

## **ZONEAMENTO LUMINOSO DO TERRITÓRIO BRASILEIRO ATRAVÉS DE HISTOGRAMAS DE FREQUÊNCIA ACUMULADA DE OCORRÊNCIA DE ILUMINÂNCIAS HORIZONTAIS DIFUSAS EXTERNAS**

**Fernando O. Ruttkay Pereira (1); Marilaine Schmitt (2); Letícia Niero Moraes (3)**

(1) PhD, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, [ruttkay.pereira@ufsc.br](mailto:ruttkay.pereira@ufsc.br)

(2) Graduanda de Arquitetura e Arquitetura, bolsista IC – UFSC - CNPq, [marilaineschmitt@gmail.com](mailto:marilaineschmitt@gmail.com)

(3) MSc, Doutoranda do Programa de Pós-Grad. em Arquitetura e Urbanismo, [letinierom@gmail.com](mailto:letinierom@gmail.com)

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental, Cx Postal 476, Florianópolis–SC, 88040-900, Tel.: (48) 3721-7080

### **RESUMO**

As normas brasileiras que se referem à iluminação natural buscam garantir sua utilização adequada nas edificações, para garantir o melhor desempenho e conforto no desenvolvimento das tarefas visuais. No Brasil, é possível desfrutar da iluminação natural por um grande período do dia, durante praticamente todo ano. Apesar disso, os arquitetos não utilizam esse elemento como diretriz de projeto. Outra atitude equivocada é, ao se exigir um nível mínimo de iluminância no ambiente interno, tratar o Brasil de maneira uniforme, independente de mudanças regionais, tais como: latitude, longitude, altitude ou condições climáticas. Tal fato, pode levar a recomendações de projeto equivocadas, p.ex., área mínima de aberturas. Neste sentido, o presente artigo desenvolve e propõe um zoneamento do país a partir da análise da disponibilidade de luz natural, baseada na frequência com que distintos valores da iluminância horizontal difusa externa ocorrem ao longo do ano. Os histogramas de frequência de ocorrência acumulada estudados correspondem a 44,5 % das localidades que contêm uma estação climatológica do INMET. A investigação dos dados permitiu a comprovação de diferenças na distribuição regional da disponibilidade de luz natural, apontando para uma divisão do território nacional em pelo menos duas zonas com comportamento lumínico distintas. Os resultados mostram que os regulamentos devem considerar a disponibilidade da luz natural para poderem especificar adequadamente os principais parâmetros construtivos que influenciam no aproveitamento deste recurso. Os resultados apontam para uma necessidade de revisão dos códigos de obras municipais e normas nacionais, no que diz respeito à especificação de componentes arquitetônicos que impactam na admissão de luz natural ao interior das edificações.

Palavras-chave: luz natural; normativas construtivas; zoneamento luminoso brasileiro.

### **ABSTRACT**

Brazilian standards that refer to daylight seek to ensure their proper use in buildings, to ensure the best performance and comfort in the development of visual tasks. In Brazil, it is possible to take advantage of daylight for most time of the day, throughout the year. Nevertheless, the architects do not use this element as a design guideline. Another mistaken attitude is, by requiring a minimum illuminance level in the indoor environment, to consider Brazil uniformly, regardless of regional changes, such as latitude, longitude, altitude and climatic conditions. This fact can lead to wrong design recommendations, e.g., minimum area of openings. Thus, this paper develops and proposes a luminous zoning of the country from the analysis of the daylight availability, based on the frequency with which different values of the external diffuse horizontal illuminance occur throughout the year. The histograms of cumulative occurrence frequency studied correspond to 44.5% of locations containing an INMET meteorological station. The research data allowed the evidence of differences in the regional distribution of daylight availability, pointing to a division of the country in at least two major areas with different luminous behavior. The results show that the regulations should consider the daylight availability in order to specify properly the main construction parameters that influence the use of this resource. The results point to a need to review the municipal building codes and national standards, in terms of the specification of architectural components that affect the admission of daylight to the interior of buildings.

Keywords: daylight availability, building standards, Brazilian luminous zoning.

## 1. INTRODUÇÃO

O conforto visual é entendido como a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço e a quantidade de luz nos interiores, determinada pelo parâmetro da iluminância (E), costuma ser um dos aspectos a serem regulamentados.

De modo a garantir as condições adequadas, são empregadas simulações para verificação antecipada do comportamento da iluminação natural em ambientes internos. Estas simulações podem ser realizadas através de modelos reduzidos, gráficos, matemáticos e computacionais, podendo ainda, ser de maneira estática ou dinâmica.

