

GIRLENO ALVES DE ALMEIDA, RICARDO VICTOR RODRIGUES BARBOSA E FERNANDO A DE M SÁ CAVALCANTI

A influência do albedo na iluminação natural em edificações multifamiliares implantadas como cânions urbanos

The influence of albedo on natural lighting in multifamily buildings implemented as urban canyons

La influencia del albedo en la iluminación natural en edificios multifamiliares implementados como cañones urbanos

Girleño Alves de Almeida

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Alagoas - Campus Arapiraca - UFAL (2018). Mestrando em Dinâmicas do Espaço Habitado UFAL - 2022.

Graduated in Architecture and Urbanism from the Federal University of Alagoas - Campus Arapiraca - UFAL (2018). Master's student in Dynamics of Inhabited Space UFAL - 2022.

Licenciado en Arquitectura y Urbanismo por la Universidad Federal de Alagoas - Campus Arapiraca - UFAL (2018). Estudiante de Maestría en Dinámica del Espacio Habitado UFAL - 2022.

girleño_almeida@hotmail.com

Ricardo Victor Rodrigues Barbosa

Professor Associado da Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU/UFAL), na área de estudo: Tecnologia em Arquitetura e Urbanismo. Professor/Orientador do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU/FAU/UFAL). Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL, mestre em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo - USP e doutor em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo - USP. Atua como pesquisador e líder do Grupo de Estudos da Atmosfera Climática Urbana (GATU), da Universidade Federal de Alagoas. Tem experiência em projetos e pesquisas na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo.

Associate Professor at the Federal University of Alagoas, Faculty of Architecture and Urbanism (FAU/UFAL), in the study area: Technology in Architecture and Urbanism. Professor/Advisor of the Graduate Program in Architecture and Urbanism (PPGAU/FAU/UFAL). Graduated in Architecture and Urbanism from the Federal University of Alagoas - UFAL, Master in Environmental Engineering Sciences from the University of São Paulo - USP and PhD in Environmental Engineering Sciences from the University of São Paulo - USP. He works as a researcher and leader of the Urban Climate Atmosphere Study Group (GATU), at the Federal University of Alagoas. He has experience in projects and research in the area of Architecture and Urbanism, with an emphasis on Architecture and Urbanism Technology.

Professor Asociado de la Universidad Federal de Alagoas, Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU/UFAL), en el área de estudio: Tecnología en Arquitectura y Urbanismo. Profesor/Asesor del Programa de Posgrado en Arquitectura y Urbanismo (PPGAU/FAU/UFAL). Graduado en Arquitectura y Urbanismo por la Universidad Federal de Alagoas - UFAL, Magíster en Ciencias de Ingeniería Ambiental por la Universidad de São Paulo - USP y Doctorado en Ciencias de Ingeniería Ambiental por la Universidad de São Paulo - USP. Trabaja como investigador y líder del Grupo de Estudio de Clima y Atmósfera Urbana (GATU), de la Universidad Federal de Alagoas. Tiene experiencia en proyectos e investigaciones en el área de Arquitectura y Urbanismo, con énfasis en Arquitectura y Tecnología del Urbanismo.

r.victor@fau.ufal.br

Fernando A de M Sá Cavalcanti

Possui Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Alagoas, Mestrado em Construção Civil pela Universidade Federal de São Carlos, Doutorado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo e Curso Técnico em Edificações pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Alagoas. Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Federal de Alagoas na área de Linguagem e Representação, e desenvolve pesquisa com ênfase em Projeto e Tecnologia de Arquitetura e Urbanismo e Conforto Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: Projeto Arquitetônico, Ventilação Natural, Desempenho Térmico de Edificações, Arquitetura Bioclimática e Simulação Computacional.

He holds a degree in Architecture and Urbanism from the Federal University of Alagoas, a Master's Degree in Civil Construction from the Federal University of São Carlos, a PhD in Architecture and Urbanism from the University of São Paulo and a Technical Course in Buildings from the Federal Center of Technological Education of Alagoas. He is currently an Adjunct Professor at the Federal University of Alagoas in the area of Language and Representation, and develops research with an emphasis on Design and Technology of Architecture and Urbanism and Environmental Comfort, working mainly on the following topics: Architectural Design, Natural Ventilation, Thermal Performance of Buildings, Bioclimatic Architecture and Computational Simulation.

Es Licenciado en Arquitectura y Urbanismo por la Universidad Federal de Alagoas, Máster en Construcción Civil por la Universidad Federal de São Carlos, Doctor en Arquitectura y Urbanismo por la Universidad de São Paulo y Curso Técnico en Edificación del Centro Federal de Educación Tecnológica de Alagoas. Actualmente es Profesor Adjunto de la Universidad Federal de Alagoas en el área de Lenguaje y Representación, y desarrolla investigaciones con énfasis en Diseño y Tecnología de la Arquitectura y Urbanismo y Confort Ambiental, trabajando principalmente en los siguientes temas: Diseño Arquitectónico, Ventilación Natural, Desempeño Térmico de Edificios, Arquitectura Bioclimática y Simulación Computacional.

fernando.antonio@fau.ufal.br

Resumo

O comportamento da iluminação natural em edifícios multifamiliares a exemplo do condomínio Morada das Artes na cidade de Maceió – AL, está relacionando com a sua forma de implantação, que neste caso apresenta características de cânion urbano na disposição dos seus blocos de apartamentos, com construções que se localizam ladeadas criando corredores entre si e atuando para a formação de microclimas. O albedo é a capacidade de um material refletir radiação solar e neste caso está diretamente ligado com a ação da luz natural para esta configuração, já que a influência do entorno exerce um papel ainda maior. Com isto, este trabalho tem o objetivo de estudar como alteração do albedo das superfícies interfere no comportamento da iluminação natural nas fachadas, assim como na luz que incide sobre um plano de trabalho interno em edificações na configuração de cânion urbano e, através disso, direcionar o melhor emprego dos materiais para conseguir o uso mais eficiente da iluminação. Para o método utilizou-se a análise comparativa de cenários através da utilização de um programa de simulação computacional, o troplux, onde foram escolhidos três padrões de índices de refletâncias, variando o nível do pavimento do ambiente onde está localizado o plano de trabalho. Os resultados obtidos mostraram uma diferença significativa na quantidade de luz que atinge as fachadas tanto na variação do albedo (com a cor clara chegando a ser 100% mais eficiente que uma cor escura), e como também localização do pavimento estudado (onde quanto mais alto o pavimento menor é a influência do cânion). Assim, para a se obter construções com mais eficiência da luz natural deve-se levar em consideração o albedo das superfícies dos edifícios no entorno, pois quanto maior o índice de refletância do material maior é ganho em iluminação principalmente para os ambientes em pavimentos situados no nível mais baixo onde justamente sofre mais a ação do bloqueio das construções ao redor nos cânions urbanos.

