



DISTRIBUIÇÃO DA ILUMINÂNCIA NATURAL MÉDIA NAS SUPERFÍCIES PLANAS GENÉRICAS NO RIO DE JANEIRO

Renato G. Castanheira (1); Jaqueline L. Pires (2)

(1) PROARQ/UFRJ – UFRRJ – Rua Domingos do Couto, 71 – Campo Grande – RJ

☎ (21) 34-02-14-39 – e-mail: rgcastanheira@uol.com.br

(2) DAU/IT/ UFRuralRJ - Rodovia BR 465 km 7 – Seropédica - RJ

☎ (21) 25-71-48-53 – e-mail: jaqueline@ufrj.br

RESUMO

Uma boa visão é condição essencial para a realização segura e confortável das nossas atividades. Como a boa visão depende da quantidade e da qualidade da luz disponível, uma iluminação adequada torna-se um dos requisitos ambientais mais importantes. Na iluminação, o uso da luz natural apresenta uma série de vantagens sobre a luz artificial, em termos de qualidade, quantidade e eficiência energética. A luz natural também é importante para a satisfação das nossas necessidades biológicas e psicológicas. O objetivo principal deste trabalho foi estudar, no Rio de Janeiro, a distribuição mensal aproximada da iluminância natural média nas superfícies planas com orientações e inclinações genéricas. Os resultados obtidos fornecerão aos projetistas de iluminação uma ampla visão da forma como a iluminância natural média se distribui mensalmente nestas superfícies, contribuindo nos projetos de iluminação natural e nas atividades de ensino das disciplinas da área de conforto ambiental e eficiência energética.

ABSTRACT

A good vision is the essential condition for the accomplishment and comfort of our activities. As a good vision depends on the amount and the quality of the available light, appropriate illumination becomes one of the most important environmental requirements. In illumination, the use of natural light presents a series of advantages on the artificial light in terms of quality, amount and energy efficiency. The natural light is also important for the satisfaction of our biological and psychological needs. The main objective of this work was to study the approximate monthly average distribution of the mean natural illuminance in plane surfaces with generic orientations and inclinations in Rio de Janeiro. The obtained results will supply the illumination planners with a wide vision of the way the mean natural illuminance is distributed monthly in these surfaces, this way contributing to the projects of natural illumination and to the activities of teaching of the disciplines of the area of environmental comfort and energy efficiency.

1. INTRODUÇÃO

A Iluminação é um dos requisitos ambientais mais importantes para os interiores e uma boa visão é condição essencial para a realização segura e confortável das nossas atividades. Uma boa iluminação requer atenção especial tanto na quantidade, como na qualidade da luz disponível. Para satisfazer às solicitações necessárias, a iluminação dos interiores pode ser realizada com luz natural, luz artificial ou através de uma combinação adequada de ambas. O fornecimento da quantidade de luz pode ser obtido através de meios artificiais, mas a iluminação natural oferece as seguintes vantagens:

- A iluminação natural é obtida através do uso de uma fonte renovável de energia, através da utilização adequada da energia radiante proveniente do Sol e do céu,
- A luz solar tem a particularidade de ser dinâmica, pois está em contínua mudança ao longo do tempo, caracterizando uma determinada hora do dia ou período do ano. A visão humana foi desenvolvida para a utilização desta luz e, portanto, necessita destas variações,
- A iluminação natural tem condições de suprir os altos níveis de iluminação requeridos pelos interiores, sendo sempre necessários cuidados para não comprometer as condições de conforto térmico e acústico,
- Durante um período aproximado de 60% a 90% das horas do dia existe disponibilidade de luz natural e seu uso pode proporcionar uma significativa economia de energia elétrica nos edifícios (escolas, oficinas, escritórios e indústrias) durante o período diurno,
- A quantidade de luz natural disponível propicia níveis de iluminância maiores do que os obtidos com a luz elétrica economicamente sustentável durante as horas do dia e em uma parte considerável do ano,
- A eficiência luminosa da luz natural é grande, ou seja, a luz natural é tudo aquilo que a luz artificial pretende ser,
- A luz natural é mais do que um mero elemento de iluminação. Ao tornar o entorno visível, assegura uma comunicação com o ambiente exterior, tendo sempre em conta que as radiações externas e as condições do céu promovem uma satisfação das nossas necessidades biológicas e psicológicas através dos ritmos naturais.

