

AVALIAÇÕES DINÂMICAS DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO PROTÓTIPO DE CASA POPULAR EFICIENTE DA UFSM

SOUZA, Matheus Cargnelutti de¹ (matheuscargnelutti@hotmail.com); GRIGOLETTI, Giane de Campos¹ (giane.c.grigoletti@ufsm.br); VAGHETTI, Marcos Alberto Oss¹ (marcos.vaghetti@ufsm.br).

¹ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil

RESUMO

No Brasil, existem poucas pesquisas relacionadas ao desempenho de iluminação natural utilizando análises dinâmicas, principalmente para ambientes residenciais, e que pode contribuir para a melhoria da eficiência energética nesse tipo de edificação. O objetivo deste estudo é avaliar o comportamento da iluminação natural no interior de um protótipo de habitação, conhecido como Casa Popular Eficiente, construído em Santa Maria, RS, através de simulações computacionais dinâmicas. Para tanto, iniciou-se pelo método do papel branco, onde foram realizadas medições com luxímetro portátil em 260 pontos de iluminância refletida nas superfícies internas do protótipo, para a obtenção das refletâncias de cada tipo de material existente no local. Foi elaborada uma maquete eletrônica do protótipo, utilizada no programa Rhinoceros com o plugin Diva instalado em seu ambiente. Foram inseridos os materiais para cada tipo de superfície na maquete, configurando-se as refletâncias. Para realizar a avaliação de iluminação natural por simulações com o plugin Diva for Rhino, tem-se como suporte o algoritmo Radiance e a utilização um arquivo climático do tipo SWERA de Santa Maria. Foram analisadas por simulações, no interior de cada ambiente, as variantes de autonomia de iluminação natural, com diferentes níveis de iluminâncias, além de serem realizadas simulações de iluminâncias úteis de iluminação natural. O protótipo obteve bom desempenho no que se refere aos parâmetros de iluminâncias preconizados pela NBR15575-1 e aos parâmetros adotados para a iluminância útil. Os resultados desta pesquisa não se resumem apenas para a avaliação de uma edificação, mas uma forma de avaliar o desempenho da iluminação natural em meio ao grande número de construções que surgiram recentemente no país, e mapear as deficiências que possam ser aperfeiçoadas pelos projetistas, visando aprimorar a forma de pensar o projeto de arquitetura e torná-lo mais eficiente.

Palavras-chave: Iluminação natural, Simulação, Diva for Rhino.

DYNAMIC EVALUATIONS OF NATURAL ILLUMINATION IN UFSM CASA POPULAR EFICIENTE PROTOTYPE

ABSTRACT

In Brazil, there is little research related to the performance of natural illumination using dynamic analysis, mainly for residential environments, and that can contribute to the improvement of energy efficiency in this type of building. The objective of this study is to evaluate the behavior of natural illuminance inside a prototype housing, known as Casa Popular Eficiente, built in Santa Maria, RS, through dynamic computational simulations. For this purpose, the white paper method was used, where measurements were made with portable luxmeter in 260 points of illuminance reflected on the internal surfaces of the prototype, to obtain the reflectance of each type of material in place. An

Realização



Escola Politécnica
PPG Engenharia Civil

Promoção



GT Desenvolvimento
Sustentável

electronic model of the prototype was developed, used in the Rhinoceros program with the Diva plugin installed in its environment. The materials for each type of surface were inserted in the model, and the reflections were set up. To perform the natural illumination evaluation by simulations with the Diva for Rhino plugin, the Radiance algorithm is supported and a SWERA Santa Maria climate file is used. In the interior of each environment, the variants of daylight autonomy with different levels of illuminance were analyzed, as well as simulations of useful daylight illuminances. The prototype obtained good performance with regard to the illuminance parameters recommended by NBR15575-1 and the parameters adopted for useful illuminance. The results of this research are not only limited to the evaluation of a building, but also a way to evaluate the performance of natural light in the midst of the large number of constructions that have recently appeared in the country, and to map the deficiencies that can be improved by the designers, aiming at Improve the way of thinking about the architecture project and make it more efficient.

Keywords: Natural Illumination; Simulation; Diva for Rhino.