Palavras-chave: Iluminação natural. Albedo. Fachada de edifícios. Cânions urbanos. Simulação computacional.

Abstract

The behavior of natural lighting in multifamily buildings such as the Morada das Artes condominium in the city of Maceió - AL, is related to its implementation, which in this case presents characteristics of an urban canyon in the layout of its apartment blocks, with constructions that are located side by side creating corridors between themselves and acting for the formation of microclimates. The albedo is the ability of a material to reflect solar radiation and in this case it is directly linked to the action of natural light for this configuration, since the influence of the environment plays an even greater role. With this, this work aims to study how changing the albedo of surfaces interferes with the behavior of natural lighting on facades, as well as the light that falls on an internal work plane in buildings in the configuration of an urban canyon and, through this, direct the best use of materials to achieve the most efficient use of lighting. For the method, the comparative analysis of scenarios was used through the use of a computer simulation program, troplux, where three patterns of reflectance indexes were chosen, varying the floor level of the environment where the work plan is located. The results obtained showed a significant difference in the amount of light that reaches the facades both in the albedo

variation (with the light color becoming 100% more efficient than a dark color), and also in the location of the studied floor (where the higher the the lower pavement is the influence of the canyon). Thus, in order to obtain buildings with more efficient use of natural light, the albedo of the surfaces of the surrounding buildings must be taken into account, since the higher the reflectance index of the material, the greater the gain in lighting, especially for environments on floors located in the interior. lower level where it suffers the most blocking action from surrounding buildings in urban canyons.

Keywords: Natural lighting. Albedo. Facade of buildings. Urban canyons. Computer simulation.

Resumen

El comportamiento de la iluminación natural en edificios multifamiliares como el condominio Morada das Artes en la ciudad de Maceió - AL, está relacionado con su implementación, que en este caso presenta características de un cañón urbano en el diseño de sus bloques de apartamentos, con construcciones que se ubican uno al lado del otro creando corredores entre ellos y actuando para la formación de microclimas. El albedo es la capacidad de un material para reflejar la radiación solar y en este caso está directamente ligado a la acción de la luz natural para esta configuración, ya que la influencia del medio ambiente juega un papel aún mayor. Con ello, este trabajo pretende estudiar cómo el cambio del albedo de las superficies interfiere en el comportamiento de la iluminación natural en fachadas, así como la luz que incide sobre un plano interior de obra en edificaciones en configuración de cañón urbano y, a través de ello, orientar el mejor uso de los materiales para lograr el uso más eficiente de la iluminación. Para el método se utilizó el análisis comparativo de escenarios mediante el uso de un programa de simulación computacional, troplux, donde se escogieron tres patrones de índices de reflectancia, variando el nivel del piso del ambiente donde se ubica el plan de trabajo. Los resultados obtenidos mostraron una diferencia significativa en la cantidad de luz que llega a las fachadas tanto en la variación del albedo (siendo el color claro un 100% más eficiente que un color oscuro), como en la ubicación de la planta estudiada (donde la mayor el pavimento inferior es la influencia del cañón). Así, para obtener edificios con un uso más eficiente de la luz natural, se debe tener en cuenta el albedo de las superficies de los edificios circundantes, ya que cuanto mayor sea el índice de reflectancia del material, mayor será la ganancia en iluminación, especialmente para ambientes. en plantas situadas en el interior de la cota inferior donde sufre mayor acción de bloqueo de las edificaciones circundantes en cañones urbanos.

Palabras clave: iluminación natural Albedo. Fachada de edificios. Cañones urbanos. Simulación por ordenador.

Introdução

Um elemento importante a se considerar ao propor a implantação de edificações no meio urbano é a disponibilidade de iluminação natural, isso ocorre principalmente porque se deseja seu maior aproveitamento para tornar os ambientes mais eficientes e confortáveis. Para isso, é preciso analisar a forma como a luz natural se comporta quando é impactada pelo seu entorno, uma vez que as construções nas nossas cidades não se encontram isoladas.

A iluminação natural possui relevância no processo de projeto arquitetônico por ser uma fonte de energia natural, não poluente e de custo zero, edificações que tomam partido de um aproveitamento eficiente desta variável, podem apresentar uma redução do gasto energético com iluminação artificial. Ao mesmo tempo, os benefícios de uma boa iluminação natural afetam na saúde, bem-estar, produtividade e comportamento dos seres humanos, observando-se ainda a preferência majoritária dos usuários por ambientes iluminados naturalmente (YAO et al., 2020; ERIKSSON, 2019).

No que tange o processo de produção habitacional brasileiro, diversos programas para financiamento de habitações de interesse social foram criados ao longo dos anos como vetor de impulsionamento econômico e mais recentemente com a implantação do programa minha casa minha vida (PMCMV) em 2009 tem sido promovido um aumento do número de habitações (BRASIL, 2009), passando por diversas atualizações deste então, até os dias atuais, tendo sido chamado de casa verde e amarela (BRASIL, 2021) e retornando a sua nomenclatura original em 2023.

A qualidade da iluminação natural em espaços internos depende, dentre outros fatores, da forma urbana e relação da edificação com o entorno imediato, em geral, provenientes dos parâmetros estabelecidos pelas legislações urbanísticas municipais, como gabarito, afastamentos e recuos, altura das edificações, taxa de ocupação, entre outros (LARANJA, 2010; STRØMANN-ANDERSEN; SATTRUP, 2011; HOPPE, 2016; LEAL; LEDER, 2018; BECK et al., 2019).