Este trabalho teve como objetivo principal estudar, no Rio de Janeiro, a distribuição mensal aproximada da iluminância natural média disponível nas superfícies planas genéricas, propiciando aos projetistas de iluminação uma ampla visão da forma como a iluminância natural média se distribui mensalmente nas superfícies planas genéricas. Espera-se incentivar a utilização da luz natural nos projetos de iluminação, obtendo uma conseqüente economia de energia elétrica, tendo sempre em conta os cuidados com a carga térmica envolvida no processo, através de uma análise criteriosa do problema e de um dimensionamento correto das aberturas (GHISI e TINKER, 2001). Espera-se, também, que os resultados obtidos neste trabalho possam ser úteis no ensino das disciplinas da área de conforto ambiental e eficiência energética.

2. METODOLOGIA APLICADA

Com a finalidade de obter os dados necessários para a elaboração dos mapas de distribuição mensal da iluminância natural média, foram executadas as etapas descritas a seguir.

2.1 Determinação da radiação média diária mensal

Os valores para a radiação solar média diária mensal incidente nas superfícies planas genéricas foram calculados através do programa *Radiação* (CASTANHEIRA, 2001). O programa utiliza em seu algoritmo de cálculo o método proposto por *Liu e Jordan* e apresentado de forma detalhada em DUFFIE e BECKMAN (1980). Para os estudos realizados, os valores para a radiação solar média diária mensal incidente no plano horizontal foram obtidos em CORBELLA (1995).

São considerados os seguintes critérios nas simulações:

- ***Inclinações dos planos analisados***

Foram calculados os valores da iluminância média em superfícies planas com as seguintes inclinações: 0°, 22,5°, 45°, 67,5° e 90°.

• **Orientações dos planos analisados (Azimutes)**

Foram calculados valores da iluminância média em planos com os seguintes azimutes: 0° , $\pm 22,5^\circ$, $\pm 45^\circ$, $\pm 67,5^\circ$, $\pm 90^\circ$, $\pm 112,5^\circ$, $\pm 135,0^\circ$, $\pm 157,5^\circ$ e 180° , segundo a convenção mostrada na figura 1,

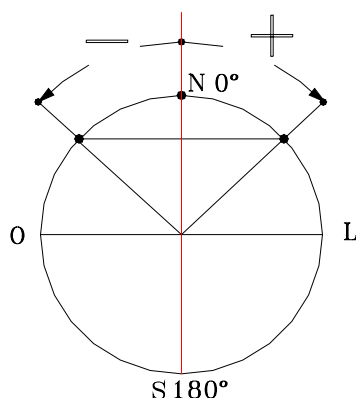


Figura 1. Convenção adotada para o azimute dos planos

• **Períodos estudados**

Os cálculos realizados consideraram individualmente os meses do ano, tendo em conta o dia médio¹ de cada mês.

• **Local do estudo**

Foi considerado um valor para a latitude local de $22,91^\circ$ S ($-22,91^\circ$), correspondendo à situação do Rio de Janeiro,

A tabela 1 apresenta um exemplo dos resultados obtidos para estudos envolvendo planos orientados para o norte.

Tabela 1. Resultados obtidos para a orientação norte (0°)

Radiação média diária mensal - kWh/m ² .dia					
Orientação do plano - Norte (0°)					
Mês	Inclinação ($^\circ$)				
	0	22,5	45	67,5	90
Janeiro	5,8	5,3	4,3	3,1	1,9
Fevereiro	5,9	5,7	4,9	3,6	2,2
Março	5,3	5,4	5,0	4,0	2,7
Abril	4,2	4,7	4,7	4,2	3,2
Mai	3,6	4,4	4,7	4,4	3,7
Junho	3,4	4,3	4,8	4,6	3,9
Julho	3,5	4,4	4,8	4,6	3,8
Agosto	3,9	4,5	4,6	4,2	3,3
Setembro	4,0	4,2	4,0	3,3	2,4
Outubro	4,9	4,7	4,2	3,2	2,1
Novembro	5,4	5,0	4,2	3,0	1,9
Dezembro	5,3	4,8	3,9	2,8	1,8

¹ Dia do mês no qual o valor da radiação extraterrestre se aproxima mais do valor da radiação extraterrestre média diária mensal.