As simulações estáticas têm por objetivo a análise da iluminação natural para um determinado dia ou hora, utilizando uma condição de céu determinada; enquanto que, as de comportamento dinâmico permitem a avaliação do desempenho da luz natural ao longo do ano, numa base horária, através de arquivos climáticos anuais (REINHART; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006). Contudo, ferramentas de simulação dinâmica exigem conhecimentos avançados, dificultando o uso nas etapas iniciais do projeto. Uma alternativa para avaliação dinâmica da iluminação natural durante a fase de projeto foi desenvolvida por Moraes & Pereira (2011), onde os autores propõem um método simplificado baseado na utilização do Fator de Luz Diurna – relação entre iluminância interna e externa – e a frequência de ocorrência com que as iluminâncias horizontais externas ocorrem ao longo do ano, com o intuito de verificar se pelo menos na metade da área do plano de trabalho do ambiente, num período de pelo menos 50% das horas do ano, o valor de iluminância alvo é atendido. Tal procedimento está de acordo com recente texto publicado pela IESNA (2012), que busca estabelecer novos parâmetros capazes de descrever as múltiplas dimensões da luz natural no ambiente construído.

Uma vez que histogramas de frequência acumulada de ocorrências são baseados em arquivos climáticos, esse procedimento se aproxima mais da realidade local, diferentemente dos métodos empregados pelas normativas brasileiras mais recentes (ABNT, 2008; ABNT, 2013). Vale lembrar, que há 10 anos atrás foi desenvolvido um zoneamento bioclimático para o território nacional, zoneamento este que tem sido base para muitos avanços na área de adequação bioclimática do ambiente construído no que diz respeito ao comportamento térmico (ABNT, 2005). Entretanto, pouco tem sido feito na área de aproveitamento deste importante recurso ambiental renovável que é a luz natural.

As normas regulamentadoras brasileiras têm a função de agir no controle e fiscalização do ambiente construído, a fim de garantir as condições mínimas de conforto e desempenho ambiental. Enquanto que os Códigos de Obras são municipais e tem o papel de reproduzir necessidades específicas de cada região, buscando a melhor qualidade do ambiente construído.

Com relação à iluminação de ambientes, a NBR ISO/CIE 8995-1 estabelece limites mínimos de iluminância no plano de trabalho necessários para que o usuário possa realizar certas tarefas e atividades em determinados ambientes de trabalho. A NBR 15.575 também enfoca a avaliação da iluminação natural e artificial nos edifícios residenciais. Entretanto, além de algumas inconsistências quanto a valores recomendados para iluminâncias mínimas, (re)surge o emprego do Fator de Luz Diurna, com valores obtidos em normas estrangeiras com mais de 30 anos de existência. Os métodos propostos para a verificação das condições de iluminação, tanto a simulação (mesmo que seja através da NBR 15.215-3) para os níveis mínimos de iluminação natural, como a medição *in loco* para determinação do Fator de Luz Diurna, são sugeridos de forma equivocada e impraticáveis, chegando ao exagero de especificar diferentes horários e orientações para esta medição.

De acordo com Pereira (2014), o parâmetro Fator de Luz Diurna além de ser expresso em condições de céu encoberto, também se mostra insensível à orientação e, especialmente, à variação do potencial de luz natural em diferentes contextos climáticos.

Tentativas de melhorar as normas/recomendações indo além do Fator de Luz Diurna tem invariavelmente demonstrado sucesso limitado. Algumas destas tentativas de aperfeiçoamento incluem a consideração de condições de “céu claro” (LEED e ASHRAE), a qual, além da falta de clareza nos procedimentos, induz à determinação de valores absolutos de iluminância com “céu claro”, mas sem o Sol, uma condição fisicamente inexistente na natureza!

As legislações municipais, mesmo as que operam de forma pontual, acabam equiparando municípios com características diferentes. As áreas mínimas previstas para iluminação natural e ventilação mantém um padrão similar no país inteiro, variando pouco, aparentemente sem considerar as variáveis climáticas. Buson (1998) e Fernandes (2009) analisaram o Código de Obras e Edificações do Distrito Federal, e destacam índices com pouca fundamentação ou referência, apontando a hipótese de terem sido copiados de outras

ciudades, o que pode ter acontecido em muitos outros municípios.

Este trabalho busca evidenciar tal aspecto, mostrando que a disponibilidade da luz natural varia ao longo do país, já que ele abrange uma vasta área territorial com diferentes aspectos climatológicos. A frequência de ocorrência de um parâmetro se refere à assiduidade com que valores são alcançados ou ultrapassados e este enfoque proporciona alguma conectividade com as condições climáticas predominantes, em especial, a irradiação solar e condições de transparência atmosférica. Além disso, conforme Moraes & Pereira (2011), histogramas de frequência acumulada de ocorrência de iluminâncias difusas externas formam a base de dados principal para uma proposta baseada no Fator de Luz Diurna que possa garantir uma transição suave para um procedimento mais complexo e abrangente baseado na modelagem da luz natural baseada no clima.