A partir da carência de pesquisas na área, para este estudo, foram escolhidos como elementos a serem analisados o albedo das superfícies externas da edificação com a variação dos índices de refletância e sua relação com a Iluminância.

A iluminância se caracteriza pela quantidade de luz que chega à uma superfície, sua unidade de medida é o lux (lx) e o parâmetro utilizado foi a Iluminância Média Anual (EMA) que define um valor médio para estudo comparativo de desempenho luminoso do ambiente e, nesse caso, na superfície externa da fachada e num plano de trabalho em ambiente interno.

A implantação dos condomínios populares configura uma parcela importante na urbanização das cidades e este trabalho tem como base de estudo o condomínio Morada das Artes, localizado no bairro de Antares no município de Maceió – Alagoas (figura 1).



FIGURA 1 – Localização e imagem do objeto de estudo.

Fonte: Os autores, 2023.

Diante destes fatores, o presente artigo tem o objetivo de estudar a relação entre o albedo e a incidência de luz natural na espacialização dos blocos de edifícios do condomínio Morada das Artes localizado em Maceió – AL, através de simulação computacional com o programa troplux.

Com isso, se busca analisar os parâmetros de Iluminância Média Anual (EMA) com a variação do índice de refletância nas fachadas e em ambiente interno numa configuração de cânion urbano de edifícios multifamiliares.

Fundamentação

Para a obtenção de uma boa qualidade de iluminação natural nas edificações, é necessário que ocorra a integração da edificação com a disponibilidade de luz natural e relação com seu entorno de modo a maximizar o uso da luz natural e controlar os riscos de ofuscamento associados a ela (BELLIA et al, 2017), (CARLUCCI et al, 2015), ou seja, iluminar naturalmente o máximo possível da área dos ambientes com luz suficiente, não excessiva, pelo maior tempo possível. Para isso, várias métricas dinâmicas foram desenvolvidas para a estimativa da utilização da luz do dia usando arquivos climáticos. (MARDALJEVIC, et al, 2012).

A disponibilidade da luz natural nos ambientes internos depende de fatores externos como clima, localização geográfica, qualidade do ar, entre outros. Alguns aspectos como a intensidade e distribuição da luz em um ambiente interno estão relacionados a alguns fatores como as características das superfícies e geometria do ambiente, com as características das janelas, como seu posicionamento, dimensões e orientação geográfica (BAKER; STEEMERS 2002).

O comportamento da luz do ambiente interno é influenciado por diversas características ambientais, como vãos entre os edifícios, distâncias entre os edifícios e até mesmo as cores das fachadas. Uma determinada área urbana pode apresentar edificações com características geométricas diferentes, ainda que sejam considerados os mesmos índices urbanísticos (PEREIRA; FONSECA e SCALCO, 2017).

Pressupõe-se que o edifício deve ser concebido de forma a garantir a sua eficiência mínima e que os recursos naturais devem ser utilizados de forma mais eficiente durante a fase de planeamento do projeto. Analisar o comportamento da luz face ao atual cenário urbano permite já nesta fase decidir sobre a dimensão adequada do ambiente interior (ROSA, 2021).

A necessidade de identificar o efeito reflexivo do ambiente em um ambiente edificado não é nova. Muitos autores a elencaram como uma importante fonte de luz natural, principalmente em áreas onde o sol não costuma ser obstruído. pesquisadores como Hopkinson e Petherbridge (1953), assim como Griffith et al. (1953) já apontavam o efeito do solo e da reflexão do entorno como importante fonte de luz natural. Lam (1986) também destacou o efeito do uso da luz solar refletida, principalmente para edifícios localizados em baixas latitudes, durante o verão.

Tregenza (1995) descreveu os procedimentos teóricos que caracterizam o cálculo da componente refletida no solo, iluminação média no plano de trabalho e outras superfícies, com base na luz solar normal e na iluminação difusa horizontal externa.

Cabús (2002) aponta que a contribuição da luz refletida no solo para o iluminamento natural em ambientes internos varia de 10 % a 40 %, sendo que os maiores valores ocorrem quando há insolação direta no piso.

O fator de céu visível (FCV) é definido como a razão entre a luz recebida diretamente do céu em um ponto do espaço em comparação com a luz externa sob um hemisfério de céu desobstruído (LITTLEFAIR, 1991). O fator céu visível é expresso em porcentagem e representa a porção do céu que está desobstruída em um determinado ponto ou plano, onde 0% representa um céu totalmente obstruído e 100% um céu totalmente desobstruído. É possível usar a Equação 1 para determinar o fator do céu visível.

(EQUAÇÃO 1)

$$FCV = \frac{\text{Área do céu visível}}{\text{Área do céu total}}$$

Os indicadores mais comuns usados para verificar graficamente o quanto o entorno afeta a janela são o ângulo de resistência vertical e o ângulo do céu. O ângulo de obstrução vertical é definido como o ângulo da altura no topo da obstrução externa em relação ao plano horizontal, medido a partir do ponto de referência do plano vertical em uma seção perpendicular ao plano vertical (LITTLEFAIR, 1991). O ângulo de obstrução vertical trata a obstrução externa como um plano contínuo e infinito e, portanto, ignora os vãos entre os edifícios, que podem representar quantidades significativas de luz natural em um determinado ponto (LEDER, 2007). O ângulo de visão do céu é o oposto do ângulo de obstrução vertical e é definido a partir de um plano perpendicular à janela onde o céu é visível a partir do centro da janela (BROWN; DEKAY, 2001).

Dependendo da geometria urbana, a direção e largura das ruas, a altura dos edifícios circundantes e as características do ambiente urbano influenciam a quantidade de luz solar direta e difusa que a fachada do edifício e a rua adjacente recebem (SARATSIS; DOGAN; REINHART, 2016).

Cheng et al. (2006) modelaram contextos urbanos genéricos e realizaram simulações computacionais de eficiência de iluminação. Foram criados três modelos de contextos urbanos hipotéticos, um uniforme, um piramidal e um aleatório. Os resultados obtidos mostraram que em ambiente urbano, onde a variação de altura é bastante aleatória, há uma maior possibilidade de obtenção de luz natural e aplicação de radiação solar.