1. INTRODUÇÃO

O protótipo de Casa Popular Eficiente surgiu de uma pesquisa iniciada na Universidade Luterana do Brasil (ULBRA/Curso de Arquitetura e Urbanismo) em 2008, e teve seguimento nos anos de 2009 e 2010 com a definição dos materiais e soluções sustentáveis, assim como a elaboração dos anteprojetos. Posteriormente, em 2011 na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/Curso de Engenharia Civil), foram elaborados os projetos arquitetônico e complementares definitivos do protótipo. Em 2012, o Grupo de Estudos e Pesquisas em Tecnologias Sustentáveis (GEPETECS) passou para a fase construtiva do protótipo, localizado no Centro de Eventos da UFSM. O protótipo foi inaugurado em dezembro de 2013, contemplando soluções que consideram o aproveitamento dos recursos ambientais disponíveis em uma alternativa de moradia popular.

A partir de 2014, iniciou-se uma pesquisa relacionada ao desempenho da iluminação natural no interior do protótipo, através de uma dissertação de mestrado. Neste artigo serão apresentadas algumas análises realizadas com auxílio computacional do plugin *Diva for Rhino*, tendo-se como referências, a NBR15575-1 (ABNT, 2013) e a IES LM-83-12 (*Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure*). De acordo com Jaramillo (2014, p. 35), “para fazer simulações dinâmicas é necessário definir dois aspectos: época do ano para análise e a escala de valores para determinar os níveis de iluminação natural que interesse”. Reinhart, Mardaljevic e Rogers (2006), realizaram um estudo onde recomendam identificar os momentos de maior ocupação das pessoas e exigência visual, quando se busca a época do ano. Quanto ao aspecto da escala de valores, existem duas unidades métricas que podem ser adotadas, a iluminância útil de iluminação natural (Useful Daylight Illuminances - UDI) e a Autonomia de Iluminação Natural (Daylight Autonomy - DA).

1.1 A Casa Popular Eficiente da UFSM

O protótipo, Fig. 1, utiliza materiais de baixo impacto ao meio ambiente, como tijolos de solo cimento, telha com Tetra Pak reciclado, forro de painéis OSB, tintas diluíveis em água e piso de PVC reciclado. Além disso, a construção reuniu diversas estratégias para a melhor utilização dos recursos naturais, como o aproveitamento da água da chuva, reaproveitamento de águas cinzas, uso da vegetação para proteção solar, emprego da ventilação e da luz natural e o uso da energia solar para aquecimento de água (VAGHETTI ET. AL., 2013).

Realização



Escola Politécnica
PPG Engenharia Civil

Promoção



GT Desenvolvimento
Sustentável

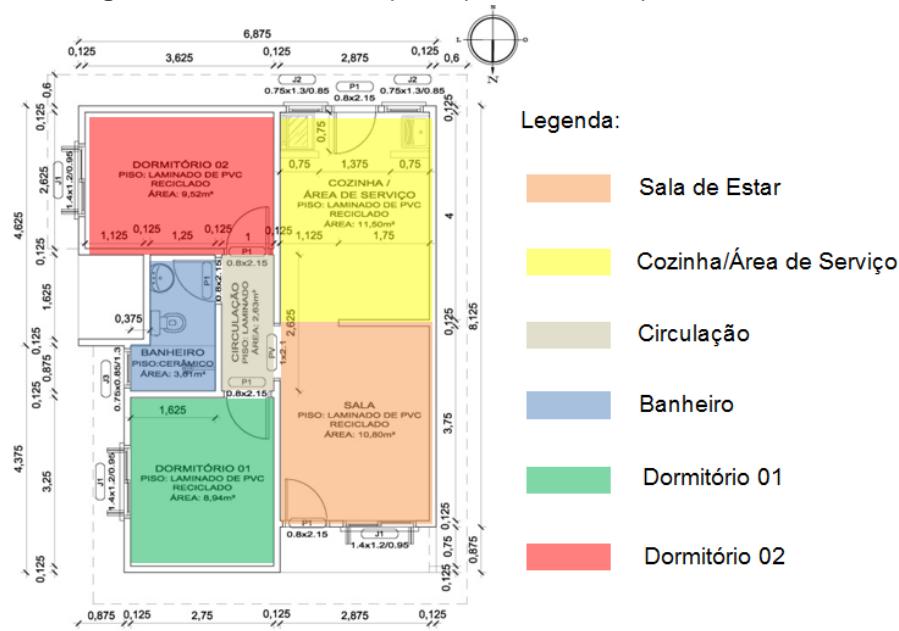
Figura 1. Fachadas da Casa Popular Eficiente.