2.2 Determinação da iluminância natural média

Os valores mostrados na tabela 2 para a duração do dia médio foram obtidos em CORBELLA (1995), onde foram calculados segundo o método apresentado em DUFFIE e BECKMAN (1980).

Tabela 2. Duração do dia médio

Mês	Dia médio	Duração (h)
Janeiro	17	13,2
Fevereiro	16	12,7
Março	16	12,1
Abril	15	11,5
Mai	15	10,9
Junho	11	10,6
Julho	17	10,7
Agosto	16	11,2
Setembro	15	11,9
Outubro	15	12,5
Novembro	14	13,1
Dezembro	10	13,4

Para a determinação da iluminância natural média mensal considerou-se a duração do dia médio do mês e um valor aproximado de 115 lumens/Watt (115 lux/W.m^{-2}) para o valor do rendimento luminoso médio, tendo em conta o valor da radiação solar global incidente (HOPKINSON et al., 1966).

Os valores apresentados na tabela 3 mostram os resultados obtidos para o mês de janeiro.

Tabela 3. Iluminância média para janeiro

Iluminância Natural média (lux)					
Janeiro					
Inclinação (°)	0,0	22,5	45,0	67,5	90,0
Orientação (°)					
0,0	50530	49659	44432	33977	21780
22,5	50530	46174	38333	28750	19167
45,0	50530	47045	40947	33106	24394
67,5	50530	47917	42689	35720	27879
90,0	50530	48788	44432	37462	30492
112,5	50530	48788	44432	37462	29621
135,0	50530	49659	44432	35720	27879
157,5	50530	49659	43561	33977	24394
180,0	50530	49659	44432	33977	21780

Para aprimorar a resolução dos gráficos, as dimensões das matrizes com valores mensais para iluminância média que, originalmente, tinham 45 pontos (9 x 5), foram aumentadas para 5000 pontos (100 x 50), através de uma interpolação bidimensional cúbica elaborada com o programa *MATLAB*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização de todas as simulações e o refinamento dos dados obtidos, foram elaborados no programa *MATLAB*, gráficos em forma de superfícies topográficas (mapas), com o objetivo de representar a distribuição mensal média da iluminância natural no Rio de Janeiro.

Os resultados mensais obtidos são apresentados a seguir.