Um estudo de Nataniani, Aleksandrowicz e Auer (2019) analisou as vantagens e desvantagens de cinco tipologias urbanas típicas em termos de balanço de energia e luz do dia em um clima mediterrâneo quente e seco. Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado um modelo teórico de uma rede urbana composta por nove quarteirões, onde foi colocado um modelo de quarteirão com dimensões de 80m x 80m circundado no meio do quarteirão com geometria de bloco idêntica. Como resultado, pode-se observar um efeito oposto entre a área envidraçada e os valores de balanço de energia e luz natural, considerando quatro áreas envidraçadas diferentes para cada uma das cinco tipologias em diferentes cenários de densidade.

Assim como no estudo de Natanian, Aleksandrowicz e Auer (2019), o estudo de Zandaval (2019) mostra que existem morfologias que são mais afetadas pelo aumento do comprimento e outras menos afetadas. Portanto, o uso de índices para caracterizar a geometria urbana não apresenta uma boa correlação com a produção de luz.

O objetivo da pesquisa de Strømman-Andersen e Sattup (2011) foi analisar a variação da luz natural e da energia, considerando diferentes relações entre a altura do edifício e a largura da rua. O estudo foi realizado usando simulações de computador na cidade de Copenhague. Em Copenhague, especialmente no inverno, a inclinação do sol é bastante baixa, 11° no solstício de inverno ao meio-dia, 58° no verão, o que significa que a radiação solar direta tem maior efeito apenas nos andares superiores e telhados em ambiente urbano adensado no inverno.

Método

A metodologia para este estudo foi baseada no estudo comparativo de como a luz natural incide na face externa da edificação por meio de simulação computacional para os dois casos propostos utilizando o software Tropix.

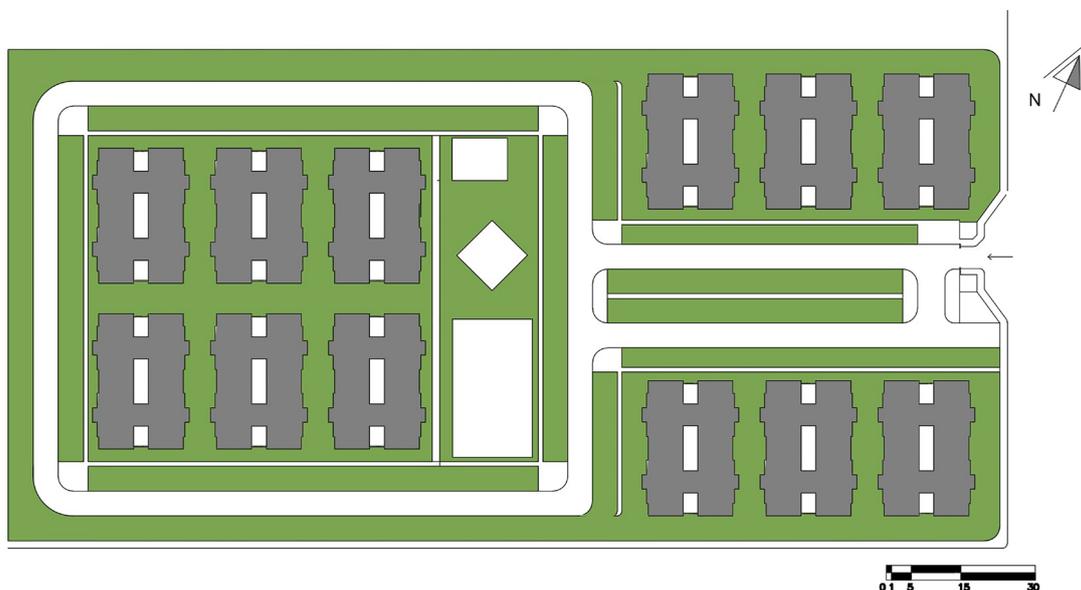
Descrição do modelo digital

Para o início do trabalho, foi feito o levantamento in loco das medidas necessárias para modelagem computacional.

O condomínio possui ao todo 12 blocos de edifícios de 4 pavimentos divididos em 3 setores contabilizando ao todo 384 apartamentos, além de área comum de estacionamento, área de lazer com playground e quadra poliesportiva.

FIGURA 2 – Distribuição dos edifícios no condomínio.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).



No estudo considerou-se o efeito da iluminação na fachada de uma sala de estar padrão do condomínio medindo 4,35m de largura e 2,85m de profundidade totalizando 12,39m². O pé direito de ambiente é de 2,50m e o ambiente possui uma janela situada de com 1,00m de largura, 1,20m de altura e peitoril de 1,00m.

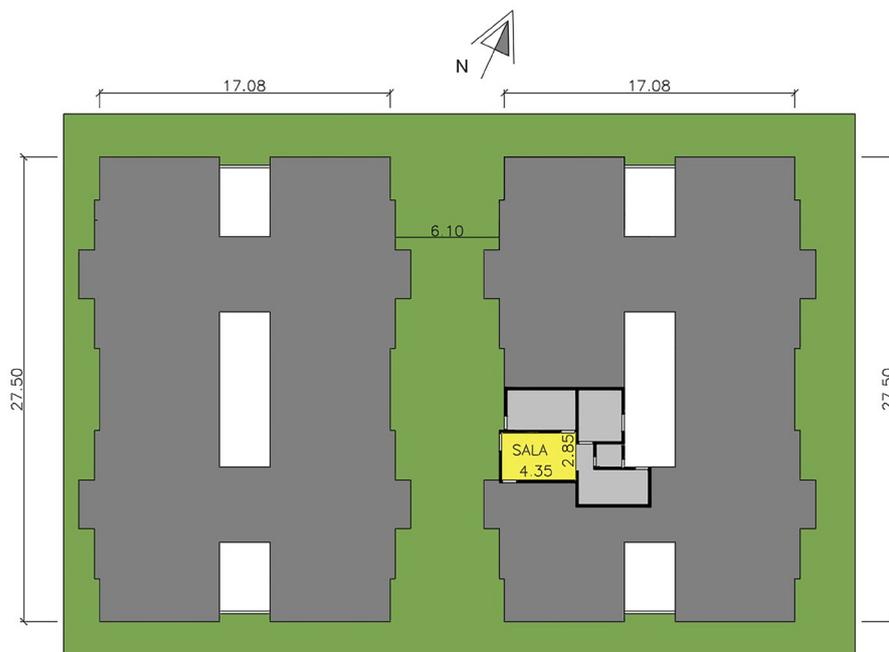


FIGURA 3 – Localização em planta da sala estudada.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

O ambiente analisado está situado na parte central do bloco e foram considerados dois casos: Uma com a localização da sala no pavimento térreo e outro com a localização da sala no 4º pavimento da edificação com isso é possível estudar os dois extremos de incidência de iluminação no ambiente. Já a configuração do cânion conta com 10,70m de altura dos blocos seguindo o afastamento já implantado no condomínio de 6,10m entre a sala estudada e o edifício a sua frente.