Fonte: autores, 2015

O foco do Projeto é minimizar os danos ao meio ambiente a partir de materiais alternativos na construção, sem que se perca a qualidade de vida dos moradores (GEPETECS, 2014). A Fig. 2 apresenta a planta baixa do protótipo, que consiste em uma habitação popular, de 55,40m², distribuída em dois dormitórios, sala de estar, cozinha, área de serviço e um banheiro.

Figura 2. Planta Baixa do protótipo de Casa Popular Eficiente.



Fonte: adaptado de GEPETECS, 2014

1.2 A luz natural e a simulação computacional

Pelos níveis de iluminação natural serem dinâmicos, o desempenho da luz do dia deve ser considerado ao longo do tempo e não simplesmente através de um fator de luz diurna por exemplo. Um desempenho anual da iluminação natural integra variações de um ano completo, que é altamente dependente das condições climáticas locais, especialmente a luz fornecida a partir da luz solar direta contra o céu e as nuvens (IESNA, 2012).

Realização



Escola Politécnica
PPG Engenharia Civil

Promoção



GT Desenvolvimento
Sustentável

O *plug-in Diva for Rhino*, inicialmente desenvolvido na Universidade de *Harvard* e hoje gerenciado pela *Solemma*, permite aos usuários realizarem uma série de avaliações de desempenho ambiental dos edifícios individuais e paisagens urbanas, incluindo simulações de iluminação natural baseadas em arquivos climáticos, como *Useful Daylight Illuminances* e *Daylight Autonomy* (DIVA, 2016).

Nas simulações, o *Daylight Autonomy* é identificado como a porcentagem de horas ocupadas por ano em que as iluminâncias no plano de trabalho atingem um valor predeterminado de iluminância, somente de iluminação natural (REINHART ET AL., 2006). Outra ferramenta de análise é o *Useful Daylight Illuminances*, que simula a porcentagem de horas de um ano que a iluminância no plano de trabalho limita-se entre 100 e 2.000 lux, faixa de iluminação considerada de conforto visual, sendo os valores acima de 2.000 lux e abaixo de 100 lux considerados zonas de desconforto (MARDALJEVIC ET AL., 2005).

2. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

2.1 Objetivo

Avaliar a iluminação natural disponível no protótipo Casa Popular Eficiente, construído na UFSM, através de variáveis dinâmicas de iluminação natural, *Useful Daylight Illuminances* (UDI) e *Daylight Autonomy* (DA).

2.2 Justificativa

Além do avanço nos estudos de procedimentos eficientes para o aproveitamento de uma iluminação que é produzida naturalmente pelo sol, não tem custo financeiro, nem consumo energético poluente ou geração de resíduos, este trabalho aplica uma metodologia de avaliação espacial anual de condições de iluminação natural, que traz agilidade na identificação de pontos de deficiência no que se refere ao desempenho lumínico de uma determinada edificação. Esta metodologia pode ser aplicada tanto em avaliações de edificações já existentes, como em projetos de arquitetura ao longo de sua concepção.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Levantamento e modelagem do protótipo

Realizou-se o levantamento físico da edificação avaliada, embora exista o projeto do protótipo, se fez necessária a conferencia das dimensões reais no local. Em seguida, deu-se início a modelagem tridimensional através do software *AutoCad® 2013*, com a definição dos *layers* por tipos de materiais, servindo como arquivo base para uma posterior exportação ao software *Rhinoceros*. Antes de iniciar os procedimentos de simulações no *Rhinoceros*, precisou-se obter os níveis de refletâncias de todos os tipos de superfícies da edificação em estudo, por isso, optou-se pelo Método do Papel Branco para a coletas destes dados.

Realização



Escola Politécnica
PPG Engenharia Civil

Promoção



GT Desenvolvimento
Sustentável

3.2 Aplicação do método do papel branco

De acordo com Ghisi & Lamberts (1998), para a execução do método do papel branco é necessário um luxímetro portátil e uma folha de papel branco. São feitas duas medições de iluminância refletida em um mesmo ponto, uma com o papel branco e outra da superfície desejada, ambas com a fotocélula do luxímetro (luxímetro portátil INSTRUTHERM, modelo LD210) voltada para a superfície que se deseja saber a refletância e afastada aproximadamente 10 cm da mesma, como mostra a Fig. 3, com as medições realizadas no protótipo de Casa Popular Eficiente da UFSM.