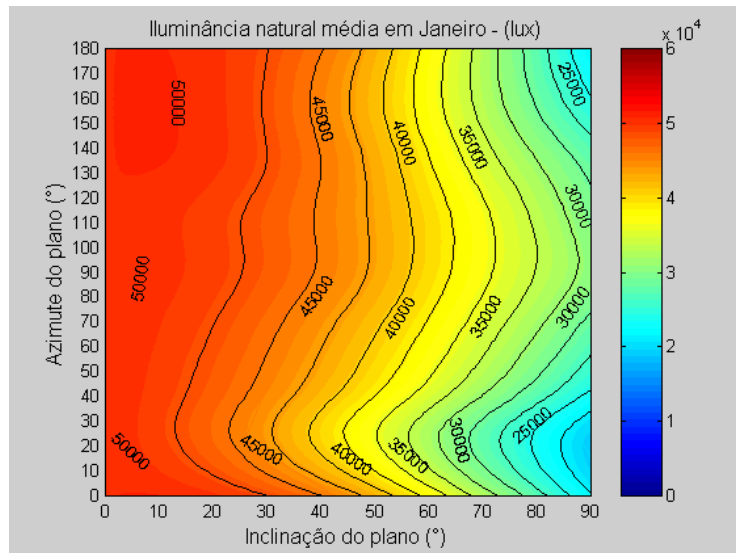


Figura 2. Mês de janeiro

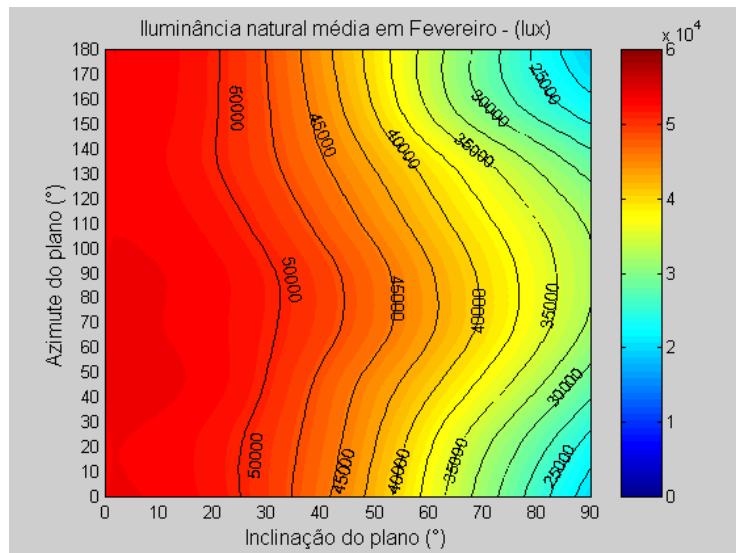


Figura 3. Mês de fevereiro

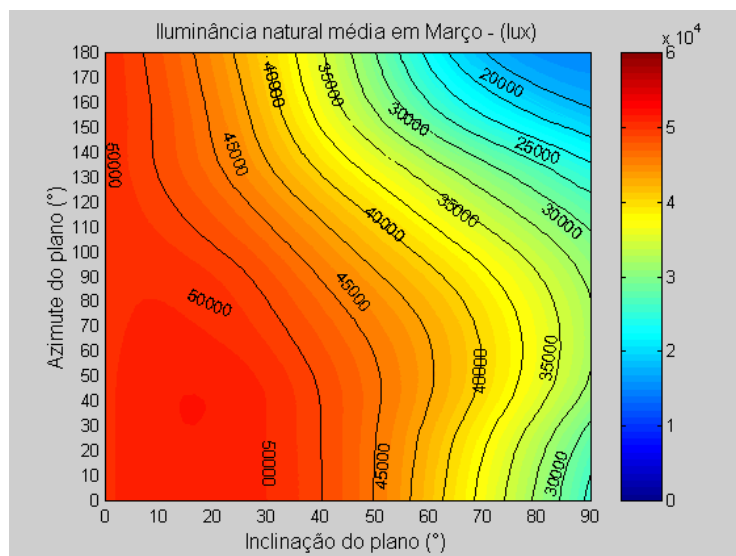


Figura 4. Mês de março

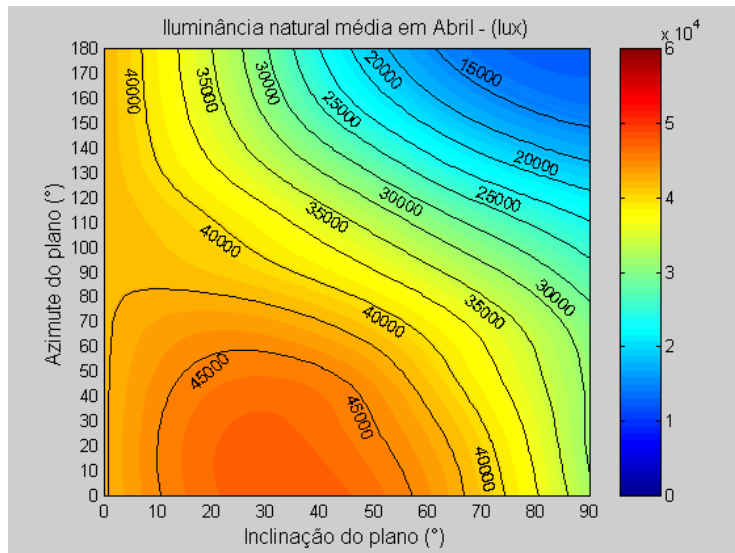


Figura 5. Mês de abril

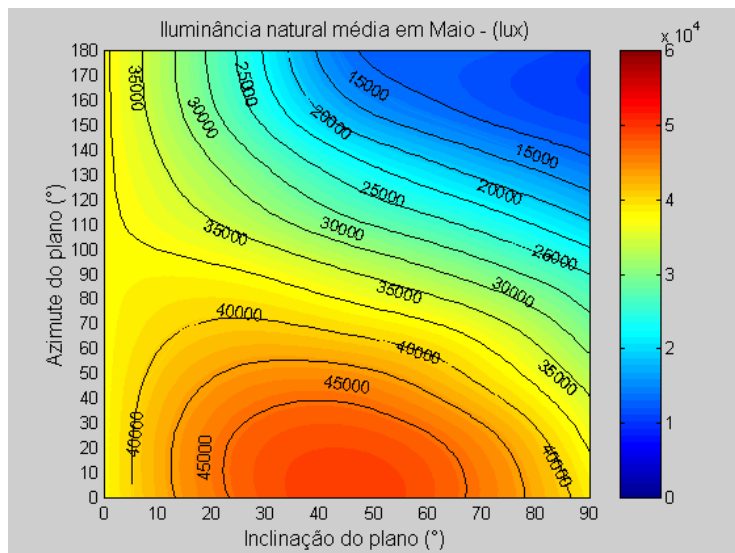


Figura 6. Mês de maio

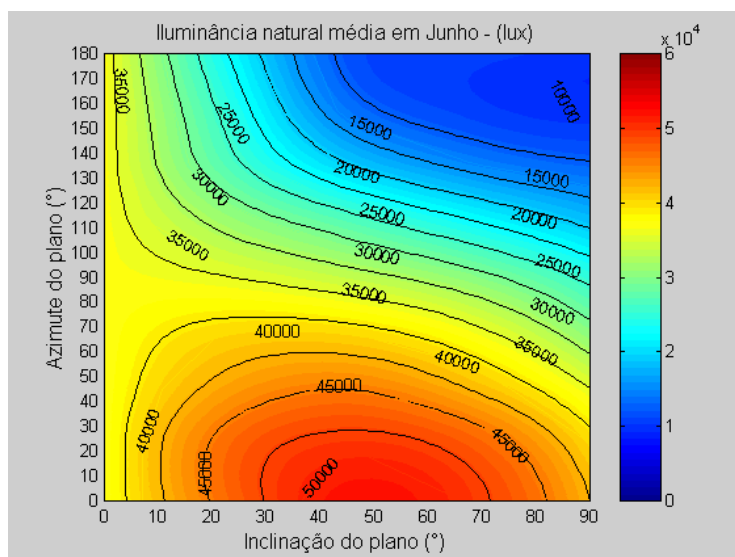


Figura 7. Mês de junho

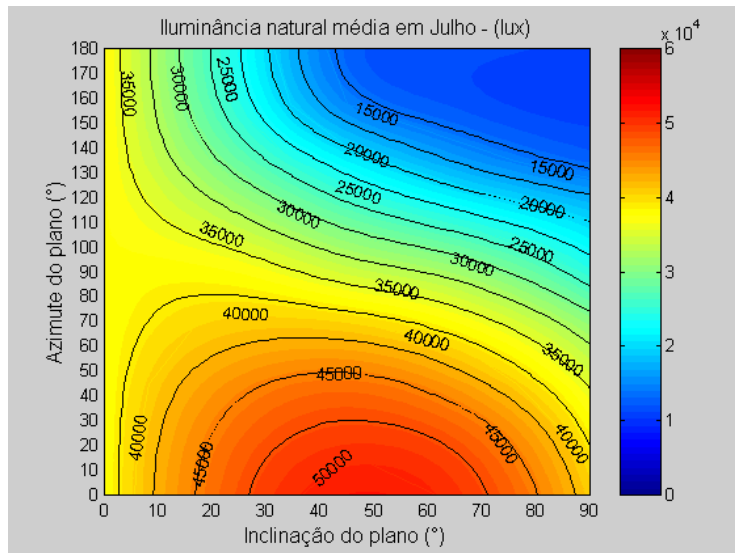