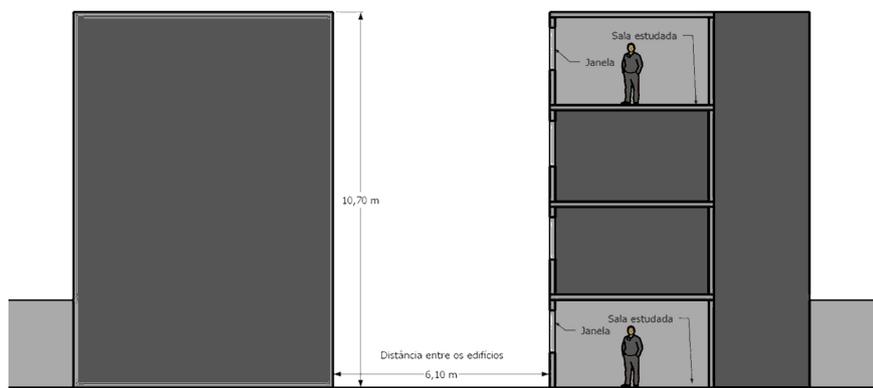


FIGURA 4 – Corte esquemático localizando as salas estudadas.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Estudo no software Tropix

Na análise dos indicadores de iluminação foi utilizado o programa Tropix (CABUS, 2005), e assim foram modelados os dois casos (figura 5).

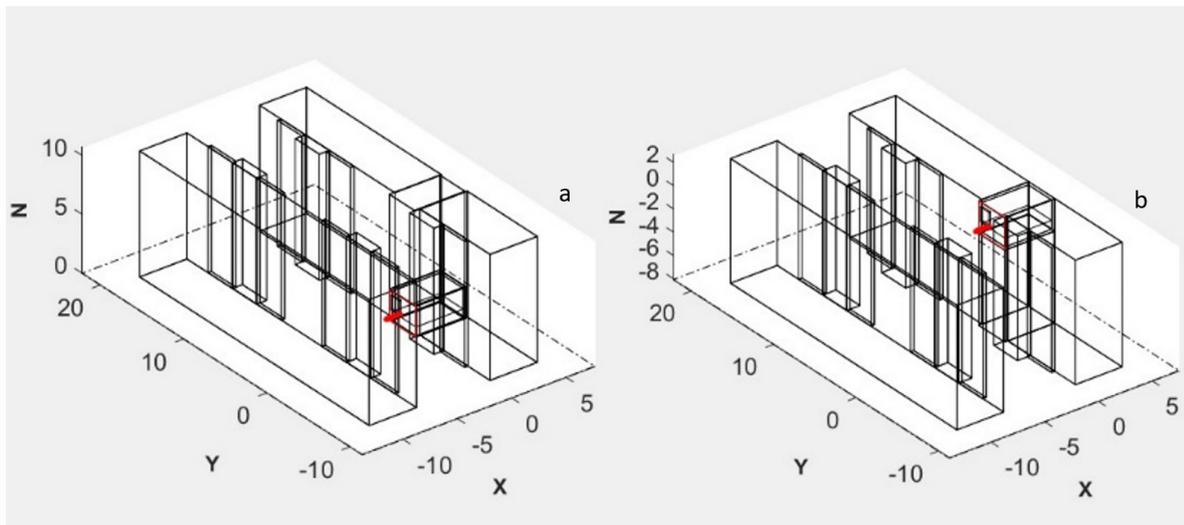


FIGURA 5 – Desenho esquemático para o ambiente no térreo (a) e no 4º pavimento (b).

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

O parâmetro de Iluminância Média Anual (EMA) calculado para os dois casos propostos com a influência de cada componente de iluminação como a iluminação global, o sol, o sol direto, o sol refletido, o céu, o céu direto, o céu refletido e a iluminação direta e a iluminação refletida.

Foi considerada a Iluminância da fachada externa da sala estudada com uma malha de 9 pontos (3x3) no dia 22 de cada mês, das 7:00 horas da manhã às 17:00 horas da tarde no tempo solar com céu DDL, azimute 65° e erro da componente difusa em teste.

O céu com distribuição dinâmica de luminâncias (DDL), disponibilizado pelo software, para a cidade de Maceió combina de forma probabilística três tipos de céu padrão CIE (encoberto, parcialmente nublado e claro) usando os estudos de Cabús (2002).

Genários propostos

Para esta pesquisa os cenários para simulação computacional se dividem em dois fatores: O primeiro é em relação a alteração dos índices de refletância correspondentes às cores que foram selecionadas para a superfície externa das edificações (Branco - 0,85, cinza médio - 0,45 e cinza escuro - 0,14) e o segundo em relação a localização das salas estudadas sendo uma no térreo e outra no 4º pavimento considerando o índice de refletância do solo 0,4 correspondente ao material de concreto.

Além disso, para uniformidade dos resultados, o ambiente interno foi definido com a cor branca em todas as paredes e no teto para que a única interferência no plano interno seja da luz natural que entra pela abertura.

