interessante a simulação dos modelos empregando-se estratégias para barrar a insolação excedente, como a implantação de películas nas vidraças ou até mesmo adesivos *blackout*. Proteções solares externas também diminuem a ocorrência de ofuscamento, e permitem o aproveitamento da luz natural.

Por fim, este trabalho tem potencial de contribuição para melhorar a qualidade visual dos usuários dos espaços estudados e também daqueles que ocupam as demais salas comerciais do empreendimento, os quais exercem diferentes tipos de atividades.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de Ambientes de Trabalho. Rio de Janeiro, 2013b.

BECK, Elisa de Oliveira. **Desempenho luminoso e energético de LEDs para reformas de sistemas de iluminação de ambientes de escritório**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, SC, 2016.

COUTINHO, Mônica Sofia. **Avaliação das condições de iluminação natural através de simulações em modelos virtuais – O estudo de caso da reitoria da Universidade Nova de Lisboa**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa. 2009.

CASTANHEIRA, Luís Miguel. **Estudo da influência da luz natural na qualidade da iluminação e na eficiência energética**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa. 2012.

DANIELESKI, Cristina Biazus. **Avaliação do desempenho lumínico de ambientes residenciais**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, São Leopoldo, RS, 2018.

DANIELESKI, Cristina Biazus; OLIVEIRA, Maria Fernanda de; MEDEIROS, Daniel Reis. **Avaliação do desempenho da luz natural em ambientes residenciais**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019012, mar. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8652735>>. Acesso em: 06 set. 2019. doi: <https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8652735>.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na arquitetura**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

MAAMARI, F.; FONTOYNONT, N.; ADRA, N. **Application of the CIE test cases to assess the accuracy of lighting computer programs**. Department of Civil Engineering and Buildings, France, 2006. ISSN 0378-7788. DOI: doi:10.1016/j.enbuild.2006.03.016.

RELUX. Programa de simulação de iluminação natural e artificial, com renderização fotorealista. Disponível em: <https://reluxnet.relux.com/en/relux-desktop.html>

VÁSQUEZ, N.G.; PEREIRA, F. O. R.; MORAES, L. N.; PIRES, M. O. Proposta de um procedimento alternativo para avaliar o ofuscamento: uma abordagem temporal da direção da visão. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 143-161, jan./mar. 2016. ISSN 1678-8621. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000100065>

VIANNA, Nelson Solano.; GONÇALVES, Joana Carla S. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Virtus s/c LTDA, 2001.

MARCONDES CAVALERI, Mônica Pereira; CUNHA, Guilherme Reis Muri; GONÇALVES, Joana Carla Soares. Iluminação natural em edifícios de escritórios: avaliação dinâmica de desempenho para São Paulo. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 9, n. 1, p.19-34, mar. 2018. ISSN 1980-6809.