

## **SIMULAÇÃO DE LUZ NATURAL NO DAYSIM: DISCUSSÃO DA MÉTRICA DINÂMICA DA<sub>MAX</sub> NO CLIMA TROPICAL**

**Alice Rück Drummond Dias (1); Juliana Portela Vilar de Carvalho (2) Viviane Diniz  
Hazboun (3) Aldomar Pedrini (4)**

- (1) Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo PPGAU/UFRN, Arquiteta e Urbanista, alicerdrummond@gmail.com, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
- (2) Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo PPGAU/UFRN, Arquiteta e Urbanista, juliportela@gmail.com, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
- (3) Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo PPGAU/UFRN, Arquiteta e Urbanista, vivianehazboun@gmail.com, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
- (4) PhD, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, apedirni@ufrnet.ufrn.br, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética - LabCon, Caixa Postal 663, Natal - RN, 59066-800, Tel.: (84) 3215-3722

### **RESUMO**

Este artigo objetiva discutir a aplicação da métrica dinâmica Autonomia de Luz Natural Máxima (DA<sub>MAX</sub>) para análises de uniformidade da distribuição de luz natural em ambientes multiuso localizados em clima tropical. A métrica DA<sub>MAX</sub> estabelece uma relação de 1/10 considerando iluminância mínima de projeto de acordo com o uso do espaço. Entretanto, observam-se altos níveis de iluminância em ambientes de clima tropical, devido à grande disponibilidade de luz natural. Nesse caso, esta métrica pode não fornecer indicações adequadas sobre a uniformidade da luz natural incidente quando calculada automaticamente por meio de simulação computacional. Os modelos foram desenhados no SketchUp para salas multiuso (5x5m) considerando níveis de iluminância de projeto de 100-300-500lux, o Fator de Céu Visível (FCV - alto, médio e baixo), e o Percentual de Abertura de Fachada (PAF - 20%, 40%, 60% e 90%). O Fator de Céu Visível foi determinado no programa Ecotect com a ferramenta de cálculo da máscara de sombra. As simulações foram realizadas no programa Daysim e os dados de saída (DA, UDI e DA<sub>MAX</sub>) foram analisados e comparados com os dados tratados por meio de planilha eletrônica do Excel, que calcula a relação entre os níveis mínimos e máximos de iluminância do ambiente. Foram observadas diferenças nos resultados de uniformidade entre a métrica DA<sub>MAX</sub> e os dados tratados em planilha eletrônica, principalmente para o nível de iluminância de 100lux para todas as condições de PAF e FCV, sendo necessário adequar o cálculo da uniformidade para climas tropicais.

Palavras-chave: iluminação natural, uniformidade, simulação computacional dinâmica.

### **ABSTRACT**

This paper aims to discuss the application of the dynamic metric Maximum Daylight Autonomy (DA<sub>MAX</sub>) for analysis of uniformity of daylight distribution for mixed use rooms located in tropical climates. The metric DA<sub>MAX</sub> establishes a relation of 1/10 considering the minimum illuminance level for the type of room. However, there is a large variability of illuminance levels in tropical climates, due the high levels of solar radiation. In this case, this metric might not provide suitable indications about the uniformity of daylight when calculated with simulation tools. The models were designed in SketchUp for mixed use rooms (5x5m), with design illuminance levels of 100-300-500lux, the Visible Sky Factor (VSF - high, intermediate and low), and the window-to-wall ratio (WWR- 20%, 40%, 60% and 90%). The Visible Sky Factor was determined in Ecotect software by the shadow mask. The simulations were run in Daysim software and the output data (DA, UDI and DA<sub>MAX</sub>) were analyzed and compared with the spreadsheet treated data in Excel, with the minimum and maximum illuminance levels of the room. It was observed differences in the analysis of daylight uniformity between the metric DA<sub>MAX</sub> and the data treated in spreadsheet, mainly for the design illuminance of 100lux for all conditions of WWR and VSF. It is necessary to adequate the uniformity calculation for tropical climates.

Keywords: Daylighting, uniformity, dynamic daylight simulation.

## 1. INTRODUÇÃO

A cidade de Natal/RN (5°S), localizada no nordeste do Brasil, apresenta uma grande disponibilidade de luz natural, o que pode gerar desconforto visual nas edificações devido à presença de contrastes, falta de uniformidade e ofuscamento, podendo acarretar um aproveitamento inadequado da luz natural pelos usuários.

Questões como uniformidade são descritas nas normas brasileiras de iluminação tanto para ambientes de trabalho (ABNT, 2013) como para residenciais (ABNT, 1992). A norma para análise de iluminação natural em ambientes de trabalho (ABNT, 2013) estabelece que a uniformidade da iluminância de tarefa não pode ser inferior a 0,7, ao passo que a uniformidade da iluminância de entorno imediato não pode ser menor que 0,5. Já a norma de iluminação natural para residências (ABNT, 1992), revogada com a criação da NBR 8995-1 (ABNT, 2013), estabelece uma relação de 1/10 entre as iluminâncias mínima e máxima encontradas ou medidas no ambiente para o campo de trabalho.

A avaliação da iluminação natural pode ser realizada por meio de simulação computacional dinâmica, cuja análise gera dados de saída denominados de métricas dinâmicas. Estas indicam o percentual de ocorrência de determinados níveis de iluminância ou intervalos para um ano climático específico. O programa Daysim (REINHART, 2010a) oferece diversas opções de parâmetros (REINHART; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006) para análise a luz natural, tais como Fator de Luz do Dia (DF), Autonomia de Luz Natural (DA), Autonomia de Luz Natural Contínua ( $DA_{con}$ ), Autonomia de Luz Natural Máxima ( $DA_{max}$ ), Iluminância Natural Útil (UDI), Percentual de Saturação de Luz Natural (DSP) e Exposição Anual da Luz Natural.

A Autonomia de Luz Natural (DA) “utiliza a iluminância do plano de trabalho como um indicador de que há luz natural suficiente no espaço para que o usuário possa trabalhar apenas com a luz natural” (REINHART; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006, p.7). Em 2001, o conceito de DA foi redefinido por Reinhart e Walkenhorst (apud, REINHART; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006, p.7) como o percentual de horas ao ano em que há o atendimento do nível mínimo de iluminância requerido apenas com o uso da luz natural. Posteriormente, essa definição foi aperfeiçoada para modelos de comportamento de usuários com persianas de acionamento manual, predizendo a sua movimentação durante o horário de ocupação da edificação ao longo do ano (Reinhart, 2002; Reinhart e Andersen, 2006, apud REINHART; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006, p.7).