A abordagem da análise luminosa através de histogramas de frequência acumulada de ocorrência das iluminâncias horizontais externas foi utilizado na Europa; Baker e Steemers (2002) mostram as diferenças no comportamento da luz natural no continente; apresentando uma divisão de cinco zonas no *European Daylighting Atlas*. Foi realizado um estudo do comportamento da luz para as horas de trabalho (8:00h as 14:00h e 9:00h as 17:00h) e para o dia inteiro, resultando em gráficos de diferentes curvas de frequência de ocorrência para cada cidade. Utilizando o mesmo procedimento, a *Commission of the European Communities Directorate-General XII for Science Research and Development* (BAKER, FANCHIOTTI, STEEMERS, 1993) também estabeleceu, a partir dos dados levantados nas estações do programa *International Daylight Measurement Project - IDMP*, a disponibilidade de luz natural para 33 estados europeus pertencentes à Bélgica, Dinamarca, França, Alemanha, Irlanda, Itália, Países Baixos e Reino Unido. Embora esta proposta não apresente um zoneamento luminoso do território, teve como objetivo principal mostrar a diferença na disponibilidade de luz natural no período anual e por estações do ano, considerando a orientação, iluminâncias difusa e global.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é a elaboração e proposição de um zoneamento luminoso do território brasileiro, baseado na disponibilidade de luz natural, expressa através de histogramas de frequência acumulada de ocorrência iluminâncias horizontais externas difusas.

## **3. MÉTODO**

O método proposto é baseado na utilização de arquivos climáticos como base de dados para o estudo da disponibilidade da iluminação natural, através da elaboração de gráficos de frequência de ocorrência acumulada de iluminâncias horizontais externas difusas para algumas cidades selecionadas no território brasileiro. Estes gráficos são analisados e comparados, possibilitando a identificação daqueles que apresentam perfis semelhantes. Concomitantemente, é realizado um comparativo com as normativas brasileiras e códigos de obras das cidades, para avaliar se as normas apresentam alguma relação com a realidade luminosa do local.

### **3.1. Escolha das cidades**

As cidades foram escolhidas de modo a abranger a maior parte das regiões brasileiras. Nas áreas que apresentavam divergências nas análises dos histogramas de frequência de ocorrência, aumentou-se a quantidade de cidades pesquisadas, para melhorar a cobertura da área.

Na Figura 1 estão representadas todas as cidades analisadas neste trabalho, correspondendo a 44,5% das localidades que contêm ao menos uma estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).



Figura 1 – Localização das cidades de estudo.

### 3.2. Geração dos histogramas de frequência de ocorrência acumulada das iluminâncias horizontais externas

Os histogramas de frequência de ocorrência utilizam dados climáticos locais, no caso a iluminância horizontal difusa. Neste trabalho, os valores foram extraídos de registros de estações climatológicas do INMET entre os anos de 2000 e 2010, disponibilizados no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (<http://labeee.ufsc.br>). Cabe salientar que as iluminâncias nulas, representando horários noturnos, foram excluídas da base.

Com o auxílio de planilhas eletrônicas, essas informações foram correlacionadas com o intervalo de frequências de 0 – 50.000 lux, uma vez que foi verificado que a ocorrência de iluminâncias difusas externas acima deste valor é quase nula. Os histogramas resultam da elaboração gráfica desses valores, com auxílio da ferramenta de linha de tendência do programa Excel, que também permite a criação de uma correlação polinomial, facilitando a leitura do gráfico, assim como a análise da curvatura resultante e a geração de frequência de ocorrência para qualquer valor de iluminância no intervalo.

A Figura 2 apresenta um exemplo de histograma para algumas das cidades selecionadas, demonstrando a diferença de disponibilidade luminosa que pode existir entre elas.

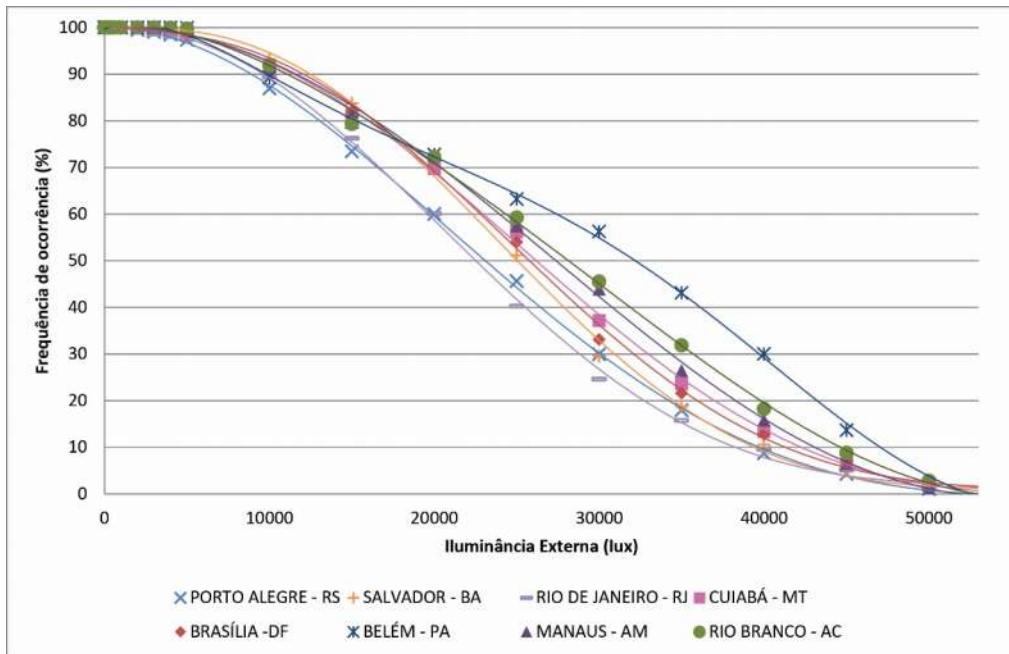


Figura 2 - Histograma de frequência de ocorrência acumulada de iluminâncias horizontais externas difusas para diferentes cidades.