Resultados e discussões

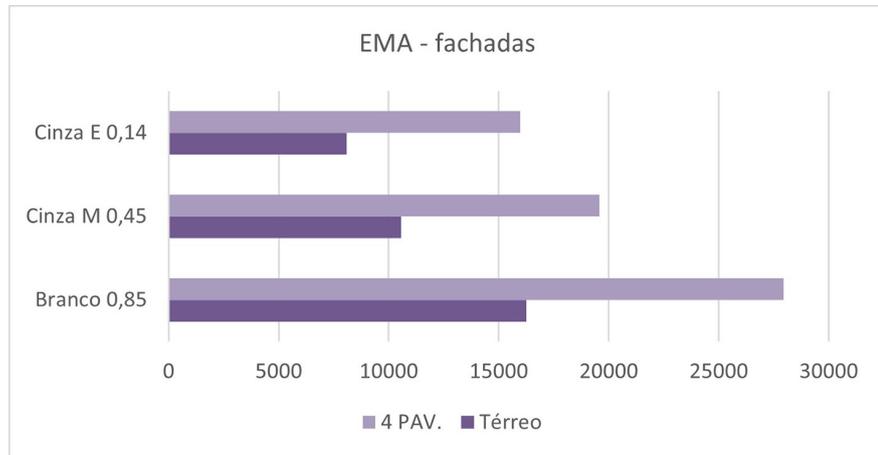
Com os valores obtidos através do uso do programa Troplux, foram elaborados gráficos para melhor compreensão dos resultados da Iluminância Média Anual nas configurações estudadas.

Iluminância Média Anual (EMA) sobre as fachadas

Na análise da EMA sobre as fachadas podemos constatar várias observações importantes como consta no gráfico 1. A faixa roxa representa os valores para a superfície externa do ambiente situado no térreo e a faixa lilás para o ambiente situado no 4º pavimento.

FIGURA 6 – Iluminância Média Anual – EMA para o estudo sobre as fachadas.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).



Para o pavimento térreo, quanto mais clara a cor da fachada maior é a incidência de luz na fachada com a cor branca correspondendo a 16254,2 lx, a cor cinza médio 10553,1 lx e a cor cinza escuro 8101,2 lx. Com isso a cor branca possui 54% mais iluminação que a cor cinza médio e 100% a mais que a cor cinza escuro e esta também menos eficiente que a cor cinza médio com cerca de 30% menos iluminação.

Semelhante ao pavimento térreo, no 4º pavimento, quanto mais clara a cor maior é a iluminação das fachadas com os valores de 27948,8 lx para a cor branca, 19585,5 lx para a cor cinza médio e 15977,4 lx para a cor cinza escuro. A porcentagem correspondente a variação das cores é de 42,7% do branco com o cinza médio e de 74,9% do branco com o cinza escuro, ambas menores que as variações para o térreo.

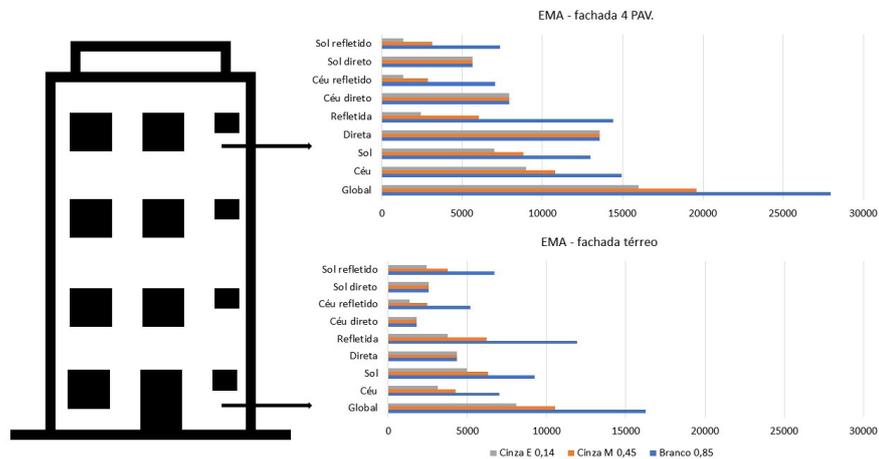
Já para uma comparação entre o ambiente no térreo e no 4º pavimento constatou-se que o último pavimento recebe 71,9% mais iluminação que o térreo quando a cor externa é o branco e o padrão se repetem para a cor cinza médio e cinza escuro.

Com isso observa-se que quanto mais clara a cor, maior é a proporção no ganho de iluminação para o ambiente situado no térreo e que quanto mais alto o ambiente se localizar maior será a incidência de luz na sua fachada.

Como forma de investigar separadamente cada componente da luz natural que incide sobre as fachadas, a figura 7 apresenta a relação da influência da variação do albedo sobre a fachadas térrea e do 4º pavimento.

FIGURA 7 – EMA por componente para fachada no ambiente no térreo e 4º pavimento.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).



Em ambos os gráficos as componentes de iluminação direta tanto do céu quanto do sol se mantêm iguais independente da variação da cor externa, isso ocorre pelo fato de não haver influência da reflexão das cores na iluminação.

A componente refletida é a que apresentou mais diferença em comparação aos diferentes albedos. Essa alteração corresponde a luz que é refletida na fachada.

Para o pavimento térreo a componente de sol apresenta maior potência em relação a componente de céu por causa da obstrução da parte de céu visível nessa situação.

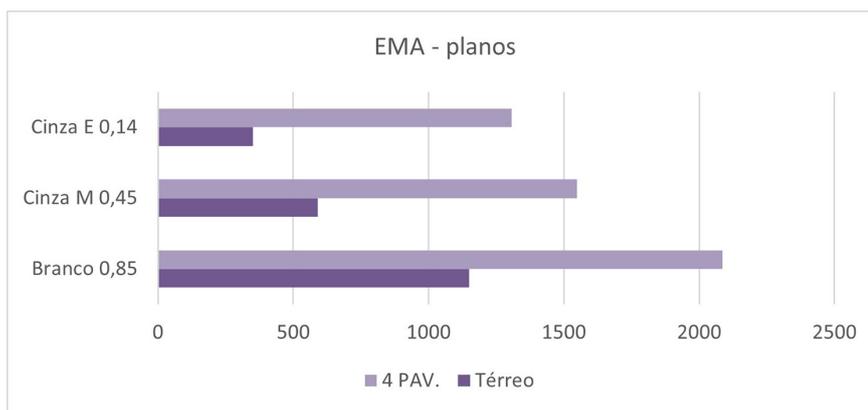
Para o 4º pavimento a componente de céu supera a de sol já que há menos obstrução do céu visível.