Segundo Reinhart (2010b), a Autonomia de Luz Natural Máxima ( $DA_{max}$ ) “indica o percentual de horas ocupadas ao ano em que a luz solar incide diretamente ou excede muito as condições de iluminação natural” (REINHART, 2010b). É definida para uma relação de 1/10 em referência ao nível mínimo requerido para a iluminância de projeto. O autor afirma que o nível superior detecta “a ocorrência de luz solar direta ou outras condições de potencial ofuscamento” fornecendo indicações da presença de contrastes (REINHART, 2010b). Esse critério é utilizado para avaliar questões referentes à uniformidade na distribuição da luz natural no ambiente. Entretanto, os cálculos executados pelo Daysim referem-se ao nível mínimo requerido para a iluminância de projeto, não estabelecendo uma relação entre os níveis mínimos e máximos encontrados no ambiente. O estabelecimento de 10 vezes a iluminância de projeto proposto no estudo (REINHART; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006) não considerou diferentes contextos climáticos, não sendo representativo para climas tropicais.

Definida inicialmente por Reinhart, Mardaljevic e Rogers (2006), a Iluminância Natural Útil (UDI) é referente ao percentual de horas ao ano em que ocorrem níveis de iluminância para os intervalos abaixo de 100lux, entre 100lux e 2000lux e acima de 2000lux. “Nem muito escuro (<100lux), nem muito claro (>2000lux). O intervalo superior é significativo para detectar as horas em que o excesso luz pode levar ao desconforto visual ou térmico” (REINHART, 2010b). Mardaljevic (2011) afirma que o desempenho da tarefa visual demanda níveis de iluminância entre 100lux e 3000lux, e que níveis de iluminância acima de 3000lux podem ser benéficos para a saúde, sugerindo que ocorrências de UDI em excesso de forma moderada podem ser consideradas desejáveis e não devem ser totalmente excluídas.

De acordo com as normas de iluminação natural para ambientes de trabalho (ABNT, 2013) e residências (ABNT, 1992), para cada atividade a ser desempenhada, é previsto um uso diferente e, portanto, níveis mínimos de iluminância diferenciados para a execução da tarefa visual. Dessa forma, deve ser feita uma adaptação do nível de iluminância mínimo requerido de acordo com a iluminância prescrita por norma.

Nas pesquisas de Carvalho (2014), Moreno (2015) e Dias (2016) foi demonstrado que, para condições de alta luminosidade, é preciso adaptar os níveis de iluminância ou intervalos prescritos nos parâmetros de avaliação da luz natural para as condições locais de iluminação. A literatura internacional aponta limitações quanto ao critério de avaliação da Iluminância Natural Útil (UDI) em relação à necessidade de adaptação dos níveis mínimos e máximos (MARDALJEVIC *et al.*, 2011) e o programa Daysim (REINHART, 2010a),

apresenta limitações na determinação quantitativa de algumas métricas de avaliação, como a UDI. Dias (2016) observou em sua pesquisa a necessidade de ter uma métrica de avaliação que considere a relação entre os níveis de iluminância mínimos e máximos obtidos no ambiente. Nesse sentido, considera-se necessário investigar o critério de análise da uniformidade de luz natural para regiões de clima tropical.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar a aplicabilidade e coerência da variável  $DA_{MAX}$  como indicativo de uniformidade da luz natural em locais com altos níveis de iluminância, visando contribuir para procedimentos adequados na análise da distribuição e aproveitamento da luz natural em ambientes no clima tropical.

## 3. MÉTODO

A análise da aplicabilidade da variável  $DA_{MAX}$  para climas tropicais foi realizada por meio de simulação computacional no Daysim, comparando os resultados de  $DA_{MAX}$  para os níveis de 100lux, 300lux e 500lux com o critério de 1/10 entre as iluminâncias mínima e máxima encontradas no ambiente.

Os procedimentos metodológicos foram divididos em três etapas principais: definição dos modelos, simulação computacional e análise dos dados (Figura 1), detalhadas a seguir.

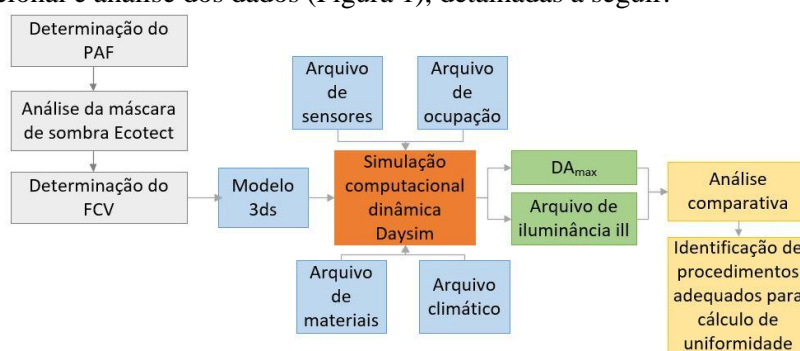


Figura 1 – Diagrama geral do método.

### 3.1. Definição dos modelos

Os modelos computacionais foram definidos através das características de tamanho da abertura e obstrução da abóboda celeste, visto que estes critérios são de grande influência na disponibilidade de luz natural no ambiente (O'CONNOR *et al.*, 1997). O tamanho da abertura é representado pelo Percentual de Abertura de Fachada (PAF), sendo definidos modelos com 20%, 40%, 60% e 90%. Os percentuais foram baseados em Carvalho (2014) e Moreno (2015) quanto às variações de área envidraçada na fachada, e calculados conforme os “Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos” - RTQ-C (INMETRO, 2010). A obstrução das aberturas, representada pelo Fator de Céu Visível (FCV), corresponde ao percentual da abóboda celeste que é visível a partir de um determinado ponto (LEDER, 2007), sendo definido FCV pequeno (3%), médio (30%) e grande (50%), por meio de proteção solar (Figura 3). Dessa forma, os casos para análise foram determinados pelas combinações das variáveis PAF e FCV (Figura 2), totalizando doze modelos para a cidade de Natal/RN. Foram consideradas as condições lumínicas de 100lux, 300lux e 500lux para cada modelo, totalizando 36 casos analisados.