Esse procedimento foi aplicado a todas as cidades estudadas, obtendo-se diferentes curvas de frequência de ocorrência. Para exemplificar, tomando-se como referência a iluminância de 30.000 lux, a frequência pode variar de 25% no Rio de Janeiro até ~55% em Belém.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1. Histogramas de frequência de ocorrência acumulada

Com base na definição das curvas de frequência de ocorrência de todas as cidades selecionadas, estas foram comparadas e agrupadas de acordo com a semelhança da curvatura, resultando em dois conjuntos de cidades com o comportamento luminoso similar. Para cada uma delas, foi elaborada uma curva média aproximada, representativa de cada zona, conforme Figura 3, evidenciando a diferença no comportamento da iluminação difusa externa das duas zonas. Como referência, uma iluminância externa de 30.000 lux, para um dos grupos, é ultrapassada em aproximadamente 33% do tempo, enquanto no outro grupo este valor é de quase 50%, mostrando uma maior disponibilidade de luz natural. Identifica-se também que as maiores diferenças ocorrem entre iluminâncias de 20.000 e 40.000 lux, onde o perfil da curva apresenta uma variação é mais acentuada.

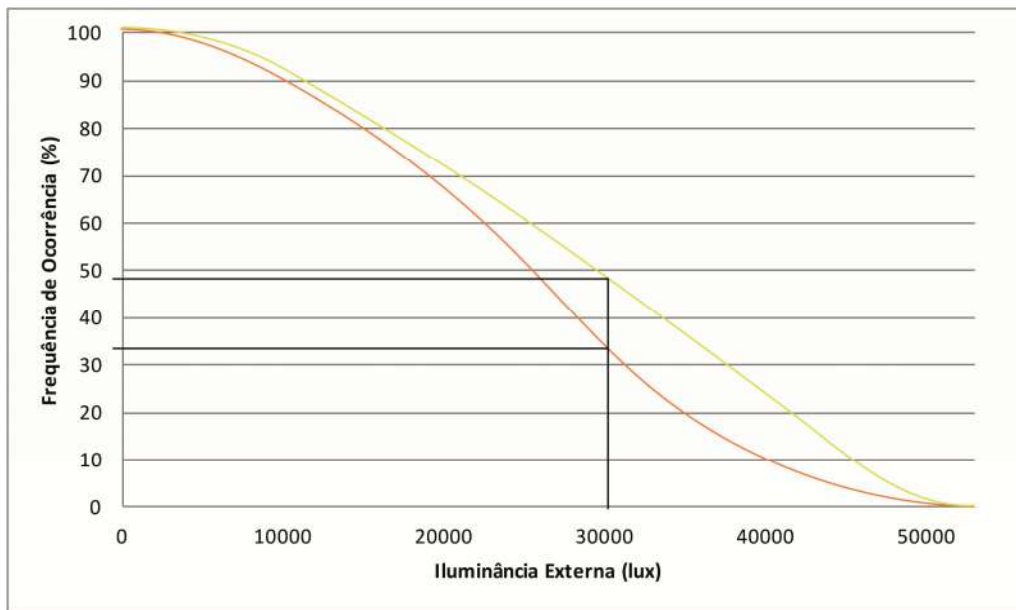


Figura 3 - Linha média representativa das distintas zonas luminosas.

Além da significativa diferença entre a disponibilidade de iluminação das duas zonas, foi realizada uma comparação de disponibilidade em diferentes intervalos de horários do dia, p.ex., período comercial e o funcionamento das escolas (matutino e vespertino). Para esta verificação, duas cidades foram escolhidas como representativas.

Nas Figuras 4 e 5, além do distinto gradiente de variação mostrando que em Macapá (latitude  $0,03^{\circ}$  N) a variação da frequência de ocorrência apresenta uma transição mais suave num intervalo mais amplo (5.000 a 50.000 lux); em Florianópolis (latitude  $30^{\circ}$  S) o decréscimo da frequência ocorre de forma mais intensa num intervalo menor (10.000 a 40.000 lux). Isto pode significar diferentes condições para algum dos parâmetros climáticos com mais influência sobre as iluminâncias difusas externas, tais como: nebulosidade e padrão da cobertura de nuvens. Outro aspecto bem visível nos gráficos é que em Florianópolis, as frequências são bastante semelhantes nos diferentes intervalos de horário; enquanto que em Macapá, a disponibilidade de luz natural é claramente maior no período da manhã (7h - 12h) do que no da tarde (13h - 18h). Por exemplo, a ocorrência de 30.000 lux no período da manhã situa-se em torno de 70%, enquanto no período da tarde mal passa de 40%, indicando que as condições atmosféricas da região variam significativamente de um período para outro interferindo nos valores das iluminâncias.