Figura 3. Respectivamente: Sala/Cozinha/Dormitório01/Dormitório02/ Circulação/Banheiro;
 Medições de iluminância refletida, pelo método do papel branco.



Fonte: autores, 2016

A partir disso, obtém-se a iluminância refletida pelo papel branco e em seguida a iluminância refletida pela superfície que se deseja descobrir a refletância. Ainda segundo Ghisi & Lamberts (1998, p. 3), “admitindo-se a refletância do papel branco como sendo 90%, a refletância da superfície é determinada através de uma proporção como mostra a equação...” 1.

$$\rho_{sup} = \frac{90 \cdot E_{sup}}{E_{pb}} \quad (1)$$

Onde ρ_{sup} = Refletância da superfície (%); E_{sup} = Iluminância refletida pela superfície (lux); E_{pb} = Iluminância refletida pela superfície com papel branco (lux); 90 = Refletância do papel branco (%).

Conforme Pereira (2009, p. 15), “os dias com céu encoberto são caracterizados pela ausência de luz solar diretamente do sol. A luz do céu é tão uniformemente difundida, que o padrão de luminância do céu é visualmente simétrico em relação ao zênite”. Realizaram-se as medições de iluminância refletida no dia 8 de janeiro de 2016, entre 9h e 19h, por ser um dia com

predominância de céu encoberto (vista do céu na Fig. 4) que favorece a uniformidade das iluminâncias e consequentemente reduz a possibilidade de variação dos resultados.

Figura 4. Condição do céu no dia 08/01/2016, encoberto.



Fonte: autores, 2016

Para a execução do método exposto, são realizados 30 conjuntos de medições para cada tipo de superfície. Para superfícies com refletâncias uniformes este número cai para 10 conjuntos (GHISI, 1997).

3.3 Configuração e inserção de dados no *plugin Diva for Rhino*

Após a modelagem da maquete eletrônica, foi utilizado o *plugin Diva for Rhino*, instalado no software *Rhinoceros*, o qual apresenta quatro ícones de uso, *Location*, *Nodes*, *Materials* e *Metrics*. O primeiro ícone, *Location*, é utilizado para a importação de um arquivo climático local que se encontra no computador em *C:\Divav\WeatherData*, no qual foi utilizado o arquivo do tipo *SWERA.epw*, da cidade de Santa Maria, RS, obtido através do portal do Laboratório de Eficiência Energética em Edificação (LABEEE, 2016) da UFSC, onde podem ser encontrados os arquivos climáticos existentes de cidades brasileiras. Através do comando *Nodes*, são projetados os pontos de análises para as posteriores simulações. Foram definidos 75cm de altura dos pontos em relação ao piso, estabelecido pela NBR 15575-1, e aproximadamente 20cm de afastamento horizontal entre os pontos para se obter curvas isolux com boa precisão. Com o ícone *Materials*, conforme, são definidos os materiais para cada tipo de superfície, os quais foram separados por *layers* durante a modelagem tridimensional. Acessando o sistema (*C:/DIVA/Daylight/Material* nos documentos do computador, é possível configurar cada material com a sua devida refletância, como é estabelecido pelo *Radiance* no manual deste algoritmo (CRONE, 1992).

3.4 Simulando com o *plugin Diva for Rhino*

Após inserir o arquivo climático local no ícone *Location*, distribuir os pontos dos sensores em *Nodes*, e aplicar todos os materiais configurados com o algoritmo *Radiance* em *Assign Materials*, parte-se para os procedimentos de simulação na opção *Metrics* por base de dados climática. Neste trabalho foram simulados a iluminância útil de iluminação natural e a autonomia de iluminação natural, através de *Metrics/Daylight Grid-Based/Climate-Based/Metric*.

Realização



Promoção



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Refletâncias

Foram realizados 130 conjuntos de medições de iluminância refletida, totalizando 260 medições, sendo 30 conjuntos em cada uma das superfícies seguintes, paredes de tijolo a vista, forro de chapas OSB e piso laminado de PVC reciclado, e 10 conjuntos em cada uma das superfícies uniformes ou com pequenas áreas de abrangência, sendo as paredes pintadas de branco com tinta de terra crua, a madeira das esquadrias, os revestimentos cerâmicos de parede e o piso cerâmico do banheiro, resultando em dados apresentados na Tabela 1, com base em levantamentos feitos em 8 de janeiro de 2016.