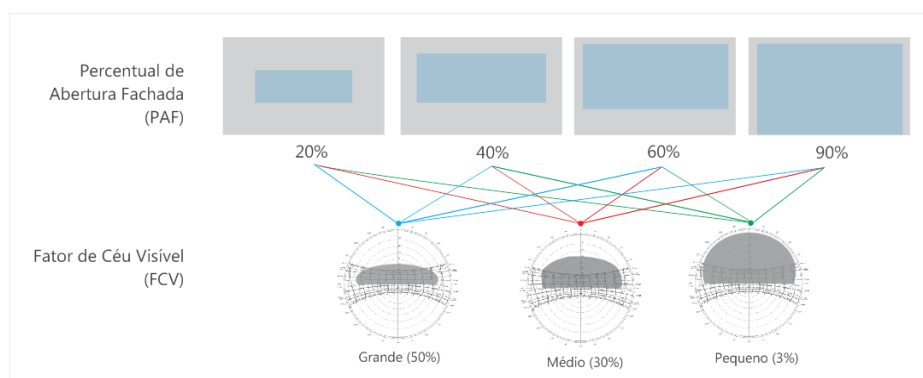


Figura 2 – Combinações de PAF e FCV dos modelos.

A construção dos modelos teve como objetivo a obstrução de 100% da radiação solar direta das 8h-16h e desobstrução da abóboda celeste com incidência de radiação difusa, visando otimização luminosa, térmica e contato com o meio externo. Os valores de PAF e FVC definidos visam aumentar gradativamente a disponibilidade de luz no ambiente para verificar o comportamento das variáveis de análise. Houve ajuste dimensional nas proteções solares devido aos diferentes tamanhos de abertura para obter o padrão de sombreamento estabelecido (sombreamento de 100% da radiação direta de 8h-16h). Para quantificar o percentual de obstrução da abóboda celeste, foi utilizado o método aplicado por Carvalho (2014) por meio das etapas de (a) modelagem, (b) obtenção da máscara de sombra, (c) mapeamento das áreas equivalentes a cada um dos percentuais de sombreamento e (d) cálculo do Fator de Céu Visível, utilizando para cada uma das etapas os softwares Revit, Ecotect, AutoCad e Excel.

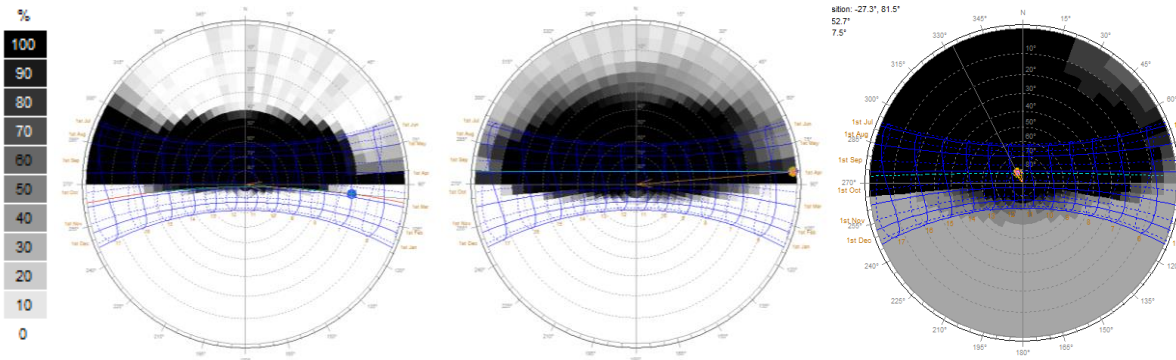


Figura 3– Máscaras de sombra dos modelos com FVC grande, médio e pequeno, respectivamente.

Foi considerado um ambiente térreo multiuso com dimensões de 5,00m x 5,00m e pé direito de 3,00m (Figura 4). A abertura é voltada para Norte, orientação com potencial de otimização térmica e captação da luz natural difusa. Foram estabelecidas refletâncias do teto, parede e piso de 0,90, 0,90, 0,70, respectivamente, e uso de vidro claro com transmissividade a luz visível equivalente a 0,90.

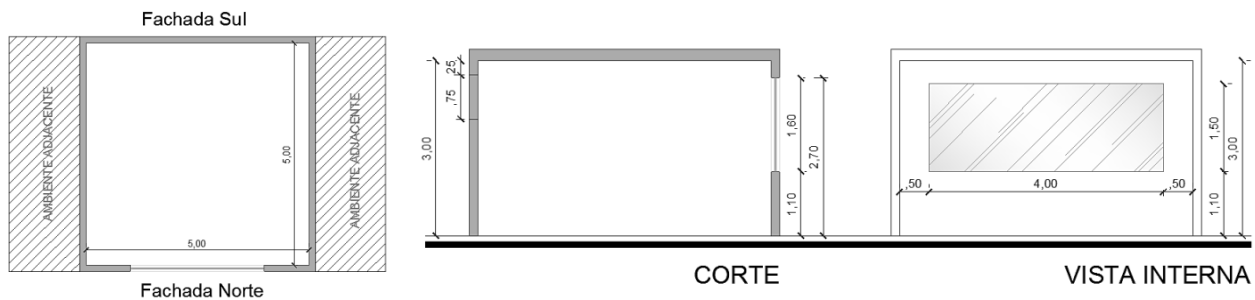


Figura 4 – Planta baixa, corte e vista interna do ambiente analisado (PAF 40%).

### 3.2. Simulação Computacional

A simulação no Daysim foi realizada a partir das etapas de modelagem tridimensional, no software Sketchup; definição da malha de sensores conforme a NBR 15215-4 (ABNT, 2005, p.6 e 7), com 25 pontos, cuja configuração é apresentada na Figura 5; e inserção dos parâmetros de entrada relativos ao arquivo climático (na extensão EPW) da cidade de Natal/RN, modelo tridimensional (na extensão 3DS), arquivo de sensores (na extensão PTS) e de ocupação (na extensão CSV), além de configuradas as propriedades óticas dos materiais. Foi utilizado o arquivo climático do ano 2009 (RORIZ, 2009), devido a maior representatividade deste quanto aos dados de iluminação natural e radiação solar (2014) em Natal/RN. O período de ocupação considerado foi de 8hrs-16hrs.