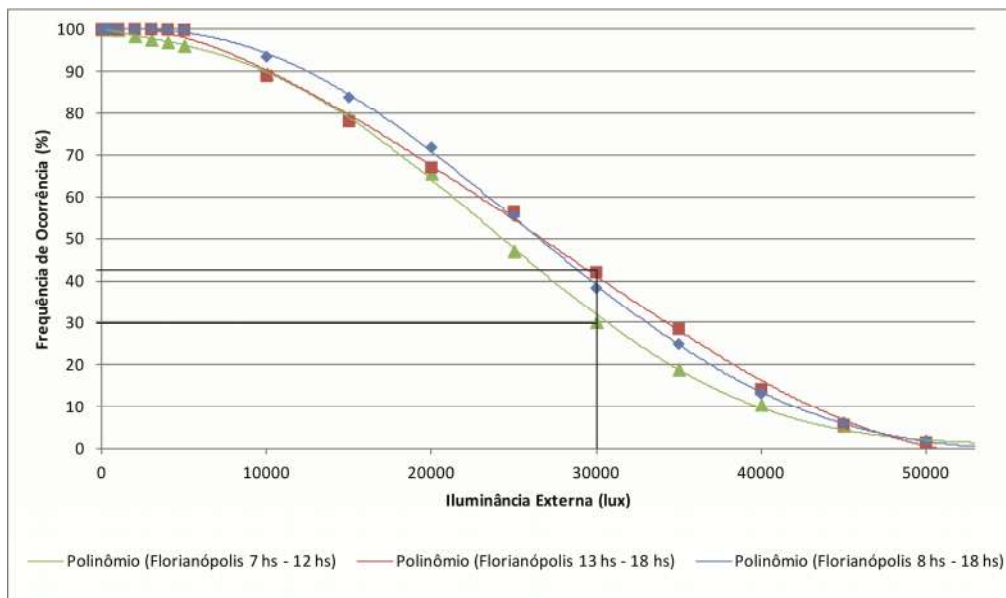


Figura 4 - Histograma de frequência de ocorrência ao longo do dia da cidade de Florianópolis (SC).

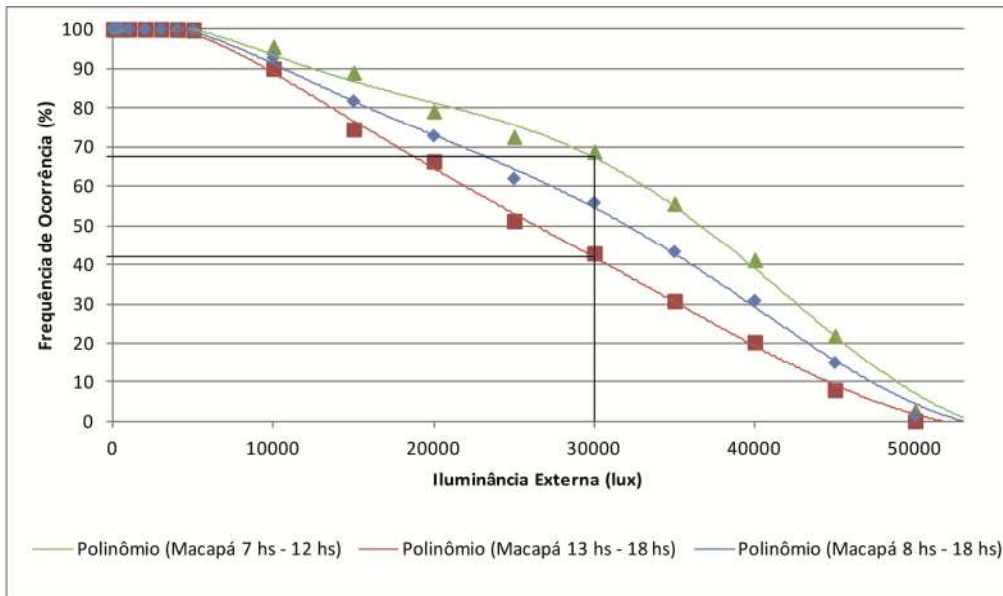


Figura 5 – Histograma de frequência de ocorrência ao longo do dia da cidade de Macapá (AP).

#### 4.2. Mapa de Zoneamento

A partir da identificação das curvas de frequência médias dos dois grupos caracterizados na Figura 3, procedeu-se o agrupamento das cidades com características luminosas similares. Este agrupamento foi transcrito sobre o mapa do Brasil determinando duas zonas de disponibilidade de luz natural. O resultado é apresentado na Figura 6, evidenciando as porções do território nacional relativas às Zonas 1 e 2.