Iluminância Média Anual (EMA) sobre um plano de trabalho interno

Na análise da EMA sobre os planos internos são ainda mais relevantes como descritos nas observações a seguir para o gráfico 4 onde faixa roxa representa os valores para o plano de trabalho do ambiente situado no térreo e a faixa lilás para o plano de trabalho interno no ambiente situado no 4º pavimento.

FIGURA 8 – Iluminância Média Anual – EMA para o estudo sobre os planos.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).



No térreo a cor branca possui 1149,5 lx, a cor cinza médio possui 591,3 lx e a cor cinza escuro 350,5 lx. Correspondendo a uma variação ainda maior do que observada na fachada com o branco 94,4% mais eficiente que o cinza médio e 227,9% mais eficiente que o cinza escuro.

Já no 4º pavimento os valores são de 2085,6 lx para a cor branca, 1548,7 para a cor cinza médio e 1307,6 para a cor cinza escuro. Nesta situação o branco é 34,6% superior ao cinza médio e 59,4% superior ao cinza escuro.

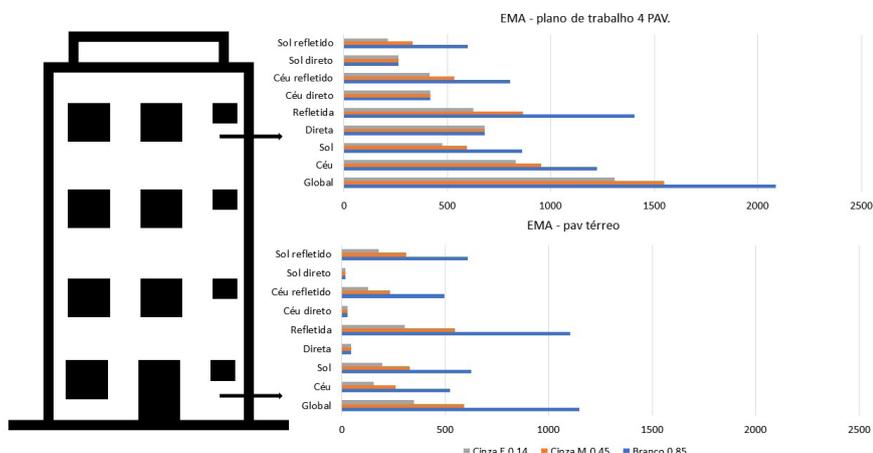
Já na comparação entre os pavimentos tem-se um ganho de 81,4% para o branco em relação ao térreo e ao 4º pavimento com proporções ainda maiores para as demais cores.

Nesta análise observou-se que o ganho de iluminação com a cor branca para o ambiente interno da sala no térreo é considerado altamente eficiente o que também é observado para o 4º pavimento, mas em menor proporção.

Com a separação da Iluminância Média Anual por componentes sobre o plano de trabalho interno as diferenças tendem a ser mais acentuadas entre o pavimento térreo e o último, assim como as variações do albedo da superfície externa atuam de maneiras diferentes em cada situação conforme visto nos gráficos 5 e 6.

FIGURA 9 – EMA por componente para o plano de trabalho no térreo e 4º pavimento.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).



As componentes diretas se mantêm constantes independentes da cor exterior em cada situação, entretanto há uma grande variação dependendo do pavimento onde o plano se encontra visto que os valores para o 4º pavimento são bem maiores que para o térreo onde essa componente é mínima devido a obstrução do edifício a sua frente.

Para o 4º pavimento há menos diferença entre as componentes refletidas e componentes diretas e há o caso de a componente direta ser maior que a componente refletida como no sol direto e sol refletido com a cor cinza escuro, e assim percebe-se que a diferença de albedo causa menos interferência na iluminação.

Para o pavimento térreo a iluminação natural é quase todo dependente das componentes refletidas já que a incidência de luz direta é muito baixa. Além do mais, a variação do albedo apresenta um ganho muito importante na iluminação natural no interior do ambiente.

Novamente observa-se que para o ambiente situado no térreo a componente de sol apresenta mais incidência como também a diferença do albedo a acentua ainda mais, já no 4º pavimento a componente de céu apresenta mais relevância que a componente de sol e tende a ter menos variação com a mudança de albedo da superfície externa.

Considerações Finais

Os dados obtidos resultaram em observações muito importantes sobre os cânions urbanos com a incidência de luz natural tanto na fachada do edifício como no seu interior.

Os ambientes localizados nos pavimentos inferiores foram os que apresentam maior interferência devido a esta configuração urbana. Esses ambientes sofrem o bloqueio da iluminação direta com a obstrução do edifício a sua frente, o que faz com que a componente de iluminação refletida seja o principal fator para manter uma boa incidência de luz na fachada e principalmente nos ambientes internos.

E como este estudo constatou, deve-se levar sempre em consideração o albedo das superfícies dos materiais para se obter construções mais eficientes em situações em que a luz refletida é a principal componente de iluminação natural.