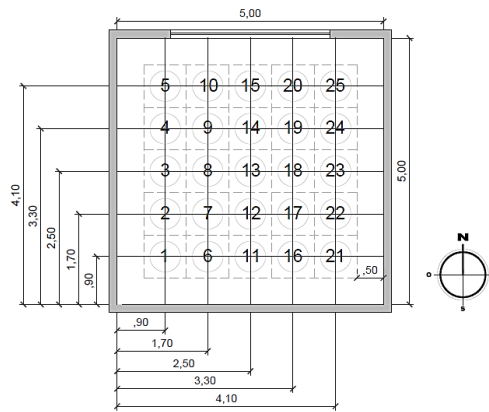


Figura 5 – Mapa de sensores dos modelos.

### 3.3. Análise dos Dados

Os resultados obtidos pelo Daysim fornecem o nível de iluminância a cada cinco minutos do horário de ocupação em cada ponto de sensor, totalizando 985.500 dados de iluminação analisados para cada simulação, além de um relatório em formato HTML com os critérios DF, UDI, DA, DAcon, DA<sub>MAX</sub> e DSP, conforme critérios padrões estabelecidos pelo programa. As métricas utilizadas nesta pesquisa são: Autonomia de Luz Natural (DA), Autonomia de Luz Natural Máxima (DA<sub>MAX</sub>) e Iluminância Natural Útil (UDI).

Foram analisados os valores de DA<sub>MAX</sub> fornecidos automaticamente para os níveis de iluminância de 100lux, 300lux e 500lux. Posteriormente, foi calculada por meio de planilha eletrônica no Excel a ocorrência de relações superiores a 1/10 entre iluminâncias mínima e máxima para cada instante do horário de ocupação, conforme orienta a ABNT (1992). Os resultados do DA<sub>MAX</sub> para 100lux, 300lux, 500lux e DA<sub>MAX</sub> da planilha elaborada foram comparados visando entender o comportamento destes indicadores de uniformidade e suas discrepâncias para a cidade de Natal. A Figura 6 apresenta o intervalo (em azul) que cada métrica (DA<sub>MAX</sub> 100lux, 300lux, 500lux e DA<sub>MAX</sub> planilha calculada) considera. Valores fora desta faixa (destacados em amarelo) são contabilizados em percentual de ocorrência anual no DA<sub>MAX</sub>, indicando falta de uniformidade da luz natural, o que pode vir a ocasionar ofuscamento.

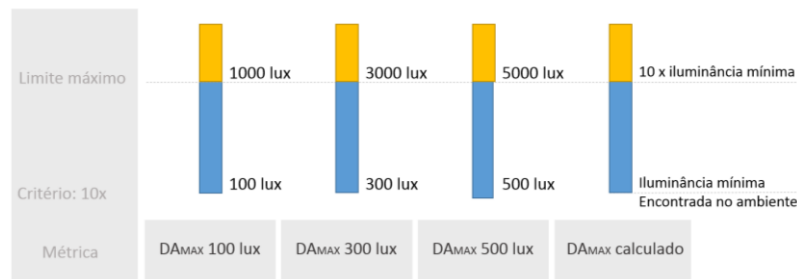


Figura 6 – Intervalo das métricas DA<sub>MAX</sub> para 100lux, 300lux, 500lux e DA<sub>MAX</sub> calculado.

Foram elaboradas duas saídas gráficas com os resultados obtidos de cada modelo: a primeira apresenta o percentual de ocorrência de DA<sub>MAX</sub> para 100lux, 300lux, 500lux e DA<sub>MAX</sub> calculado; a segunda indica a ocorrência de DA, UDI<100, UDI100-2000 e UDI>2000 e DA<sub>MAX</sub>, visando fornecer dados complementares para as análises, permitindo associar os valores de DA<sub>MAX</sub> encontrados com indicadores de nível de iluminância do ambiente. Esses resultados são apresentados para o recorte representativo da fileira central de sensores dos modelos, representados pelos pontos de número 11, 12, 13, 14 e 15, que ocupam respectivamente a profundidade de 4,10m, 3,30m, 2,10m, 1,30m e 0,90m em relação à abertura.

Uma vez que os modelos preconizaram por entrada de iluminação natural difusa, com 0% de incidência de radiação direta, em tese os resultados tendem a apresentar boa uniformidade de luz natural, o que é verificado através dos resultados encontrados. Como os modelos aumentam gradativamente o tamanho da abertura e de fração de céu visível, elevando a disponibilidade de luz natural no ambiente, é possível verificar o comportamento dessas métricas nos modelos com altos níveis de iluminância.