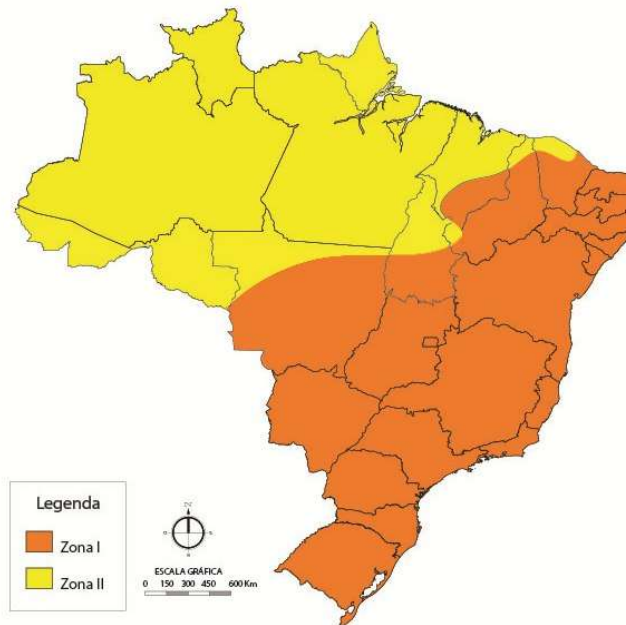


Figura 6 – Mapa de Zoneamento representando duas zonas distintas quanto os histogramas de frequência acumulada das iluminâncias difusas horizontais externas.

Esse zoneamento apresenta uma coincidência bastante grande com o mapa de Insolação Diária, Média Anual (horas), obtido no Atlas Solarimétrico do Brasil (ASB, 2000), apresentado na Figura 7, e com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro (ABNT, 2005) apresentado na Figura 8.

A área que abrange a Zona I corresponde aos locais com maiores horas de brilho do sol (predominância de iluminação direta), resultante de uma região com menor nebulosidade comparada à Zona II. Bem como mostrado também na Figura 4, o comportamento luminoso ao longo do dia apresenta pouca variação. A Zona II tem como característica uma maior nebulosidade, em grande parte devido às condições



climáticas da região caracterizada por um clima quente e úmido. Cabe salientar que esta região recebe a classificação da Zona Bioclimática 8, cuja especificação também coincide em grande parte com a abrangência da Zona II (Figura 8).

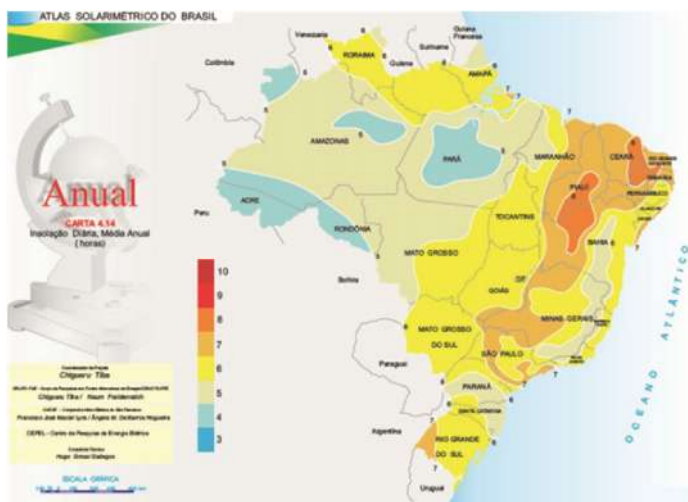


Figura 7 – Insolação Diária, Média Anual (horas) (Atlas Solarimétrico do Brasil (2000): Banco de dados terrestres. Coordenador Chigueru Tiba et al - Recife: Universitária da UFPE, 2000. 111 p.).

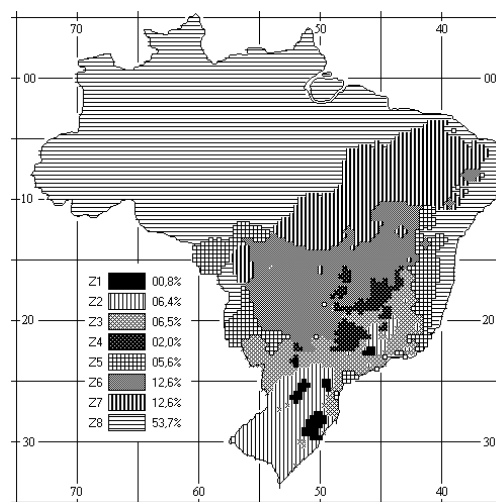


Figura 8 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro (ABNT NBR 15.220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse, 2005).