Figura 8. Mês de julho

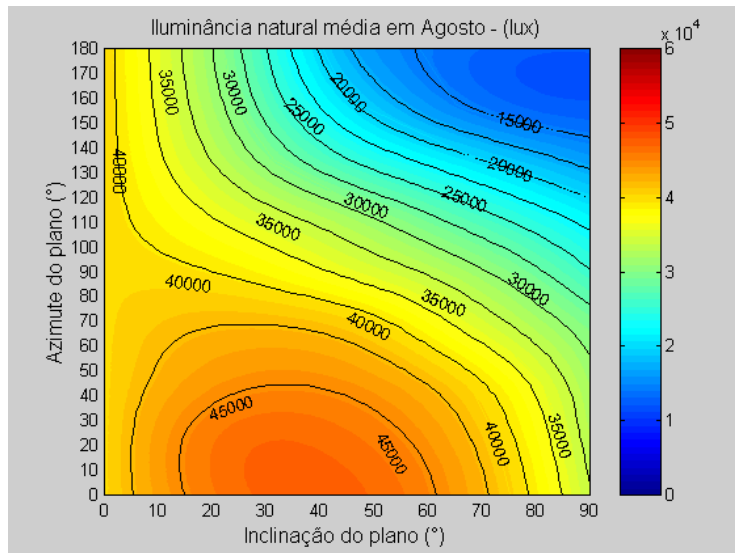


Figura 9. Mês de agosto

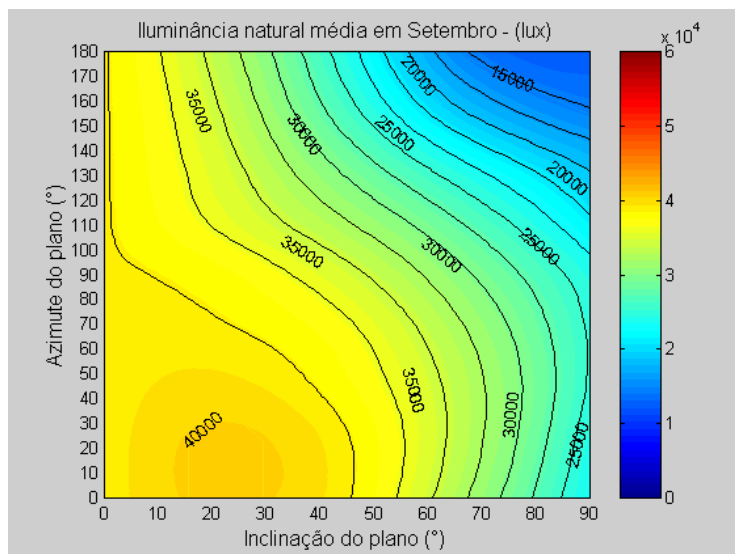


Figura 10. Mês de setembro

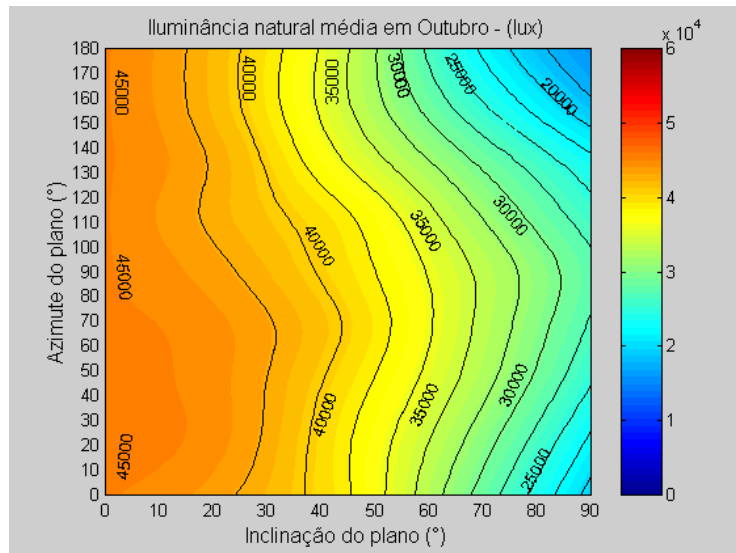


Figura 11. Mês de outubro

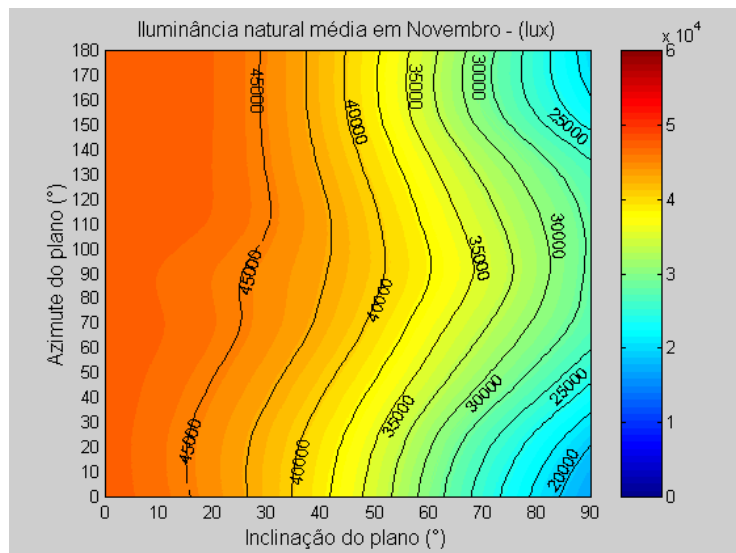


Figura 12. Mês de novembro

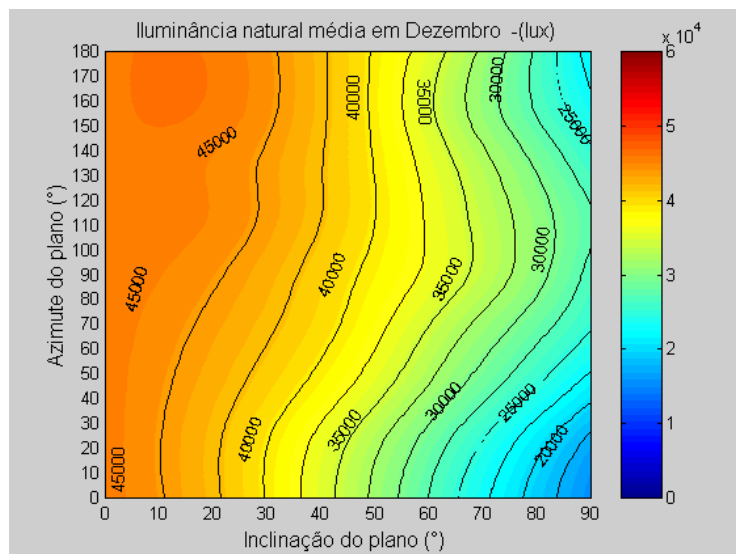


Figura 13. Mês de dezembro

A tabela 4, elaborada com dados obtidos em NASA (2004), mostra os valores para a transparência média da atmosfera no Rio de Janeiro ao longo do ano.

Tabela 4. Transparência média da atmosfera

Transparência da atmosfera - primeiro semestre - Rio de Janeiro - Larc -Nasa									
Lat – 22.91°	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Máx. (anual)	Min. (anual)	Média (anual)
Lon – 43.2°									
Média	0,46	0,48	0,50	0,51	0,52	0,55	0,55	0,43	0,49
Mínima	0,33	0,40	0,42	0,45	0,47	0,49	0,49	0,31	0,41
Máxima	0,57	0,60	0,54	0,55	0,57	0,62	0,63	0,50	0,56
Transparência da atmosfera - segundo semestre - Rio de Janeiro - Larc -Nasa									
Lat – 22.91°	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Máx. (anual)	Min. (anual)	Média (anual)
Lon – 43.2°									
Média	0,55	0,54	0,43	0,44	0,44	0,43	0,55	0,43	0,49
Mínima	0,49	0,42	0,31	0,37	0,39	0,34	0,49	0,31	0,41
Máxima	0,59	0,63	0,52	0,51	0,50	0,51	0,63	0,50	0,56