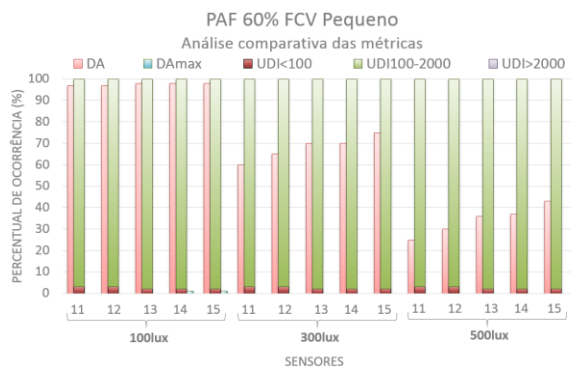
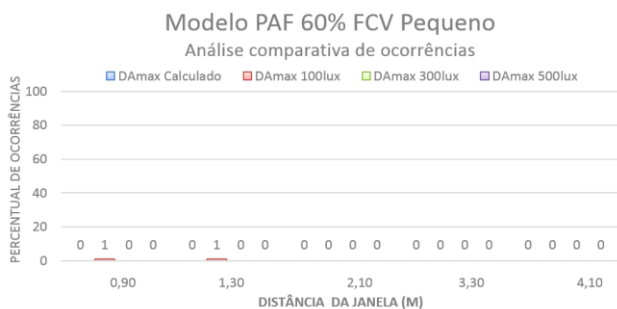
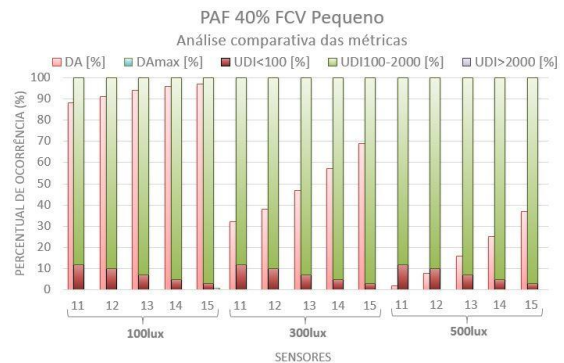
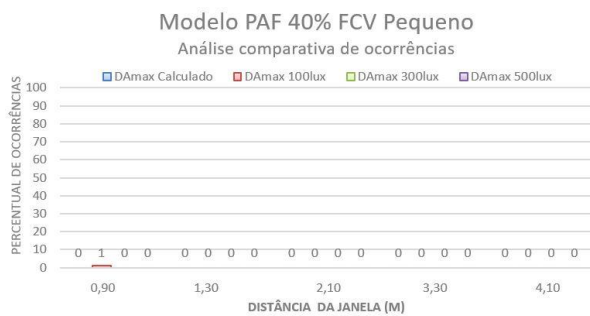
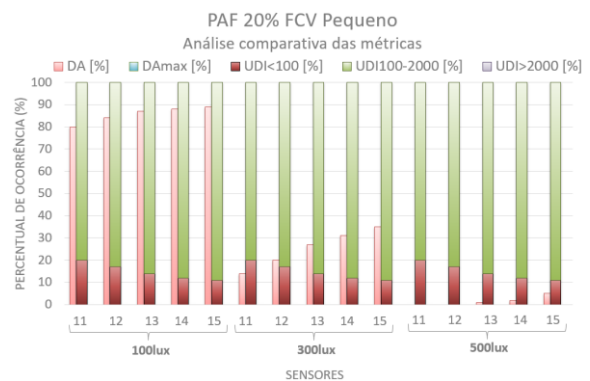
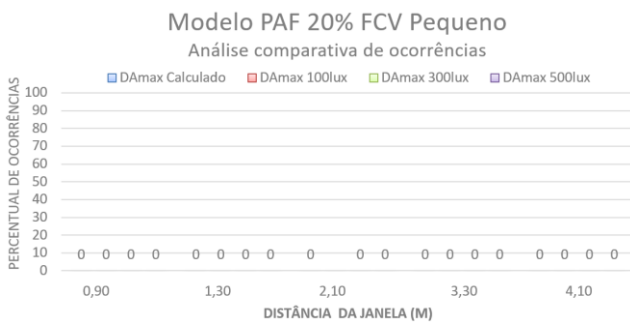
## 4. RESULTADOS

As simulações demonstram que a métrica DA<sub>MAX</sub> (obtida automaticamente pelo Daysim) varia em função do limite mínimo de iluminância de projeto (100-300-500lux), não sendo vinculada à relação entre iluminância



mínima e máxima ocorrida no ambiente em um dado momento. Assim, para um mesmo modelo simulado foram obtidos diferentes valores de  $DA_{MAX}$ . Nos casos onde foi pré-estabelecido o critério mínimo de 500 lux, o  $DA_{MAX}$  apontou grande ocorrência de uniformidade, enquanto que, quando o critério mínimo foi de 100 lux, o  $DA_{MAX}$  resulta em pequena indicação de uniformidade por ultrapassar o limite de 1000lux. Foram encontrados valores de 0% de  $DA_{MAX}$  para 500lux (que indica 100% de uniformidade) em todos os modelos com exceção dos modelos com PAF 90% e FCV médio e grande, onde foi encontrado 1% de  $DA_{MAX}$  (que indica 99% de uniformidade). No  $DA_{MAX}$  para 100lux, são obtidos valores de até 98%, o que indica 2% de uniformidade (Figura 7, Figura 8 e Figura 9). Isso ocorre porque o cálculo do  $DA_{MAX}$  considera uniforme valores de iluminância até 5000lux, quando o critério mínimo é 500lux, e restringe esta faixa de aceitação para o limite de 1000 lux quando o critério mínimo de iluminância é de 100lux, demonstrando significativamente menos uniformidade neste último caso devido aos altos índices de iluminância obtidos em Natal/RN. As ocorrências de UDI dos modelos demonstram que predominam níveis de luz natural difusa superiores a 1000lux (Figura 7), mesmo quando a abertura é pequena com pouca fração de céu visível (PAF 20% FCV pequeno). Os valores máximos são superiores a 2000 lux em mais de 80% das ocorrências anuais nos modelos de PAF 90% e FCV grande (Figura 9), com iluminância difusa de até 13.290lux.

Os modelos com FCV pequeno e PAF de 20%, 40% e 60% (Figura 7) são os únicos casos onde todos os valores encontrados de  $DA_{MAX}$  ( $DA_{MAX}$  para 100lux, 300lux, 500lux e  $DA_{MAX}$  calculado) são iguais, visto que a grande obstrução à luz natural (pelo pequeno valor de FCV e PAF) acarreta em valores de iluminância menores que 1000 lux. Quando o PAF é de 90%, mesmo com o FCV pequeno, a métrica  $DA_{MAX}$  para 100lux chega a indicar 44% de ocorrência anual (Figura 7), enquanto as demais métricas indicam 100% de uniformidade (0% de  $DA_{MAX}$ ). Essa discrepância entre  $DA_{MAX}$  para 100lux e os demais  $DA_{MAX}$  aumenta gradativamente à medida em que o nível de luminosidade aumenta nos modelos, chegando a 98% como supracitado, no modelo com PAF 90% e FCV grande (Figura 9).