### 4.3. Zoneamento da disponibilidade de luz natural X área mínima de aberturas

Através da análise dos histogramas de frequência de ocorrência das iluminâncias horizontais externas, verifica-se uma significativa variação no comportamento da iluminação difusa no território brasileiro. Quando relacionados com os Códigos de Obras das cidades em estudo, percebe-se que os valores recomendados de área de abertura podem ser questionados. Consultando os códigos, verifica-se as áreas mínimas recomendadas para os vãos de iluminação em relação à área do piso e percebe-se uma razoável diferença entre os valores, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 Resultados obtidos comparados aos informados pelo fabricante na primeira etapa

Cidade	Latitude (graus)	Altitude (m)	Zona Luminosa	Área de abertura recomendada
Brasília (DF)	15,8° S	1.171	I	1/8
Campo Grande (MS)	20,4° S	592	I	1/7
Goiânia (GO)	16,7° S	749	I	1/7
Rio de Janeiro (RJ)	23° S	2	I	1/6
Fortaleza (CE)	3,7° S	16	II	1/6
Belo Horizonte (MG)	19,8° S	852	I	1/6
Florianópolis (SC)	27,5° S	0	I	1/6
Mogi das Cruzes (SP)	23,5° S	742	I	1/5
Belém (PA)	1,5° S	10	II	1/5
Manaus (AM)	3,1° S	92	II	1/5
Juína (MT)	11,4° S	442	II	1/5
Macapá (AP)	0,03° N	14	II	1/5

Através dos dados da Tabela 1, é possível verificar uma correlação entre a latitude e a zona luminosa; a proximidade com o Equador apresenta classificação na Zona II, enquanto que o afastamento (latitudes maiores) relaciona-se mais com a classificação na Zona I. Entretanto, isto não pode ser usado como regra geral, pois conforme a Figura 6, estão claramente representadas regiões com latitude abaixo de 15° mas que encontram-se classificadas na Zona I; como também existe uma porção do território nacional com latitudes superiores a 15° e que estão classificadas na Zona II. Aparentemente, as características climáticas que melhor explicam a disponibilidade de luz natural difusa são: número médio de horas de sol e nebulosidade.



No caso das áreas de aberturas recomendadas pelos códigos municipais, ocorre uma estranha inversão, onde nas cidades levantadas da Zona II, os códigos apresentam valores maiores que nos códigos das cidades da Zona I. Considerando que estes valores se referem a áreas mínimas para as aberturas, esperar-se-ia o inverso; aberturas menores onde existe maior disponibilidade de luz natural e vice-versa. Por exemplo, Macapá (AP) apresenta um clima quente e úmido, e através da análise dos histogramas percebe-se que a iluminação difusa chega a valores muito altos durante boa parte do dia (Figura 5). O Código de Obras de Macapá exige que as aberturas tenham uma área mínima de 1/5 (20%) da área de piso do ambiente e para assegurar ventilação, a abertura deve ser de 70% da área mínima destinada à iluminação dos compartimentos. Por outro lado, em Florianópolis que apresenta um clima mais ameno e um histograma com maior ocorrência de baixas iluminâncias difusas, sua legislação local prevê a área de abertura de 1/6 (16,6%) da área de piso. Com esses dados, pode-se questionar comparativamente estes valores, já que uma edificação em Macapá, com maior disponibilidade de luz natural as aberturas não precisariam ser maiores, o que também facilitaria a redução dos ganhos de calor solar. Por outro lado, aberturas maiores são bem-vindas para a ventilação, mas deveriam ser bem protegidas da insolação, o que não seria benéfico para admitir luz natural. Alternativamente, as aberturas poderiam ser diferenciadas, caracterizando aberturas para iluminar (transparentes) e aberturas para ventilar (bem protegidas de ganho de calor solar). Logo, para a cidade de Macapá que apresenta maior disponibilidade de luz natural, como foi verificado no trabalho, o recomendado seria um ambiente com menores áreas destinadas a iluminação, mas grandes áreas de ventilação.

Avalia-se que pode estar ocorrendo uma óbvia dificuldade na especificação de área mínimas de aberturas ao se considerar o forte impacto que estes elementos arquitetônicos podem apresentar nos processos usualmente conflitantes de ganho de calor solar, ventilação e iluminação natural.

## 5. CONCLUSÕES

A iluminação natural não está sendo considerada adequadamente nas normativas brasileiras, em especial nas legislações locais. Estas apresentam valores mínimos para área de janelas desconsiderando quaisquer condicionantes climáticas, o que aparentemente é inconsistente para o adequado desempenho de multifuncional das aberturas. No processo de avaliação do desempenho da iluminação natural, as normativas nacionais também falham quando não explicitam claramente os princípios a serem adotados para a verificação da disponibilidade de luz natural e seu impacto na especificação do projeto arquitetônico.

Como apresentado, o Brasil apresenta disponibilidade de luz natural variável ao longo do território. Neste estudo foi definido um zoneamento do território brasileiro quanto ao comportamento luminoso, resultando em uma divisão do território em duas zonas distintas. Nestas, verificou-se que entre as iluminâncias horizontais externas de 20.000 e 45.000 lux, a disponibilidade de luz natural externa, representada pelas linhas médias de cada zona, apresenta grandes diferenças. Abaixo de 20000 lux e acima de 45.000 lux, a Zona I e Zona II apresentam diferenças abaixo de 5%; enquanto no intervalo desses valores, a diferença aumenta para 25%. A análise das curvas características das cidades selecionadas mostra que essa diferença pode chegar a 35%, quando a iluminância externa atinge 30.000 lux. Essa variação é resultado das diferentes características climáticas, topográficas e de vegetação, que interferem na nebulosidade e horas de sol, e como consequência, na disponibilidade de luz natural.