Tabela 1. Estimativa de refletâncias das superfícies do protótipo de casa popular eficiente

Superfícies dos pontos medidos	Média de Iluminâncias refletidas pelo papel branco (Lux)	Média de Iluminância refletida pela superfície (Lux)	Refletância estimada (%)
Paredes de tijolos a vista	65,76666667	18,43333333	25
Paredes e teto pintados de branco	87,00000000	82,10000000	85
Paredes com revestimento cerâmico claro	107,2000000	79,40000000	67
Piso cerâmico claro	500,5000000	386,6000000	70
Madeira das esquadrias	114,0000000	19,30000000	15
Piso laminado de PVC reciclado	192,9000000	70,36666667	33
Chapas OSB do forro	43,53333333	17,76666667	37

As médias das refletâncias são necessárias para a aplicação dos materiais dentro do plugin Diva, e os resultados obtidos foram satisfatórios comparando-se a pesquisas realizadas por outros autores, como é apresentado por Pereira & Souza (2005), que referenciam estimativas de refletâncias por cores, onde uma parede pintada de branco, por exemplo, é descrita teoricamente por 80% de refletância estimada, e nesta medição obteve-se um resultado de 85%, podendo-se perceber a proximidade de resultados entre a medição e o referencial teórico.

4.2 Iluminância útil de iluminação natural - *Useful Daylight Illuminances (UDI)*

A simulação de *UDI* foi realizada para identificar as porcentagens de horas de um ano em que a iluminância no plano de trabalho está entre 100 e 2.000 lux (Fig. 5).

Pode-se identificar um bom desempenho *UDI* nos ambientes de permanência prolongada (sala, cozinha e dormitórios), onde as áreas em vermelho apresentam iluminância entre 100 e 2.000 lux em 100% das horas do ano. Uma ligeira deficiência de *UDI* pode ser identificada nas regiões próximas às janelas e no fundo dos ambientes de maior profundidade (sala, cozinha e dormitório 02), podendo-se fazer um comparativo entre os dois dormitórios, com a mesma orientação solar, porém, com distinção de dimensionamento, tornando o dormitório 01 mais eficiente por suas áreas de deficiência serem próximas à janela, que possivelmente sejam caracterizadas por excesso de

Realização



Escola Politécnica
PPG Engenharia Civil

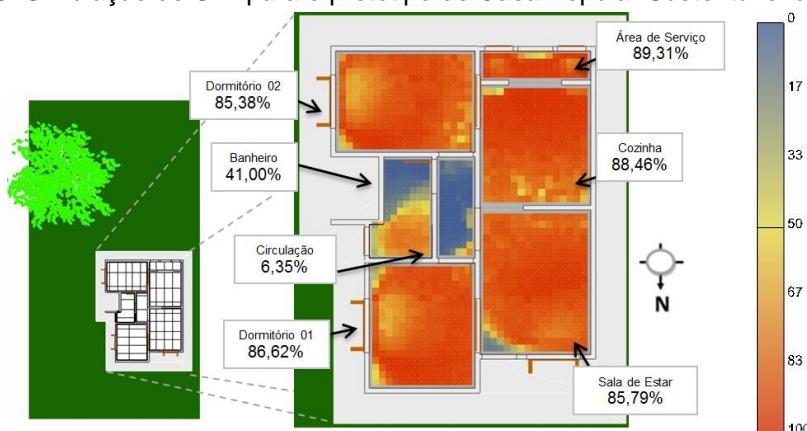
Promoção



GT Desenvolvimento
Sustentável

iluminâncias, apresentando uma homogeneidade maior e coloração avermelhada no restante do ambiente. Já no dormitório 02 há deficiência no fundo do ambiente, concluindo-se que será necessário acionar a iluminação artificial nesta região. Já no banheiro e circulação, observa-se alto índice de deficiência, o que poderemos concluir nas próximas análises, de *Daylight Autonomy*.

Figura 5. Simulação de UDI para o protótipo de Casa Popular Sustentável da UFSM.