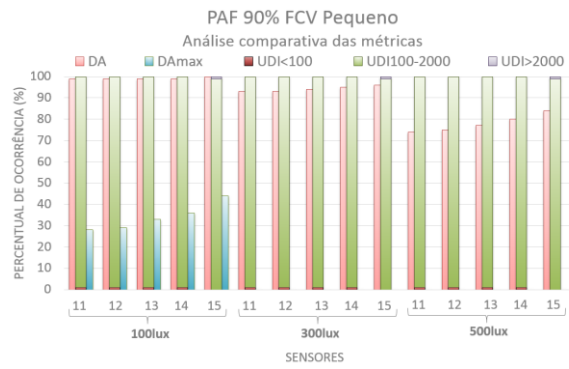
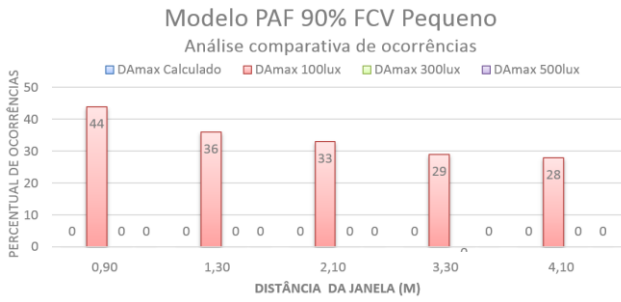
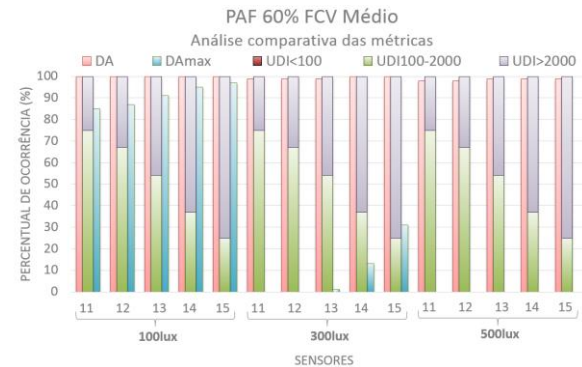
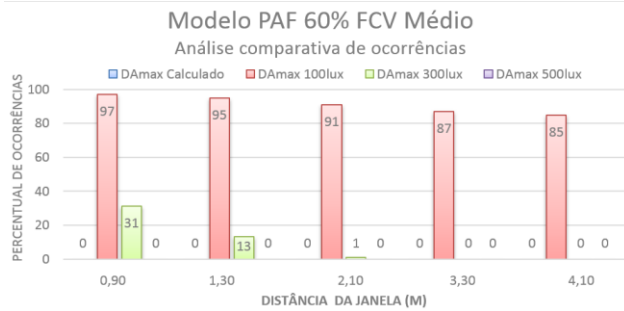
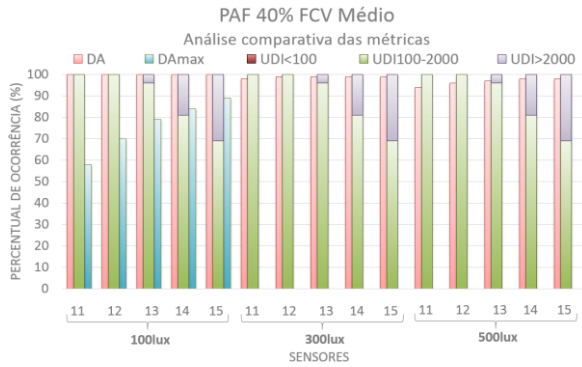
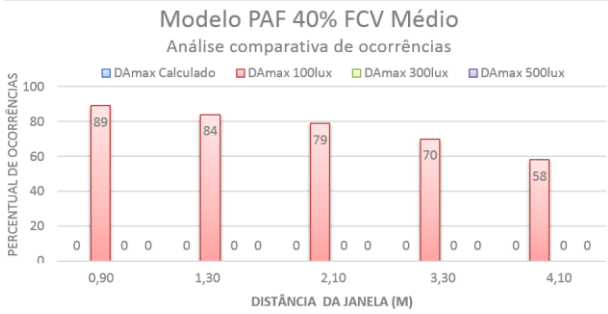
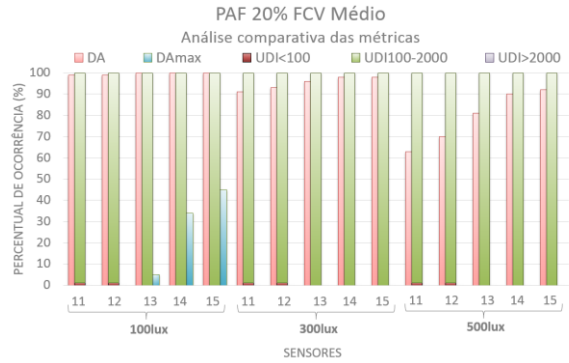
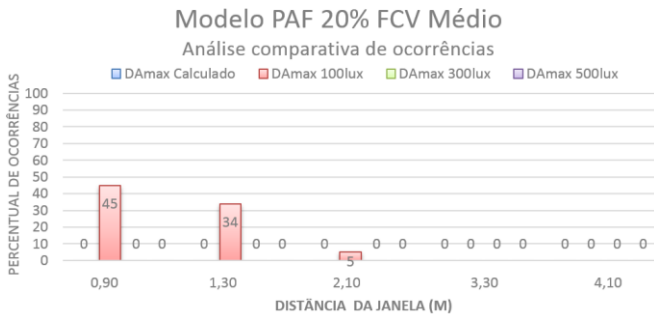


Figura 7 - Valores de DAMAX, DA e UDI dos modelos com FCV pequeno e PAF de 20%, 40%, 60% e 90%