Referências

- ALMEIDA, L. S. S. **Influência de parâmetros físicos e geométricos no desempenho termoenergético de habitações unifamiliares**. 2014. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- ARAÚJO, I. A.; CABÚS, R. C. Influência da luz natural refletida pelo entorno na iluminação de edifícios em cânions urbanos no trópico úmido. In: **Encontro nacional e latino-americano de conforto no ambiente construído**, 5, 2007, Ouro Preto. Anais... Porto Alegre: Antac, 2007. p. 86 - 95.
- BAKER, N.; STEEMERS, K. **Daylight Design of Buildings**. Londres: James & James, 2002. 247 p.
- BECK, L. M.; PEREIRA, F. O. R.; SCALCO, V. A.. Influência de diferentes configurações urbanas no desempenho da iluminação natural em ambientes internos da cidade de Florianópolis. In: **Encontro nacional e latino-americano de conforto no ambiente construído**, 11., 2019, João Pessoa. Anais... João Pessoa, 2019.
- BELLIA, L., FRAGLIASSO, F AND STEFANIZZI, E. Daylit offices: A comparison between measured parameters assessing light quality and users' opinions", **Building and Environment**, vol. 113, pp. 92–106. 2017.
- BRASIL. **Lei nº 11.977**, de 7 de julho de 2009. Brasília, DF: Subchefia para assuntos jurídicos, 7 jun. 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11977.htm. Acesso em: 15 mai. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 14.118**, de 12 de janeiro de 2021. Brasília, DF: Subchefia para assuntos jurídicos, 26 de março de 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/14118.htm. Acesso em: 09 set. 2022.
- BROWN, G. Z. e MARK DeKay. **Sun, Wind & Light. Architectural Design Strategies**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2001.
- CABÚS, R. C. **Tropical daylighting: predicting sky types and interior illuminance in northeast. Brazil**. 288 f. Thesis (Doctor) - School Of Architectural Studies, 2002.
- CABÚS, Ricardo C.; RIBEIRO, P. V. S.. **TropLux 7: Guia do Usuário**. 1. ed. Maceió: Instituto Lumeeiro, 2015. v. 1. 116p
- CARLUCCI, S, CAUSONE, F, DE ROSA, F AND PAGLIANO, L. A review of indices for assessing visual comfort with a view to their use in optimization processes to support building integrated design, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 47. Pp 1016–1033. 2015.
- CASTRO, G. N. de; LEDER, S. M.; SILVA, L. B. da S.; SOUZA, E. L. de. Componentes de condução da luz natural em edifícios multifamiliares: análise de um código de obras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 25-45, abr./jun. 2015.
- CHENG, V.; STEEMERS, K.; MONTAVON M.; COMPAGNON, R., Compact cities in a sustainable manner, **2nd International Solar Cities Congress** - Oxford, 2006.
- ERIKSSON, S.; WALDENSTROM, L.; TILLBERG, M.; OSTERBRING, M.; KALAGASIDIS, A. S. Numerical simulations and empirical data for the evaluation of daylight factors in existing buildings in Sweden. **Energies**, v. 12, n. 11, p. 2200, 2019.
- GRIFFITH, J. W.; WENZLER, O. F.; CONOVER, G. W. The importance of ground reflection in daylighting. **Illuminating Engineering**, New York, v. 48, p. 35-38, 1953.
- GUIDI, C. R.; ABRAHÃO, K. C. de F. J.; VELOSO, A. C. O.; SOUZA, R. V. G. de. Influência

dos parâmetros urbanísticos e da topografia na admissão da luz natural em edifícios residenciais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 49-66, jul./set. 2018.

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P. The natural lighting of buildings in sunny climates by sunlight reflected from the ground and from opposing facades. In: **conference on tropical architecture**. London, 1953.

HOPPE, S. B. A **influência da legislação urbana na iluminação natural de edifícios: um estudo de caso em Domingos Martins - ES**. 2016. 159 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; GRANJA, A. D. The concept of desired value as a stimulus for change in social housing in Brazil. **Habitat International**, v. 35, n. 3, p. 435-446, 2011. Doi <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.12.002>

LAM, W. M. C. **Sunlighting: as formgiver for architecture**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1986.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3.ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/PROCEL, 2014.

LEAL, L. de Q.; LEDER, S. M. Iluminação natural e ofuscamento: estudo de caso em edifícios residenciais multipavimentos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 97-117, out./dez. 2018. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

LEAL, Lillianne de Queiroz; LEDER, Solange Maria. Iluminação natural e ofuscamento: estudo de caso em edifícios residenciais multipavimentos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 97-117, Out. 2018.

LEDER, M. S.; PEREIRA, F. O. R. Ocupação Urbana e Disponibilidade de Luz Natural. **Revista Minerva: Pesquisa e Tecnologia**, v. 5, n. 2, p. 129-138, 2008.

LEDER, S.M. **Ocupação Urbana e Luz Natural: Proposta de Parâmetro de Controle da Obstrução do Céu para Garantia de Disponibilidade de Luz Natural**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. 2007.

LITTLEFAIR, P. Site Layout Planning for Daylight and Sunlight: A Guide to Good Practice. Garston: **Building Research Establishment Report**, 1991. 60p.

MARDALJEVIC, J., ANDERSEN, M., ROY, N AND CHRISTOFFERSEN, J. Daylighting Metrics: Is There a Relation Between Useful Daylight Illuminance and Daylight Glare Probability?, **Ibpsa-engl. Bso12**, no September, pp. 189-196.2012.

NATANIAN, J.; ALEKSANDROWICZ, O.; AUER, T. A parametric approach to optimizing urban form, energy balance and environmental quality: The case of Mediterranean districts. **Applied Energy**, [s. l.], 2019.

PEREIRA, F. O. R.; FONSECA, R. W.; SCALCO, V.A., Considerações sobre a avaliação do desempenho da iluminação natural através da ABNT NBR 15575/2013. **Lumière Eléctric**, São Paulo, p. 50 - 52, 01 abr. 2017.

ROSA, Franciele Fontana da. **Influência da Geometria Urbana e da Visibilidade de Céu no Desempenho Lumínico Anual de Ambientes Internos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

SARATSIS, E.; DOGAN, T.; REINHART, C. F., Simulation-based daylighting analysis procedure for developing urban zoning rules, **Building Research & Information**, v. 45:5, p. 478-491, 2016.

STRØMANN-ANDERSEN, J.; SATTRUP, P. A. The urban canyon and building energy use: urban density versus daylight and passive solar gains. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 8, p. 2011–2020, Aug. 2011.

TREGENZA, P. R. Mean daylight illuminance in rooms facing sunlit streets. **Building and Environment**, v. 30, p. 83-89, 1995.

TRIANA MONTES, M. A. **Abordagem integrada no ciclo de vida de habitação de interesse social considerando mudanças climáticas**. 2016. 473f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

WIENOLD, J.; CHRISTOFFERSEN, J. Evaluation Methods and Development of a New Glare Prediction Model For Daylight Environments With the Use of CCD Cameras. **Energy & Buildings**, v. 38, n. 7, p. 743-757, 2006.

ZANDAVALI, B. A.; TURKIENICZ, B. Cellular automata: Bridge between building variability and urban form control. **Simulation Series**, [s. l.], v. 50, n. 7, p. 182–189, 2018

RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (ISSN 2675-0392) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma **online** a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

Submetido em 27/03/2023

Aprovado em 22/06/2023.