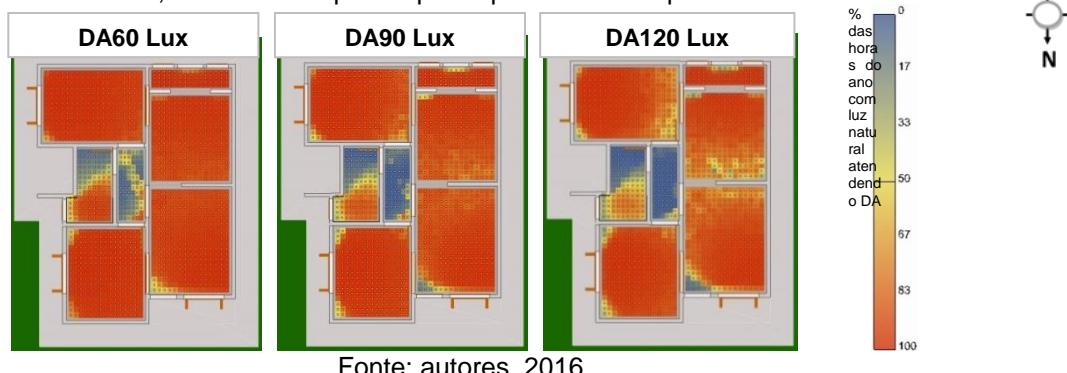


Fonte: autores, 2016

4.3 Autonomia de iluminação natural - *Daylight Autonomy* (DA)

Analisou-se os desempenhos em autonomia anual de iluminação natural seguindo os índices de iluminâncias internas de edificações habitacionais estabelecidos pela NBR15575-1 - Norma de desempenho de edificações habitacionais (ABNT, 2013), onde são considerados para dormitórios, sala de estar e cozinha, o nível mínimo de iluminância de 60 lux, o nível intermediário a partir de 90 lux e o nível superior a partir de 120 lux. A Figura 9 apresenta as simulações de autonomia de iluminação natural para 60 lux, 90 lux e 120 lux.

Figura 9. DA em 60, 90 e 120 Lux para o protótipo de Casa Popular Sustentável da UFSM.



Fonte: autores, 2016

Realização



Escola Politécnica
 PPG Engenharia Civil

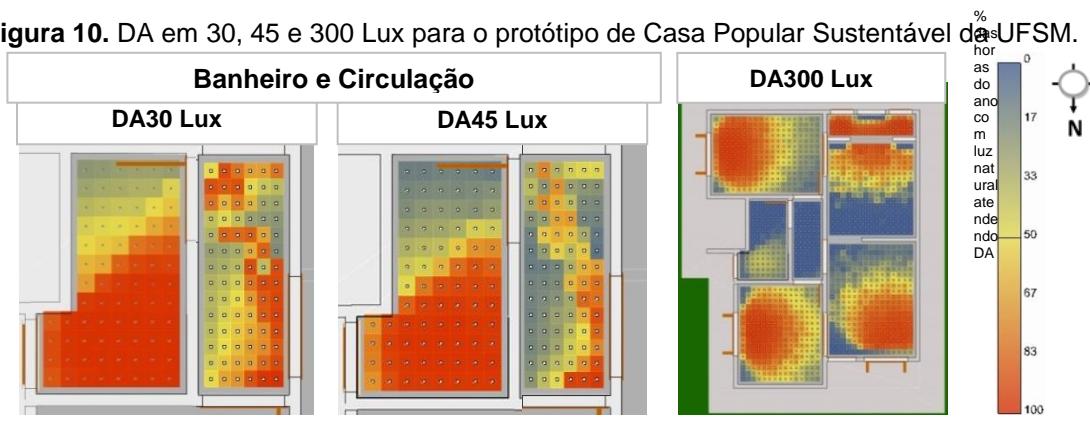
Promoção



GT Desenvolvimento
 Sustentável

Pode-se analisar, nas simulações, que, ao se considerar avaliações de desempenho com um sensor central em cada ambiente, como sugere a NBR15575-1, os ambientes de permanência prolongada atingiriam todos os índices estipulados pela norma, porém, ao se avaliar o fenômeno da iluminação natural de uma forma espacial, pode-se identificar as áreas deficientes e passíveis de serem supridas por iluminação artificial ou de adequação projetual, nas plantas representadas pelas cores azul e amarelo. Também foram avaliadas as autonomias em 30 e 45 lux (índices intermediário e superior para os ambientes circulação e banheiro de acordo com a NBR15575-1), além de uma avaliação com 300lux, pensando-se em áreas de estudo ou trabalho doméstico, expostas na Figura 10.

Figura 10. DA em 30, 45 e 300 Lux para o protótipo de Casa Popular Sustentável da UFSM.