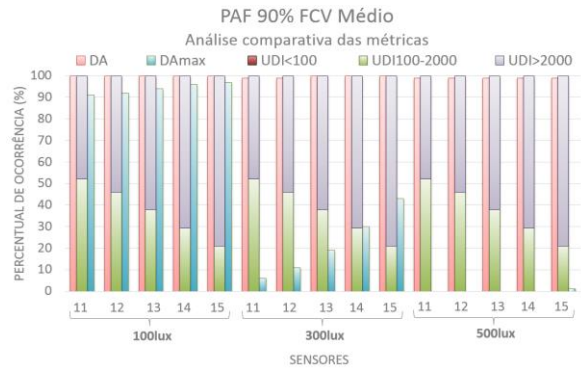
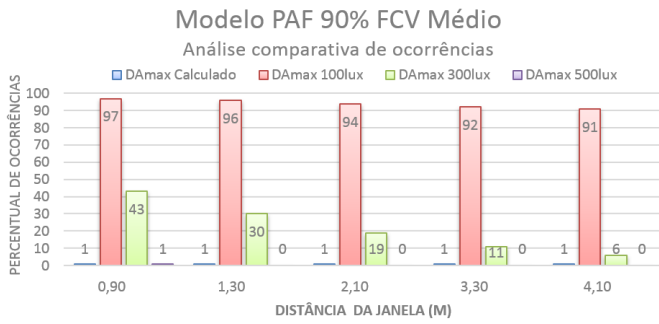
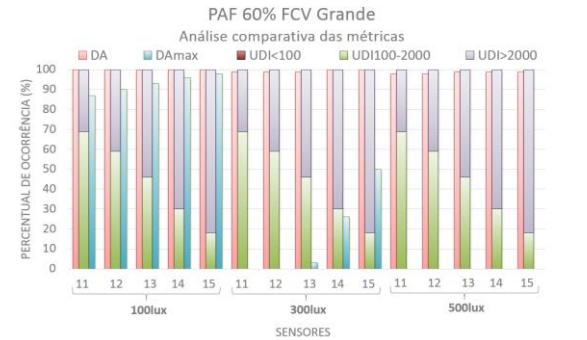
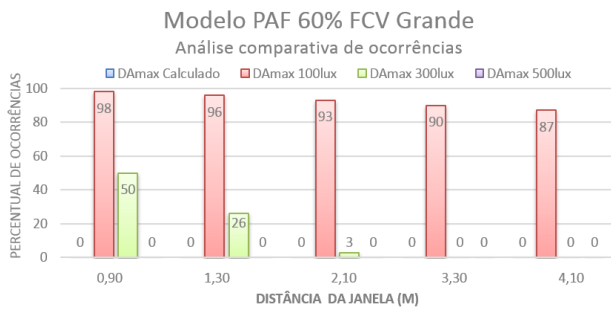
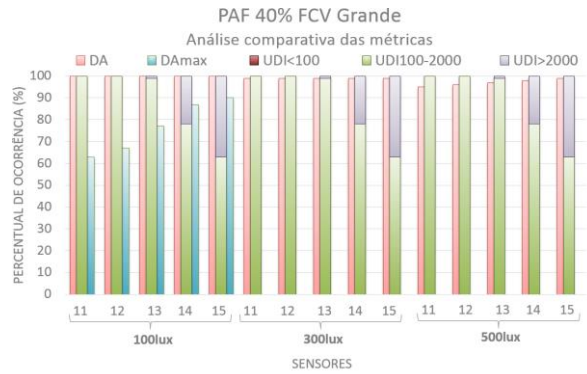
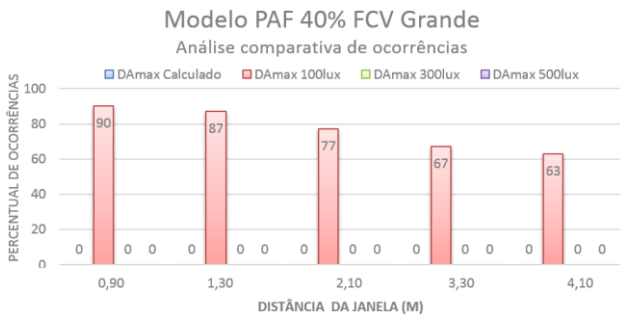
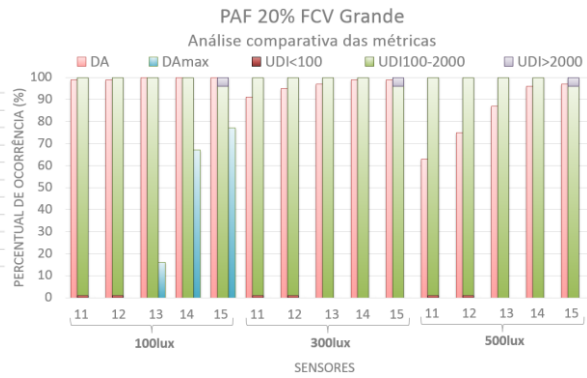
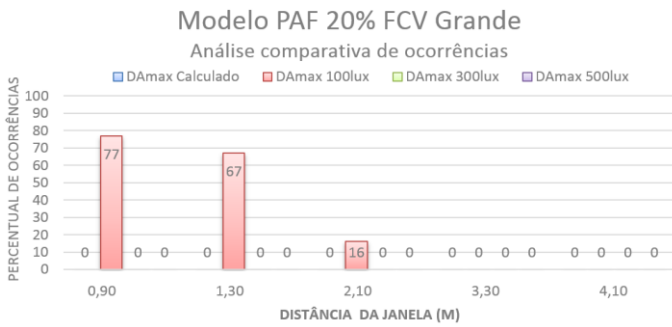


Figura 8 - Valores de DAMAX, DA e UDI dos modelos com FCV médio e PAF de 20%, 40%, 60% e 90%.





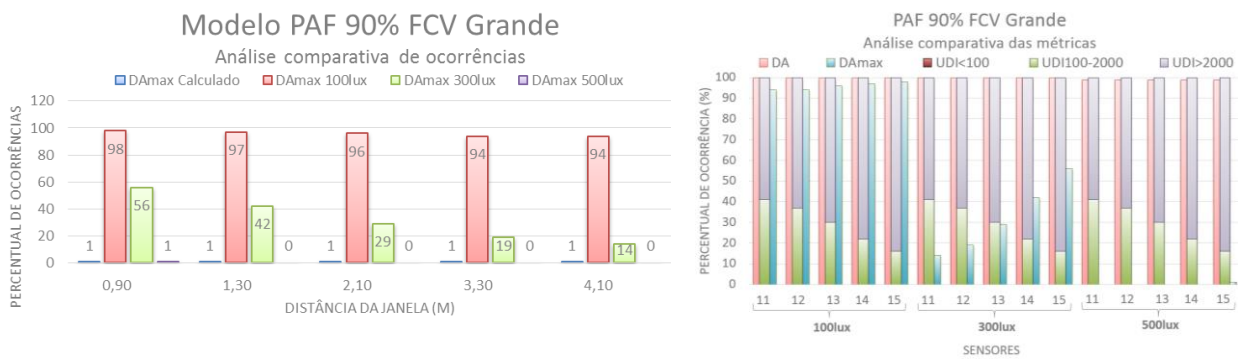


Figura 9 - Valores de DAMAX, DA e UDI dos modelos com FCV grande e PAF de 20%, 40%, 60% e 90%.

A Tabela 1 sintetiza os resultados de convergência da métrica DAMAX obtidos na Figura 7, Figura 8 e Figura 9, sendo evidente a divergência da métrica DAMAX para 100 lux com as demais nos casos de PAF de 20% e 40% e do DAMAX para 100 e 300 lux nos PAFs de 60% e 90%.

Tabela 1– Indicação da ocorrência de DAMAX = ou > 0 dos modelos – Comparativo de convergência.