Analisando os resultados obtidos, observou-se que:

- Nos meses de janeiro e fevereiro existe uma grande iluminância disponível nas superfícies com inclinações que variam de 0° até cerca de 40°, independente da orientação das mesmas. Ocorre uma significativa redução nos valores da iluminância para as superfícies com maior inclinação, especialmente nas orientadas para o norte e o sul. As fachadas que mais recebem luz são as orientadas para o leste e o oeste ($\pm 90^\circ$). Neste período analisado as condições atmosféricas não são favoráveis,
- Para o mês de março o resultado é praticamente o mesmo. Apenas cabe ressaltar que as superfícies voltadas para o sul passam a receber uma iluminância de menor intensidade, mesmo sob condições atmosféricas mais favoráveis,
- Nos meses de abril e maio ocorre uma redução dos valores da iluminância para as superfícies orientadas para o sul, iniciando-se um processo de concentração da iluminância para as superfícies orientadas para o norte e proximidades, com inclinações variando entre 30° e 70°. As fachadas que mais recebem luz são as orientadas para as proximidades do norte. Neste período as condições atmosféricas são mais favoráveis,
- No período formado pelos meses de junho e julho, acentua-se a concentração da iluminância nas superfícies orientadas para o norte e proximidades, com inclinações variando entre 30° e 70°. As fachadas que mais recebem luz são as orientadas para as proximidades do norte. Neste período as condições atmosféricas também são favoráveis,
- No mês de agosto começa a ocorrer uma redução na quantidade de iluminância, apesar de ainda ocorrer uma concentração da iluminância nas superfícies orientadas para o norte e proximidades, com inclinações variando entre 30° e 50°, apesar das condições atmosféricas razoáveis,
- O mês de setembro representa o período de menor iluminância disponível, indicando uma significativa influência das condições atmosféricas desfavoráveis,
- Nos meses de outubro e novembro ocorre um aumento na iluminância disponível, especialmente para as superfícies orientadas para o sul e este processo se acentua no mês de dezembro, apesar das condições atmosféricas ainda desfavoráveis.

4. CONCLUSÕES FINAIS

Após todos os estudos realizados, concluiu-se, com base na distribuição da radiação solar incidente em superfícies planas genéricas no Rio de Janeiro, apresentada em CASTANHEIRA (2001), que os resultados obtidos estão dentro das expectativas e poderão ser úteis para os projetistas da área de iluminação e para os profissionais do ensino das disciplinas que tratam da luz solar. Além de fornecerem uma ampla visão da distribuição de iluminância natural disponível no Rio de Janeiro, os mapas obtidos (gráficos) poderão ser utilizados para consultas rápidas, fornecendo resultados aproximados que servem como um ponto de partida para estimativas e estudos futuros mais precisos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTANHEIRA, R.G. **Radiação Solar Incidente em Planos Inclinados, Fachadas e Telhados no Rio de Janeiro**, 2001. 153f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ.

CORBELLA, O.D.. Dados Consolidados de Energia Solar Global Diária em Plano Horizontal, para a cidade do Rio de Janeiro. **Cadernos de Geociências do IBGE**, Rio de Janeiro, n.16, p. 131-168, out./dez. 1995.

DUFFIE, J.A.; BECKMAN, W.A.. **Solar Engineering of Thermal Processes**. New York: John Wiley & Sons, 1980. 761p.

GHISI, E.; TINKER, J. Optimising Energy Consumption as Function of Window Area and Room Size. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE 2001, Rio de Janeiro. **Anais...** IBPSA: International Building Performance Simulation Association, 2001 p. 13-14.

HOPKINSON, R.G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação Natural**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1966. 776p.

NASA-EARTH SCIENCE ENTERPRISE PROGRAM. Surface meteorology and solar data set. Disponível em: <<http://shir.e.larc.nasa.gov/sse>>. Acesso em 30/06/2004.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos Professores do PROARQ - UFRJ, *Eunice Bomfim*, *Maria Maia Porto* e *Oscar Daniel Corbella* a imensa colaboração na realização deste trabalho.