Fonte: autores, 2016

Nestas três simulações, pode-se perceber que as áreas que não estão em vermelho correspondem a pontos que não atingem 100% de autonomia e por isso precisam ser aperfeiçoadas, pois são apresentados baixos índices de autonomias, caso do banheiro e da circulação, e ainda se identifica as áreas com certa dificuldade em atingir iluminâncias elevadas, que aparecem em azul e também em amarelo na simulação DA300 lux. Identificados os pontos a serem otimizados, pode-se pensar em adequações, por exemplo, trocando as cores da pintura das paredes e do teto e talvez possíveis ajustes arquitetônicos, como distribuição das aberturas ou redução de profundidade dos ambientes.

5. CONCLUSÃO

Em *UDI* foram apontadas bons resultados de iluminâncias úteis de iluminação natural, acima de 85% nos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço. Em *DA*, os parâmetros de desempenho mínimo, intermediário e superior de iluminâncias estipulados pela NBR15575-1, deveriam superar respectivamente os índices de autonomia em 60 lux, 90 lux e 120 lux, onde são indicadas as simulações nos pontos centrais dos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço, desta forma, todos estes ambientes obtiveram autonomia de 100% ou índices bastante próximos disto. No banheiro e circulação não são estipulados

Realização



Escola Politécnica
PPG Engenharia Civil

Promoção



GT Desenvolvimento
Sustentável

índices mínimos de iluminância, mas pode-se observar pouca eficiência no desempenho intermediário e superior. Com DA 300 lux, pode-se concluir que possíveis áreas de estudo ou trabalho doméstico necessitariam de auxílio de iluminação artificial, sendo observadas as áreas azuladas desta simulação.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15575-1 - Edificações Habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- CRONE, S. M. D. *Radiance User's Manual*, Architectural Dissertation, Vol. 2, 1992. Disponível em: <<http://radsite.lbl.gov/radiance/refer/usman2.pdf>>. Acesso em 30 de maio de 2016.
- DIVA FOR RHINO. *What is DIVA-for-Rhino?*, Cambridge, MA, USA, 2016. Disponível em: <<http://diva4rhino.com/>>. Acesso em 30 de maio de 2016.
- GEPETECS. *Casa Popular Eficiente*. Santa Maria: UFSM, 2014. Disponível na Internet <<http://coral.ufsm.br/gepetecs/index.php/projetos/casa-popular-eficiente>>. Acesso em: 30 nov. 2014.
- GHISI, E.; LAMBERTS, R. Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação. *Anais 7º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. Florianópolis. p. 401-409, 1998.
- GHISI, E. *Desenvolvimento de uma Metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: Estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 246 f., 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- IESNA *IES LM-83-12. IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE)*. New York, NY, USA, IESNA Lighting Measurement, 2012.
- JARAMILLO, C. B. *Alterações na distribuição da luz natural causados pelos agrupamentos de estudantes em salas de aula*. 142 f., 2014. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- LABEEE, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. *Arquivos climáticos*. SWERA. Santa Maria, 2016. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivosclimaticos>>. Acesso em: 30 de maio de 2016.
- MARDALJEVIC, J; NABIL, A. *The Useful Daylight Illuminance Paradigm: A Replacement for Daylight Factors*. Institute of Energy and Sustainable Development (IESD), Leicester, Reino Unido, 2005.
- PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. B. de. *Iluminação*. Florianópolis. Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e em Construção Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Apostila de Conforto Ambiental, 1995 / 2005.
- PEREIRA, R. C. *Avaliação de Ferramentas de Simulação de Iluminação Natural por Meio de Mapeamento Digital de Luminâncias da Abóbada Celeste e Entorno*, 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- REINHART, Christoph F.; MARDALJEVIC, John; ROGERS, Zack. *Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design*. *LEUKOS – Journal of Illuminating Engineering Society of North America*, v.3, v.1, p. 7-31, 2006.
- VAGHETTI, M.A.O. et al. *Casa Popular Eficiente*: um benefício ambiental aliado a um custo mínimo (Módulo 4). Santa Maria: UFSM, 2014. Relatório Parcial de Pesquisa (Protocolo nº 28582 GAP/CT). Disponível em: <www.ufsm.br/gepetecs>. Acesso em: 1 jun. 2014.

Realização



Escola Politécnica
PPG Engenharia Civil

Promoção



GT Desenvolvimento
Sustentável