MÉTRICA	MODELOS											
	20peq	20med	20gra	40peq	40med	40gra	60peq	60med	60gra	90peq	90med	90gra
DAMAX 100lux	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
DAMAX 300lux	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
DAMAX 500lux	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
DAMAX Calculada	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Legenda: ● Ocorrência de DAMAX = 0 (uniformidade) ● Ocorrência de DAMAX > 1% (ocorrência fora da faixa de uniformidade)

Analisando os dados brutos de iluminância fornecidos pelo Daysim (extensão .ill) do modelo PAF 90% FCV grande (de maior disponibilidade de luz natural), observa-se que a relação entre as iluminâncias mínima e máxima encontradas nos sensores do ambiente é de 1,5 vezes em sua maioria, com variação máxima de 3 vezes, valor consideravelmente abaixo de 1/10, conforme orienta norma brasileira. Estes dados evidenciam que não existem grandes contrastes, além do que, os modelos não possuem entrada de radiação direta.

Assim, considerando a forma de cálculo de DAMAX obtido pelo Daysim, uma situação hipotética onde todas as iluminâncias anuais do ambiente no horário de ocupação variam entre 6.000 e 6.050lux (relação entre iluminâncias mínima e máxima praticamente de 1:1), seria obtido DAMAX para 100-300-500lux de 100% (uniformidade nula, indicando altos contraste ou luz natural direta). Isso se demonstra incompatível para avaliação da uniformidade de ambientes em locais de alta luminosidade, que fazem uso de luz natural difusa abundante. Desse modo, a avaliação constata maior coerência no cálculo de uniformidade por meio de ocorrência da relação de 1/10, considerando a iluminância mínima encontrada num determinado momento entre os sensores do ambiente, por meio de processamento de dados em planilha do Excel.

A explicação da métrica DAMAX no tutorial do Daysim carece de detalhamento do seu funcionamento, sendo passível a falta de entendimento por parte do usuário ou pesquisador. Um exemplo é o caso da pesquisa de Marques (2012), que cita a definição para a métrica DAMAX como “utilizado para indicar a porcentagem de horas no ano que um local é ocupado, na qual o nível de iluminância mínimo em um determinado ponto do plano de trabalho é excedido em dez vezes e pode fornecer a frequência e a área onde se encontram os altos níveis de ofuscamento no espaço”. Esse trabalho usa a métrica DAMAX na Paraíba/PB, região de alta luminosidade, para verificar possíveis faltas de uniformidade que podem vir a causar ofuscamento.

## 5. CONCLUSÕES

Foram constatadas diferenças consideráveis de indicação de uniformidade da luz natural através da métrica DAMAX para os níveis de iluminância 100-300-500lux com os dados tratados em planilha eletrônica. A avaliação demonstra que é necessário adequar a forma de cálculo de indicativo de uniformidade de luz

natural em cidades tropicais com alta luminosidade, como é o caso de Natal/RN. A descrição da métrica, tal como é colocada pelos autores deve ser revista, pois pode não se aplicar a climas tropicais (não consistir em indicação de radiação direta ou grandes contrastes) e induzir a análises pouco coerentes. A métrica, tal como é fornecida pelo programa, pode mascarar algumas situações, não considerando adequadas as situações onde pode existir iluminação natural difusa abundante e uniforme. É visto que, para cidades tropicais, o cálculo mais adequado deve ser relativo, considerando a uniformidade a partir da iluminância mínima encontrada no ambiente, e não da iluminância mínima pré-estabelecida de projeto.

Este trabalho contribui para apresentar limitações e sugestões de melhoria de cálculos do software Daysim, de acordo com a realidade do clima tropical. Discute a inadequabilidade de utilização da métrica  $DA_{MAX}$  fornecida pelo programa para a cidade de Natal/RN, devido aos altos índices de luminosidade externa.

A falta de estudos que indiquem níveis de iluminância máxima para luz natural difusa adequados a cidades de grande luminosidade abre margem para uma série de discussões em torno da aplicação das métricas  $DA_{MAX}$  e UDI no contexto tropical, assim como para importação de métodos e critérios de outros contextos climáticos, sem devida atenção e adequação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR 5413 - Iluminância de interiores**: ABNT: 13 p. 1992.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15215-4. Iluminação natural - Parte 4 - Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição**. Rio de Janeiro: ABNT 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR ISO/CIE 8995-1. Iluminação de ambientes de trabalho - parte 1: Interior**: ABNT 2013.
- CARVALHO, Juliana Portela Vilar de. **Simulação do desempenho luminoso para salas de aula em Natal-RN**. 2014. (Mestrado). Departamento de arquitetura e urbanismo Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- DIAS, Alice Ruck Drummond. **Análise do impacto do sombreamento vegetal no conforto termoluminoso de edificações no clima quente e úmido**. 2016. (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal.
- INMETRO. **Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010**. INMETRO: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de metrologia, normalização e qualidade industrial - INMETRO 2010.
- LEDER, SOLANGE MARIA. **Ocupação Urbana e luz natural: Porposta de parâmetro de controle da obstrução do céu para garantia da disponibilidade à luz natural**. 2007. (Tese de doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina Pós-Graduação em Engenharia Civil Área de concentração: Construção Civil, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis.
- MARDALJEVIC, J; , Andersen, M; ROY, N; AND CHRISTOFFERSEN, J. **Daylight metrics for residential buildings**. *Proceedings of the 27th Session of the CIE*. África do Sul 2011.
- MARQUES, Matheus Peixoto de Paula. **Análise da eficiência de elementos de proteção solar em relação ao sombreamento e a iluminação natural estudo de caso: salas de aula do campus I da UFPB**. 2012. (Mestrado). Programa de pós-graduação em engenharia urbana e ambiental, Universidade federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa.
- MORENO, Vany Patrick Cortez. **Estratégias para obtenção de adequada iluminação natural em escolas: uma análise de sistemas de aberturas para Natal/RN**. 2015. (Mestrado). Departamento de Pós-graduação em arquitetura e urbanismo, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, Natal.
- O'CONNOR, Jennifer; LEE, Eleanor ; RUBINSTEIN, Francis ; SELKOWITZ, Stephen. **Tips for daylighting with windows - The integrated approach**. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. Berkeley, p.1-107. 1997
- REINHART, Christoph F. . **Daysim 3.1**. UNIVERSITY, H. Cambridge 2010a.
- \_\_\_\_\_. **Tutorial on the Use of Dayism Simulations for Sustainable Design**. Cambridge: Harvard University 2010b.
- REINHART, Christoph F.; MARDALJEVIC, John; ROGERS, Zack. **Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design**. *Leukos*. Ottawa. 3: 7-31 p. 2006.
- RORIZ, Maurício. **RN\_Natal.epw**. São Carlos Roriz Bioclimática 2009.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão das bolsas de estudo de mestrado e doutorado.