A análise dos códigos de obras das cidades selecionadas mostrou incoerências em relação às áreas mínimas de aberturas, disponibilidade de luz e clima. Muitas cidades que se enquadram na Zona I apresentam áreas mínimas de aberturas menores quando comparadas com as cidades da Zona II, que possui menor disponibilidade de luz natural. Isso ocorre com Manaus – AM e Belém – PA, que têm maiores aberturas que Santa Maria – RS e Florianópolis – SC, sendo que o contrário é que seria o esperado.

Outro fato é que áreas mínimas de aberturas nos códigos de obras costumam referir-se à garantia de iluminação e ventilação. Entretanto, esses dois fatores não precisam ser necessariamente tratados de forma vinculada, e isto vale também para o controle de ganho de calor solar. Os conflitos são de diversas naturezas e merecem mais reflexão para contorná-los. Cidades com climas mais quentes podem necessitar uma área maior para ventilação e mínima para iluminação, que pode se dar através do uso de cobogós e/ou venezianas perfuradas, p.ex., que seria o mais adequado em cidades como Macapá – AP e Belém – PA; o contrário também ocorre, como é o caso de Curitiba – PR e Brasília – DF.

O zoneamento resultante aponta para uma primeira aproximação em termos de caracterização da variação da disponibilidade de luz natural no país, assim como permite a proposição de procedimentos e parâmetros mais objetivos a serem incluídos nos códigos de obras e textos normativos para verificação e avaliação do desempenho da luz natural nos interiores das edificações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15.220-3:** Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15.215 – 1:** Iluminação natural – Parte 1: Conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15.215 – 2:** Iluminação natural – Parte 2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15.215 – 3:** Iluminação natural – Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15.215 – 4:** Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15.575-1:** Edifícios habitacionais até 5 pavimentos – Desempenho parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2008.
- \_\_\_\_\_. **NBR ISO/CIE 8995-1:** Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.
- Atlas Solarimétrico do Brasil** (2000): Banco de dados terrestres. Coordenador Chiguero Tiba et al - Recife: Universitária da UFPE, 2000. 111 p.
- BAKER, N.; STEEMERS, K.: **Daylight Design of Buildings**. London, James&James, 2002.
- BAKER, N; FANCHIOTTI, A; STEEMERS, K.: **Daylighting in architecture: A European reference book**. London: James & James, 1993. 358p.
- BUSON, M.A. **Porque minha janela tem 1m<sup>2</sup>?** Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 1998.
- CINTRA, Milena, S. **Arquitetura e luz natural: A influência da profundidade de ambientes em edificações residenciais**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- FERNANDES, Júlia T. **Código de obras e edificações do DF: inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- FLORIANÓPOLIS (Município). Constituição (2000). Lei Complementar nº 060, de 28 de agosto de 2000. **O Código de Obras e Edificações de Florianópolis**, 2000.
- ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORH AMERICA: Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE), **IES LM-83-12**, IESNA, New York, 2012.
- INMETRO. **Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos**. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao>>. Acesso em 19 de novembro de 2014.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. Ruttkey. **Eficiência energética na arquitetura**. 2. ed. rev. São Paulo: Pro-Livros, 2004.
- MACAPÁ. Constituição (2004). Lei Complementar nº 031, de 24 de junho de 2004. **Código de Obras e Instalações do Município de Macapá**.
- MORAES, L. N.; PEREIRA, F. O. R. **Desenvolvimento de um método simplificado para avaliação do desempenho dinâmico da luz natural e sua influência sobre a eficiência energética**. In: III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo arquitetura, cidade e projeto: uma construção coletiva, no prelo, São Paulo, 2014.
- \_\_\_\_\_. **Um método simplificado para avaliação do desempenho dinâmico da iluminação natural**. In: XI Encontro Nacional e VII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2011, Búzios -RJ. Anais do XII ENCAC e VII ELACAC. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011.v1.
- PEREIRA, Fernando O. Ruttkey. **NORMAS E RECOMENDAÇÕES PARA ILUMINAÇÃO NATURAL NAS EDIFICAÇÕES: ONDE ESTAMOS E PARA ONDE VAMOS?** Relatório Técnico Interno - Labcon/ufsc 01/2014.
- VANZOLINI. Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios Não Residenciais em Construção. Disponível em <[http://vanzolini.org.br/conteudo-aqua.asp?cod\\_site=104&id\\_menu=760](http://vanzolini.org.br/conteudo-aqua.asp?cod_site=104&id_menu=760)>. Acesso em 19/11/2014.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFSC e LabCon/ARQ pelo espaço cedido para realização do projeto; ao Programa PIBIC CNPQ/UFSC pela bolsa concedida; e à ELETROBRAS/PROCEL (Convênio ECV DTP 002/2011) pelas bolsas de pesquisa e apoio ao projeto.